

UNIVERSITE D'ALGER

8/78

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT MECANIQUE

PROJET DE FIN D'ETUDES

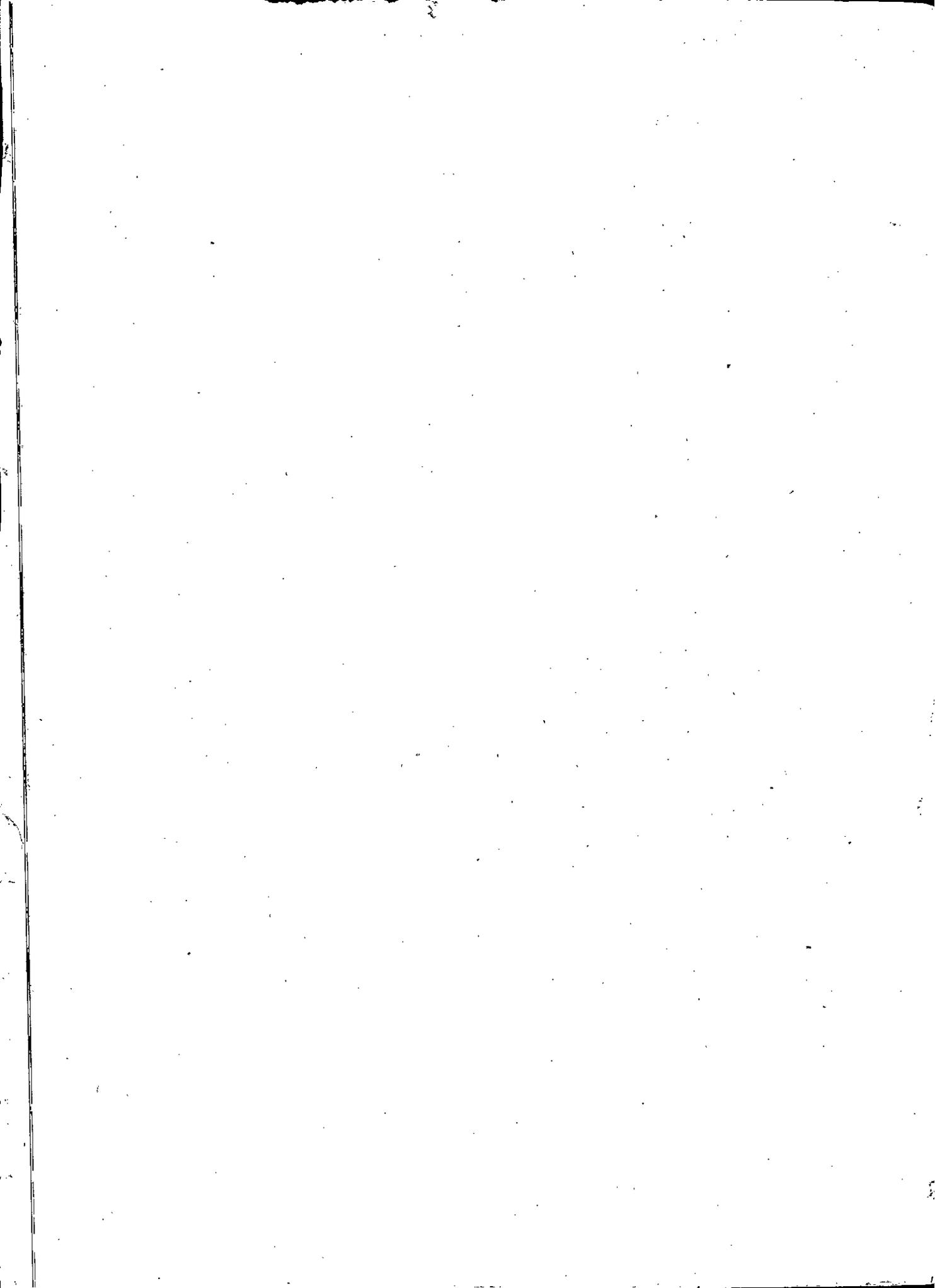
**ETUDE ECONOMIQUE  
D'UNE  
LIGNE TECHNOLOGIQUE**

9 PLANS

Proposé par :  
**COSTACHESCU.**

Etudie par :  
**Y. CHERRAGUI  
A. MAGRAD**

**PROMOTION : JANVIER 1978**



UNIVERSITE D'ALGER

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT MECANIQUE

PROJET DE FIN D'ETUDES

**ETUDE ECONOMIQUE  
D'UNE  
LIGNE TECHNOLOGIQUE**

Proposé par :  
**COSTACHESCU.**

Etudie par :  
**Y. CHERRAGUI  
A. MAGRAD**

PROMOTION : JANVIER 1978.

\*\*\*\*\*  
\*  
\* A TOUS CEUX QUI \*  
\* \*  
\* NOUS SONT CHERS. \*  
\* \*  
\*\*\*\*\*

REMERCIEMENTS.

Nous tenons à remercier vivement monsieur COSTACHESCU qui nous a guidé et aidé tout le long de notre étude.

Nous remercions également messieurs HAMMADOU Rabah et AOULMI Nourédine pour leur aide matérielle.

Que tous les enseignants de l'école nationale polytechnique qui ont contribué à notre formation, trouvent ici nos sincères remerciements.

Y. CHERRAGUI

A. MAGRAD

## SOMMAIRE

INTRODUCTION.

ETUDE DE LA PIECE.

I. GENERALITES.

II. REGIME DE COUPE.

1. calcul de l'avance.

2. calcul de la vitesse de coupe.

3. calcul de la vitesse de rotation.

III. DETERMINATION DES TEMPS.

1. calcul des temps de coupe.

2. détermination des temps d'arrangements et des temps manuels.

IV. NOMBRE DE MACHINES NECESSAIRES ET LEUR EMPLACEMENTS.

1. calcul du nombre de machines.

2. surfaces et emplacements des machines.

V. LOT ECONOMIQUE, TRANSPORT ET STOCK.

1. calcul du lot économique.

2. étude du transport des pièces.

3. calcul du stock minimum.

VI. DEPENSES ET CAPACITES DE PRODUCTION.

1. Calcul des dépenses.

2. comparaison des dépenses

3. calcul des capacités.

4. comparaison des capacités.

CONCLUSION.

BIBLIOGRAPHIE.

## II N T R O D U C T I O N

---

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 préétablies, 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'acquisition 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 perte de 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.

O N N E E S

- Prix de la matière première (pièces de fonderie) : 2 DA/kg.

- Prix de la main d'oeuvre.

Fraisage : 5,90 DA/h

Tournage : 5,35 DA/h

Perçage : 4,85 DA/h

- Prix des machines.

Fraiseuse : 134.000 DA

Tour : 130.000 DA

Perçeuse : 92.000 DA

- Caractéristiques des machines.

Fraiseuse :

\* Vitesses de rotations :

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

\* Avances :

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

Tour :

\* Vitesses de rotations :

16 - 20 - 25 - 32 - 40 - 50 - 63 - 80 - 100 - 125 - 160 - 200 -

250 - 320 - 400 - 500 - 630 - 800 - 1000 - 1250 - 1600 - 2000 -

2500 - 3200 -

\* Avances :

Longitudinale : 0,1 - 0,2 - 0,4 - 0,125 - 0,25 - 0,5 - 0,15 -

0,3 - 0,6 - 0,08

Transversale : 0,05 - 0,1 - 0,4 - 0,625 - 0,125 - 0,25 - 0,975 -

0,15 - 0,3 -

Perçeuse :

\* Vitesses de rotations : 80 - 100 - 125 - 160 - 200 - 250 - 320 -

II- TUDE DE LA PIECE

---

1 - Présentation de la pièce :

La pièce en fonte moyenne Ft 18 provient d'une fonderie moderne appartenant à la même entreprise que l'atelier chargé de son usinage.

Elle est conçue pour supporter et guider deux arbres de transmissions perpendiculaires l'un par rapport à l'autre. Ceci implique une grande précision d'usinage. Tous les trous dont le diamètre est supérieur à 20 mm viennent bruts de la fonderie. De plus la surépaisseur des surfaces à usiner est de 3 mm.

Caractéristiques de Ft 18

- charge à la rupture :  $\sigma_r = 18 \text{ daN/mm}^2$
- dureté Brinell : HBR = 170 daN/mm<sup>2</sup>

2 - Conditions de précisions et possibilités d'usinages.

N° de surface	Formes	Dimensions précisions	Conditions de position réciproque	Etat de surf. (Ra)	Procédés pos. à utiliser
(1)	Plane	$30 \pm 0,05$	// 0,05 à (7)	3,2	-Tournage -Fraisage
(2)	Cônique	1,5 à 45°	-	-	-Tournage -Fraisage
(3)	Cylindrique	$\phi$ 72 H8	$\odot$ 1 à (A)	1,6	-Rectif. Ales. -Frais. Tourm.
(4)	Plane	$7 \pm 0,8$	-	-	-Tournage -Fraisage
(5)	Cylindrique	$\phi$ 8	-	-	-Perçage
(6)(8)	Plane	$37 \pm 0,2$	$\perp$ B 0,15/100	3,2	-Fraisage -Rabotage
(7)(11)	Cylindrique intérieure	$\phi$ 8	-	-	-Perçage
(9)	Cylindrique intérieure	$\phi$ 23 $\pm$ 0,5	-	-	-Perçage
(12)	Hélicoïdale	M 10 x 10	-	-	-Taraudage
(13)	Plane	34	-	-	-Fraisage -Lamage
(14)	Cylindrique intérieure	$\phi$ 30 H 7	// à (1) à 0,05	0,8	-Alésage -Tournage
(15)	Cylindrique intérieure	$\phi$ 16	-	-	-Perçage
(16)	Plane	$15 \pm 0,1$	à (8) 0,15/100	3,2	-Fraisage
(17)	Plane	32	-	-	-Fraisage
(18)(19) (20)(21)	Hélicoïdale	M 6 x 10	-	-	-Taraudage
(22)(23) (24)	Cylindrique intérieure	$\phi$ 8	à 120 °	-	-Perçage
(25)(26) (27)	Cylindrique intér. plane	$\phi$ 15 prof 3	à 120 °	-	-Perçage

## CHAPITRE I.

### GENERALITES.

#### 1. Décomposition d'un travail d'usinage :

Dans une entreprise industrielle la préparation du travail est d'autant plus importante que le nombre de produit à débiter est grand. L'organisation au niveau de la fabrication doit :

- réduire au minimum le prix de revient du produit fini
- réduire aussi les temps d'exécution
- diminuer la peine des hommes chargés de le fabriquer.
- donner une qualité suffisante.

Cette tâche est confiée au bureau des méthodes qui doit simplifier le travail en le décomposant en phases, sous - phases et opérations d'usinage afin d'établir la gamme d'usinage .

##### - la gamme :

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

##### - la phase :

C'est l'ensemble du travail exécuté au même poste de travail. Elle peut comporter plusieurs sous - phases .

##### - la sous - phase :

Elle constitue tout le travail réalisé sans démontage de la pièce et comporte plusieurs opérations.

##### - opération :

Elle désigne le travail exécuté sans démontage de la pièce et sans changement de l'outil.

#### 2. Eléments importants pour l'usinage :

##### 2.1 la pièce à usiner :

- mise en position sur la machine : choisir les surfaces de départs et de références.
- fixation de la pièce sur la machine : choisir un système de fixation permettant l'usinage des surfaces à usiner sans déformation de la pièce .

## 2.2 l'outil et la pièce :

- choix et montage de l'outil .
- choix des paramètres : profondeur de passe, avance, vitesse de coupe et lubrification .
- Réglage des positions et mouvement relatif pièce - outil .

## 2.3 Le contrôle :

les postes de contrôle seront installés :

- selon un schéma de circulation des pièces .
- avant les opérations coûteuses .
- après les opérations délicates .

## 2.4 Les vitesses de coupe :

Trois variables influencent les vitesses de coupe.

### a) 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 copiaux. De plus, elle influence la précision, l'état de la surface usinée et entraîne en outre des frais élevés résultant des changements d'outil du fait de leurs achats renouvelés ou de leurs constructions par suite de leur construction .

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 arrêtes de coupe bien réalisées, des faces coupantes d'outils bien polies et une lubrification efficace, ont une influence considérable sur l'usure et par conséquent sur la durée de service des outils de coupe .

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

### b) Variables provenant du métal à l'usiner :

La fonte Ft 18 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 fonderie, 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 est 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.

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

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

Dans notre cas, la lubrification se fait à l'aide d'huiles minérales émulsionnables car ces dernières assurent correctement la réfrigération sans être corrosives.

CHAPITRE II

REGIMES DE COUPE

(A) PREMIERE VARIANTE:

Phase 20: Tournage.

Cette phase est realisee sur un tour universel ,sur lequel est monte un mandrin à trois mors doux à serrages concentriques pneumatiques. Sur la poupée mobile est monté le forêt Ø8 en ARS. Les autres outils à plaquette amovible en carbure métallique sont montés sur la tourelle porte-outils.

Operation. 201. Percage:

Calcul de l'avance:

$$S = C_s \times D^{0,6}$$

$C_s = 0,06$  = coefficient dependant de la nature outil-metal à usiner  
 $D = 8 \text{ mm}$  = diametre du trou.

$$S = 0,06 \times 8^{0,6} = 0,2$$

$S = 0,2 \text{ mm/tr}$
-------------------------

Calcul de la vitesse de coupe:

$$V = \frac{C_v \times D^{Z_v}}{T^m \times S^{Y_v}}$$

$T = 30 \text{ mn}$  = durabilité de l'outil entre deux réaffûtages.

$C_v = 10,5$

$m = 0,125$

$Z_v = 0,25$

$Y_v = 0,55$

} coefficients donnés par des tableaux en fonction de la nature de l'outil et du matériau à usiner pour une durabilité  $T = 30 \text{ mn}$

$$V = \frac{10,5 \times 8^{0,25}}{30^{0,125} \times 0,2^{0,55}} = 27,94 \text{ m/mn}$$

$$\underline{V = 27,94 \text{ m/mn}}$$

Calcul de la vitesse de rotation:

$$N = \frac{1000 \times V}{\pi \times D} = \frac{10^3 \times 27,94}{\pi \times 8} = 1111,69 \text{ tr/mn}$$

On choisit la vitesse immédiatement inférieure existant sur la machine.

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

Cette vitesse de rotation correspond à la vitesse de coupe suivante:

$$V = 25,13 \text{ m/mn.}$$

Operation. 202. Dressage de la face (1) . (Ebauche).

On se donne:

$$S = 0,5 \text{ mm} = \text{avance.}$$

$$t_c = 2,5 = \text{profondeur de passe.}$$

Calcul de la vitesse de coupe:

$$V = \frac{1,04 \times C_v}{t_c^{X_v} \times S^{Y_v}}$$

$$C_v = 68$$

$$X_v = 0,2$$

$$Y_v = 0,4$$

$$T = 90 \text{ mm}$$

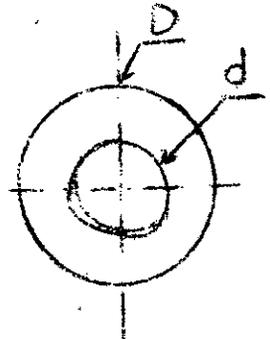
$$V = \frac{1,04 \times 68}{2,5^{0,2} \times 0,5^{0,4}} = 77,69 \text{ m/mn.}$$

$$\underline{V = 77,69 \text{ m/mn.}}$$

Calcul de la vitesse de rotation:

$$N = \frac{10^3 \times V}{\pi \times D_m} = \frac{10^3 \times 77,69}{\pi \times 83} = 297,94 \text{ tr/mm.}$$

Avec:  $D_m = \frac{D + d}{2} = \frac{100 + 66}{2} = 83 \text{ mm}$



On choisit:

$$N = 320 \text{ tr/mm}$$

On revient à V et on trouve:

$$V = 83,44 \text{ m/mm}$$

Operation. 205. Dressage de la face (1). (Finition).

On se donne:

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

$$t_c = 0,5 \text{ mm}$$

Calcul de la vitesse de coupe:

$$C_v = 77$$

$$X_v = 0,13$$

$$Y_v = 0,2$$

Pour T = 90 mm

$$V = \frac{1,04 \times C_v}{t_c X_v \times S^{Y_v}}$$

$$V = 138,88 \text{ m/mm.}$$

Calcul de la vitesse de rotation:

$$N = \frac{10^3 \times V}{\pi \times D_m}$$

$$D_m = \frac{D + d}{2} = \frac{100 + 71}{2} = 85,5 \text{ mm}$$

$$N = \frac{10^3 \times 138,88}{\pi \times 85,5} = 517,03 \text{ tr/mm.}$$

La vitesse de rotation existant sur la machine est:

$$N = 500 \text{ tr/mm.}$$

Et en revenant à V on trouve:

$$V = 134,30 \text{ m/mm.}$$

Operation . 203 . Dressage de la face (4) . (Ebauche).

Calcul de la vitesse de coupe:

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

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

$$C_v = 68$$

$$X_v = 0,2$$

$$Y_v = 0,4$$

$$T = 90 \text{ mn}$$

$$V = \frac{0,9 \times C_v}{t_c^{X_v} \times S^{Y_v}} = \frac{0,9 \times 68}{2,5^{0,2} \times 0,5^{0,4}} = 67,23 \text{ m/mm.}$$

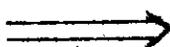
$$V = 67,23 \text{ m/mm.}$$

Calcul de la vitesse de rotation:

$$D_m = \frac{66 + 8}{2} = 37 \text{ mm.}$$

$$N = \frac{10^3 \times V}{\pi \times D_m} = \frac{10^3 \times 67,23}{\pi \times 37} = 578,37 \text{ tr/mm}$$

$$N = 500 \text{ tr/mm.}$$



$$V = 58,11 \text{ m/mm.}$$

Operation. 206 . Dressage de la face (4) . (Finition).

Calcul de la vitesse de coupe:

S = 0,1 mm/tr

t<sub>c</sub> = 0,5 mm

C<sub>v</sub> = 77

X<sub>v</sub> = 0,13

Y<sub>v</sub> = 0,20

T = 90 mn

$$V = \frac{0,9 \times C_v}{t_c^{X_v} \times S^{Y_v}} = \frac{0,9 \times 77}{0,5^{0,13} \times 0,1^{0,20}}$$

V = 120,18 m/mn.

Calcul de la vitesse de rotation:

$$D_m = \frac{72 + 8}{2} = 39,5 \text{ mm.}$$

$$N = \frac{10^3 \times V}{\pi \times D_m} = \frac{10^3 \times 120,18}{3,14 \times 39,5} = 968,46 \text{ tr/mn.}$$

N = 1000 tr/mn.



V = 124,09 m/mn.

Operation. 204 . Alésage de (3) . (Ebauche).

Calcul de la vitesse de coupe:

S = 0,5 mm/tr.

t<sub>c</sub> = 2,5 mm

C<sub>v</sub> = 68

X<sub>v</sub> = 0,20

Y<sub>v</sub> = 0,40

T = 90 mn

$$V = \frac{0,9 \times C_v}{t_c^{X_v} \times S^{Y_v}} = \frac{0,9 \times 68}{2,5^{0,2} \times 0,5^{0,4}}$$

V = 67,23 m/mn.

Calcul de la vitesse de rotation:

$$N = \frac{10^3 \times V}{\pi \times D} = \frac{10^3 \times 67,23}{3,14 \times 71} = 301,4 \text{ tr/mn.}$$

$$\boxed{N = 320 \text{ tr/mn}} \implies \boxed{V = 71,37 \text{ m/mn.}}$$

Operation. 207 .Alesage de (3), (Finition).

Calcul de la vitesse de coupe:

$S = 0,08 \text{ mm/tr.}$

$t_c = 0,5 \text{ mm.}$

$C_v = 77.$

$X_v = 0,13$

$Y_v = 0,20$

$T = 90 \text{ mm}$

$$V = \frac{0,9 \times C_v}{t_c^{X_v} \times S^{Y_v}} = \frac{0,9 \times 77}{0,5^{0,13} \times 0,08^{0,20}}$$

$$\underline{V = 125,67 \text{ m/mn}}$$

Calcul de la vitesse de rotation:

$$N = \frac{10^3 \times V}{T \times D} = \frac{10^3 \times 125,67}{3,14 \times 72} = 555,58 \text{ tr/mn.}$$

$$\boxed{N = 500 \text{ tr/mn.}} \implies \boxed{V = 113,09 \text{ m/mn.}}$$

Operation. 208 .Chanfreinnage de (2) , (Finition).

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

$t_c = 1,5 \text{ mm.}$

$$\boxed{V = 113,09 \text{ m/mn.}}$$

$$\boxed{N = 500 \text{ tr/mn.}}$$

Phase 30: Fraisage.

Cette phase est réalisée sur une fraiseuse universelle avec une fraise à deux tailles de diamètre 60 mm et comportant dix lames amovibles en carbure métallique. La pièce sera placée dans un montage d'usinage.

Opération 301:

a). surfaçage de (6), (Ebauche).

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

$$s_d \leq \left( \frac{1}{Z} \right)^{1,2} \times \sqrt{\frac{R_{\max} \times D^{0,77}}{196 \times t_c^{0,13}}}$$

Z = Nombre de dents de la fraise = 10 dents.

R<sub>max</sub> = Valeur maximale de la rugosité en microns = 6,3  $\mu$

D = diamètre de la fraise = 60 mm

t<sub>c</sub> = Profondeur de passe = 2,5 mm

$$s_d \leq \left( \frac{1}{10} \right)^{1,2} \times \sqrt{\frac{6,3 \times 60^{0,77}}{196 \times 2,5^{0,13}}}$$

$$s_d = 0,05 \text{ mm/dent.}$$

Calcul de la vitesse de coupe:

$$V = \frac{C_v \times D^q}{T^m \times t_c^{Y_v} \times s_d^{X_v} \times t^r \times Z^n}$$

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

$$C_V = 396$$

$$q = 0,2$$

$$m = 0,32$$

$$X_V = 0,35$$

$$Y_V = 0,15$$

$$r = 0,2$$

$$t = 50 \text{ mm} = \text{largeur de passe.}$$

$$D = \text{diamètre de la fraise} = 60 \text{ mm.}$$

$$V = \frac{396 \times 60^{0,2}}{180^{0,32} \times 0,05^{0,35} \times 2,5^{0,15} \times 50^{0,2} \times 10^{0,3}}$$

$$\underline{V = 97,16 \text{ m/mn.}}$$

Calcul de la vitesse de rotation:

$$N = \frac{10^3 \times V}{\pi \times D} = \frac{10^3 \times 97,16}{3,14 \times 60} = 515,44 \text{ tr/mn.}$$

La vitesse immédiatement inférieure donnée par la machine est :

$$N = 450 \text{ tr/mn.}$$

D'où la vitesse de coupe définitive est :

$$V = \frac{\pi \times 60 \times 450}{1000} = 84,82 \text{ m/mn.}$$

$$V = 84,82 \text{ m/mn.}$$

Calcul de l'avance en mm/mn. (Sur une fraiseuse les avances sont données en mm/mn).

$$S = Z \times N \times S_d$$

S = avance en mm/mn.

Z = Nombre de dents = 10.

N = Vitesse de rotation en tr/mn = 450 tr/mn.

$S_d$  = Avance par dent en mm/dent = 0,05 mm/dent.

$$S = 0,05 \times 450 \times 10 = 225 \text{ mm/mn.}$$

L'avance immédiatement inférieure existant sur la machine est :

$$S = 160 \text{ mm/mn.}$$

b). Finition de (6).

Calcul de l'avance par dent :

$$S_d \leq \left(\frac{1}{Z}\right)^{1,2} \times \sqrt{\frac{R_{\max} \times D^{0,77}}{196 \times t_c^{0,13}}}$$

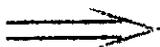
Z = 10 dents.

$R_{\max} = 3,2$

D = 60 mm.

$t_c$  = Prof. de passe = 0,5 mm.

$$S_d \leq \left(\frac{1}{10}\right)^{1,2} \times \sqrt{\frac{3,2 \times 60^{0,77}}{196 \times 0,5^{0,13}}}$$



$$S_d = 0,04 \text{ mm/dent.}$$

Calcul de la vitesse de coupe :

$$V = \frac{C_v \times D^q}{T^m \times S_d^{X_v} \times t_c^{Y_v} \times t^r \times Z^n}$$

Pour une durabilité  $T = 180$  mn de l'outil entre deux réaffûtages, des tableaux donnent les coefficients qui sont fonction de la nature de l'outil et du métal à usiner.

$C_v = 396$

$q = 0,2$

$X_v = 0,35$

$Y_v = 0,15$

$r = 0,2$

$n = 0,3$

$D = \varnothing$  de la fraise = 60 mm.

$t$  = largeur de passe = 50 mm

$t_c$  = Prof. de passe = 0,5 mm

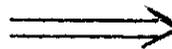
$$V = \frac{396 \times 60^{0,2}}{180^{0,32} \times 0,04^{0,35} \times 0,5^{0,15} \times 50^{0,2} \times 10^{0,3}}$$

$V = 133,74$  m/mn.

Calcul de la vitesse de rotation :

$$N = \frac{1000 \times V}{\pi \times D} = \frac{1000 \times 133,74}{3,14 \times 60} = 709,51 \text{ tr/mn.}$$

$N = 710 \text{ tr/mn.}$



$V = 133,83 \text{ m/mn.}$

Calcul de l'avance en mm/mn :

$$S = S_d \times N \times Z = 0,04 \times 710 \times 10 = 284 \text{ mm/mn.}$$

On choisit :

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

c). Surfaçage de (6'). (Ebauche).

Calcul de l'avance par dent :

Z = 10 dents.

R<sub>max</sub> = 6,3 μm

D = 60 mm

t<sub>c</sub> = 2,5 mm

$$S_d \leq \left(\frac{1}{10}\right)^{1,2} \times \sqrt{\frac{6,3 \times 60^{0,77}}{196 \times 2,5^{0,13}}}$$

$S_d = 0,05 \text{ mm/dent.}$

Calcul de la vitesse de coupe :

t = 22 mm.    Z = 10 dents.    D = 60 mm.

Pour une durabilité T = 180 mn on a :

C<sub>v</sub> = 396

q = 0,2

m = 0,32

X<sub>v</sub> = 0,34

Y<sub>v</sub> = 0,15

r = 0,2

n = 0,3

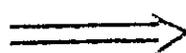
$$V = \frac{C_v \times D^q}{T^m \times S_d^{X_v} \times t_c^{Y_v} \times t^r \times Z^n}$$
$$V = \frac{396 \times 60^{0,2}}{180^{0,32} \times 0,05^{0,35} \times 2,5^{0,15} \times 22^{0,2} \times 10^{0,3}}$$

$V = 114,49 \text{ m/mn.}$

Calcul de la vitesse de rotation :

$$N = \frac{10^3 \times V}{\pi \times D} = \frac{1000 \times 114,49}{3,14 \times 60} = 607,38 \text{ tr/mn.}$$

$N = 450 \text{ tr/mn.}$



$V = 84,82 \text{ m/mn.}$

Calcul de l'avance en mm/mn.

$$S = S_d \times N \times Z = 0,05 \times 450 \times 10 = 225 \text{ mm/mn.}$$

$$S = 160 \text{ mm/mn.}$$

d). Surfaçage de (6'), (Finition).

Calcul de l'avance par dent :

$$Z = 10 \text{ dents}$$

$$R_{\text{max}} = 3,2$$

$$D = 60 \text{ mm}$$

$$t_c = 0,5 \text{ mm}$$

$$S_d \leq \left(\frac{1}{10}\right)^{1,2} \times \sqrt{\frac{3,2 \times 60^{0,77}}{196 \times 0,5^{0,13}}}$$

$$S_d = 0,04 \text{ mm/dent.}$$

Calcul de la vitesse de coupe :

$$S_d = 0,04 \text{ mm/dent; } t = 22 \text{ mm; } t_c = 0,5 \text{ mm; } Z = 10; \quad D = 60 \text{ mm.}$$

Pour une durabilité  $T = 180 \text{ mn}$  on a :

$$C_v = 396$$

$$q = 0,2$$

$$X_v = 0,35$$

$$Y_v = 0,15$$

$$r = 0,2$$

$$n = 0,3$$

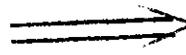
$$V = \frac{396 \times 60^{0,2}}{180^{0,32} \times 0,34^{0,35} \times 0,5^{0,15} \times 0,22^{0,2} \times 10^{0,3}}$$

$$V = 157,12 \text{ m/mn.}$$

Calcul de la vitesse de rotation :

$$N = \frac{10^3 \times V}{\pi \times D} = \frac{1000 \times 157,12}{3,14 \times 60} = 833,54 \text{ tr/mn.}$$

$N = 710 \text{ tr/mn.}$



$V = 133,83 \text{ m/mn.}$

Calcul de l'avance en mm/mn:

$S = S_d \times Z \times N = 0,04 \times 710 \times 10 = 284 \text{ mm/mn.}$

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

e). Surfaçage de (7), (Ebauche).

Calcul de l'avance par dent :

$Z = 10 \text{ dents.}$

$R_{\text{max}} = 6,3$

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

$D = 60 \text{ mm}$

$S_d \leq \left(\frac{1}{10}\right)^{1,2} \times \sqrt{\frac{6,3 \times 60^{0,77}}{196 \times 2,5^{0,13}}}$

$S_d = 0,05 \text{ mm/dent.}$

Calcul de la vitesse de coupe:

$t_c = 2,5 \text{ mm}; S_d = 0,05 \text{ mm/dent}; Z = 10 \text{ dents}; D = 60 \text{ mm}; t = 40 \text{ mm}$

Pour une durabilité  $T = 180 \text{ mn}$  on a :

$C_v = 396$

$q = 0,2$

$X_v = 0,35$

$Y_v = 0,15$

$r = 0,2$

$n = 0,3$

$V = \frac{396 \times 60^{0,2}}{180^{0,32} \times 0,05^{0,35} \times 2,5^{0,15} \times 40^{0,2} \times 10^{0,3}}$

$V = 101,64 \text{ m/mn.}$

Calcul de la vitesse de rotation :

$$N = \frac{10^3 \times V}{\pi \times D} = \frac{1000 \times 101,64}{3,14 \times 60} = 539 \text{ tr/mn.}$$

$$N = 450 \text{ tr/mn.}$$



$$V = 84,82 \text{ m/mn.}$$

Calcul de l'avance en mm/mn :

$$S = S_d \times Z \times N = 0,05 \times 450 \times 10 = 225 \text{ mm/mn.}$$

$$S = 160 \text{ mm/mn.}$$

f). Surfaçage de (7); (Finition).

Calcul de l'avance par dent :

$$R_{\text{max}} = 3,2$$

$$D = 60 \text{ mm}$$

$$t_c = 0,5 \text{ mm}$$

$$Z = 10 \text{ dents}$$

$$S_d \leq \left(\frac{1}{10}\right)^{1,2} \times \sqrt{\frac{3,2 \times 60^{0,77}}{196 \times 0,5^{0,13}}}$$

$$S_d = 0,04 \text{ mm/dent.}$$

Calcul de la vitesse de coupe :

$$D = 60 \text{ mm}; \quad Z = 10 \text{ dents}; \quad t = 40 \text{ mm}; \quad t_c = 0,5 \text{ mm}; \quad S_d = 0,04 \text{ mm/dent}$$

La durabilité est toujours  $T = 180 \text{ mm}$  donc les coefficients ne changent pas.

$$V = \frac{C_v \times D^q}{T^m \times S_d^x \times t_c^y \times t^r \times Z^n}$$

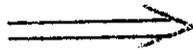
$$V = \frac{396 \times 60^{0,2}}{180^{0,32} \times 0,04^{0,35} \times 0,5^{0,15} \times 40^{0,2} \times 10^{0,3}}$$

$$V = 139,49 \text{ m/mn.}$$

Calcul de la vitesse de rotation :

$$N = \frac{10^3 \times V}{\pi \times D} = \frac{10^3 \times 139,49}{3,14 \times 60} = 740 \text{ tr/mn.}$$

$$N = 710 \text{ tr/mn.}$$



$$V = 133,83 \text{ m/mn.}$$

Calcul de l'avance en mm/mn :

$$S = S_d \times Z \times N = 0,04 \times 710 \times 10 = 284 \text{ mm/mn.}$$

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

g). Surfaçage de (8) . (Ebauche).

Calcul de l'avance par dent :

$$S_d \leq \left(\frac{1}{10}\right)^{1,2} \times \sqrt{\frac{12,5 \times 60^{0,77}}{196 \times 2,5^{0,13}}}$$

Z = 10 dents

D = 60 mm

t<sub>c</sub> = 2,5 mm

R<sub>max</sub> = 12,5 μm

$$S_d = 0,07 \text{ mm/dent.}$$

Calcul de la vitesse de coupe :

t = 22 mm; t<sub>d</sub> = 2,5 mm; Z = 10 DENTS; S<sub>d</sub> = 0,07 mm/dent; D = 60 mm.

Pour la durabilité T = 180 mn , les autres coefficients restent inchangés.

$$V = \frac{396 \times 60^{0,2}}{180^{0,32} \times 0,07^{0,35} \times 2,5^{0,15} \times 22^{0,2} \times 10^{0,3}}$$

$$V = 101,5 \text{ m/mn.}$$

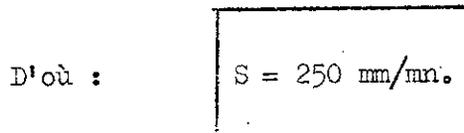
Calcul de la vitesse de rotation :

$$N = \frac{10^3 \times V}{\pi \times D} = \frac{1000 \times 101,5}{3,14 \times 60} = 538 \text{ tr/mn.}$$



Calcul de l'avance en mm/mn :

$$S = S_d \times Z \times N = 0,07 \times 10 \times 450 = 315 \text{ mm/mn.}$$



h). Surfaçage de (8) . (Finition) .

Calcul de l'avance par dent :

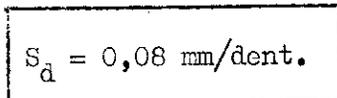
$Z = 10 \text{ dents}$

$t_c = 0,5 \text{ mm}$

$D = 60 \text{ mm}$

$R_{\text{max}} = 12,5 \mu$

$$S_d \leq \left(\frac{1}{10}\right)^{1,2} \times \sqrt{\frac{125 \times 60^{0,77}}{196 \times 0,5^{0,13}}}$$



Calcul de la vitesse de coupe:

$$D = 60 \text{ mm}; \quad S_d = 0,08 \text{ mm/d}; \quad t_c = 0,5 \text{ mm}; \quad t = 22 \text{ mm}; \quad Z = 10 \text{ dents}$$

Pour la même durabilité  $T = 180 \text{ mn}$  les autres coefficients restent in-changés.

$$V = \frac{396 \times 60^{0,2}}{180^{0,32} \times 0,08^{0,35} \times 0,5^{0,15} \times 22^{0,2} \times 10^{0,3}}$$

$$\underline{V = 96,89 \text{ m/mn.}}$$

Calcul de la vitesse de rotation:

$$N = \frac{10^3 \times V}{\pi \times D} = \frac{1000 \times 96,89}{3,14 \times 60} = 514 \text{ tr/mn.}$$

$N = 450 \text{ tr/mn.}$	⇒	$V = 84,82 \text{ m/mn.}$
--------------------------	---	---------------------------

Calcul de l'avance en mm/mn:

$$S = S_d \times Z \times N = 0,08 \times 450 \times 10 = 360 \text{ mm/mn.}$$

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

i). Surfaçage de (10), (Ebauche):

Calcul de l'avance par dent:

$$R_{\max} = 6,3$$

$$D = 60 \text{ mm}$$

$$Z = 10 \text{ dents}$$

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

$$S_d \leq \left(\frac{1}{10}\right)^{1,2} \times \sqrt{\frac{6,3 \times 60^{0,77}}{196 \times 2,5^{0,13}}}$$

Calcul de la vitesse de coupe:

$D = 60 \text{ mm}; \quad S_d = 0,05 \text{ mm/dent}; \quad t_c = 2,5 \text{ mm}; \quad t = 22 \text{ mm}; \quad Z = 10 \text{ d.}$

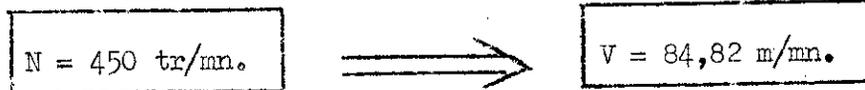
Pour la même durabilité  $T = 180 \text{ mn}$  les autres coefficients restent inchangés.

$$V = \frac{396 \times 60^{0,2}}{180^{0,32} \times 0,05^{0,35} \times 2,5^{0,15} \times 22^{0,2} \times 10^{0,3}}$$

$V = 114,49 \text{ m/mn.}$

Calcul de la vitesse de rotation:

$$N = \frac{10^3 \times V}{\pi \times D} = \frac{1000 \times 114,49}{3,14 \times 60} = 607,38 \text{ tr/mn.}$$



j). Surfacage de (10), (Finition):

Calcul de l'avance par dent:

$D = 60 \text{ mm}$   
 $R_{\text{max}} = 3,2 \mu$   
 $t_c = 0,5 \text{ mm}$   
 $Z = 10 \text{ dents}$

$$S_d \leq \left(\frac{1}{10}\right)^{1,2} \times \sqrt{\frac{3,2 \times 60^{0,77}}{196 \times 0,5^{0,13}}}$$

$S_d = 0,04 \text{ mm/dent.}$

Calcul de la vitesse de coupe:

$t = 22 \text{ mm}; \quad D = 60 \text{ mm}; \quad t_c = 0,5 \text{ mm}; \quad Z = 10 \text{ dents}; \quad S_d = 0,04 \text{ mm/dent.}$

$T = 180 \text{ mn,}$  Les autres coefficients restent inchangés.

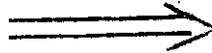
$$V = \frac{396 \times 60^{0,2}}{180^{0,32} \times 0,04^{0,35} \times 0,5^{0,15} \times 22^{0,2} \times 10^{0,3}} = 157,12 \text{ m/mn.}$$

$$V = 157,12 \text{ m/mn.}$$

Calcul de la vitesse de rotation:

$$N = \frac{10^3 \times V}{\pi \times D} = \frac{1000 \times 157,12}{3,14 \times 60} = 833,54 \text{ tr/mn.}$$

$$N = 710 \text{ tr/mn.}$$



$$V = 133,83 \text{ m/mn.}$$

Calcul de l'avance en mm/mn:

$$S = S_d \times Z \times N = 0,04 \times 710 \times 10 = 284 \text{ mm/mn.}$$

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

k). Surfaçage de (9), (Ebauche):

Calcul de l'avance par dent:

$$Z = 10 \text{ dents}$$

$$R_{\text{max}} = 12,5 \mu$$

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

$$D = 60 \text{ mm}$$

$$S_d \leq \left(\frac{1}{10}\right)^{1,2} \times \sqrt{\frac{12,5 \times 60^{0,77}}{196 \times 2,5^{0,13}}}$$

$$S_d = 0,07 \text{ mm/dent.}$$

Calcul de la vitesse de coupe:

$$D = 60 \text{ mm}; \quad S_d = 0,07 \text{ mm/dent}; \quad t_c = 2,5 \text{ mm}; \quad t = 22 \text{ mm}; \quad Z = 10 \text{ d.}$$

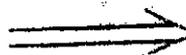
Pour  $T = 180 \text{ mm}$  les autres coefficients sont inchangés.

$$V = 101,5 \text{ m/mn.}$$

Calcul de la vitesse de rotation:

$$N = \frac{1000 \times 101,5}{\pi \times 60} = 539 \text{ tr/mn.}$$

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



$$V = 84,82 \text{ m/mn}$$

Calcul de l'avance en mm/mn:

$$S = S_d \times Z \times N = 0,07 \times 450 \times 10 = 315 \text{ mm/mn.}$$

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

1). Surfaçage de (9), (Finition):

Calcul de l'avance par dent:

$$\begin{aligned} R_{\max} &= 12,5 \mu \\ D &= 60 \text{ mm} \\ t_c &= 0,5 \text{ mm} \\ Z &= 10 \text{ dents} \end{aligned}$$

$$S_d \leq \left(\frac{1}{10}\right)^{1,2} \times \sqrt{\frac{12,5 \times 60^{0,77}}{196 \times 0,5^{0,13}}}$$

$$S_d = 0,08 \text{ mm/dent.}$$

Calcul de la vitesse de coupe:

$$D = 60 \text{ mm}; \quad S_d = 0,08 \text{ mm/dent}; \quad t_c = 0,5 \text{ mm}; \quad t = 22 \text{ mm}; \quad Z = 10 \text{ d.}$$

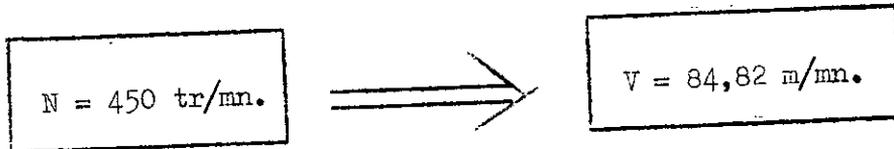
Pour  $T = 180 \text{ mn}$ , les autres coefficients restent inchangés.

$$V = \frac{396 \times 60^{0,2}}{180^{0,32} \times 0,08^{0,35} \times 0,5^{0,15} \times 22^{0,2} \times 10^{0,3}}$$

$$V = 96,89 \text{ m/mn.}$$

Calcul de la vitesse de rotation:

$$N = \frac{10^3 \times V}{\pi \times D} = \frac{1000 \times 96,89}{3,14 \times 60} = 514 \text{ tr/mn.}$$



Calcul de l'avance en mm/mn:

$$S = S_d \times Z \times N = 0,08 \times 450 \times 10 = 360 \text{ mm/mn.}$$

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

Phase 50 - Tournage -

Cette phase est réalisée sur un tour universel, muni d'un montage d'usinage de tournage.

Elle se fait avec 4 outils à plaquettes en carbure métallique et un forêt en acier rapide.

Opération. 501 . Perçage de (15) Ø16:

Au perçage l'avance est donnée par la relation:

$$S = C_s \times D^{0,6}$$

$C_s = 0,06$  = coefficient dépendant de la nature de l'outil et du métal à usiner.

$D = 16 \text{ mm}$  = diamètre du trou à percer.

$$S = 0,06 \times 16^{0,6} = 0,30 \text{ mm/tr}$$

$$S = 0,30 \text{ mm/tr.}$$

Calcul de la vitesse de coupe:

Pour une durabilité  $T = 30$  mn, on a les coefficients suivants:

$$C_v = 10,5$$

$$Z_v = 0,25$$

$$m = 0,125$$

$$Y_v = 0,55$$

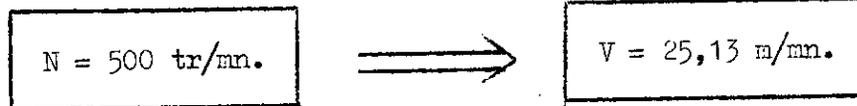
$$D = 16 \text{ mm}$$

$$V = \frac{C_v \times D^{Z_v}}{T^m \times S^{Y_v}} = \frac{10,5 \times 16^{0,25}}{30^{0,125} \times 0,3^{0,55}} = 26,61 \text{ m/mn.}$$

$$\underline{V = 26,61 \text{ m/mn.}}$$

Calcul de la vitesse de rotation:

$$N = \frac{10^3 \times V}{\pi \times D} = \frac{1000 \times 26,61}{3,14 \times 16} = 529,38 \text{ tr/mn.}$$



Opération. 502 . Alésage de (14), (Ebauche  $\emptyset 29$ ):

On choisit:  $S = 0,5 \text{ mm/tr.}$

$t_c = 2,5 \text{ mm.}$

La vitesse de coupe est donnée par la relation:

$$V = \frac{0,9 \times C_v}{t_c^{X_v} \times S^{Y_v}}$$

Les différents coefficients dépendent de la nature de l'outil et du métal à usiner.

Pour une durabilité  $T = 90$  mn de l'outil entre 2 réaffûtages et pour l'ébauche ( $S > 0,4 \text{ mm/tr}$ ), on a:

$$C_v = 68$$

$$X_v = 0,20$$

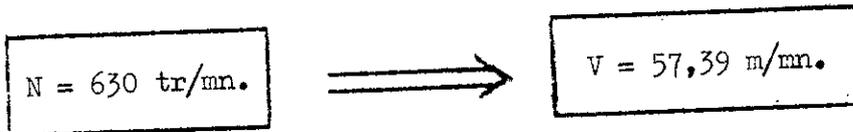
$$Y_v = 0,40$$

$$V = \frac{0,9 \times 68}{2,5^{0,20} \times 0,5^{0,4}}$$

$$\underline{V = 67,23 \text{ m/mn.}}$$

Calcul de la vitesse de rotation:

$$N = \frac{10^3 \times V}{\pi \times D} = \frac{1000 \times 67,23}{3,14 \times 29} = 737,93 \text{ tr/mn.}$$



Opération. 505 . Alésage de (14), (Finition  $\phi 30 \text{ H7}$ ):

On choisit:  $S = 0,08 \text{ mm/tr.}$   
 $t_c = 0,5 \text{ mm}$

Pour une durabilité  $T = 90 \text{ mn}$ , les coefficients sont:

$$C_v = 77$$

$$X_v = 0,13$$

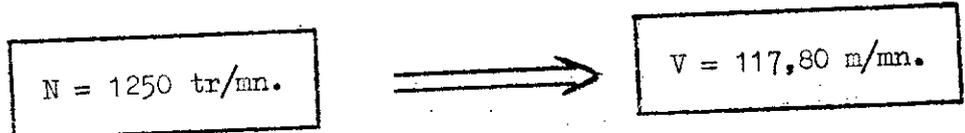
$$Y_v = 0,2$$

$$V = \frac{0,9 \times C_v}{t_c^{X_v} \times S^{Y_v}} = \frac{0,9 \times 77}{0,5^{0,13} \times 0,08^{0,2}} = 125,67 \text{ m/mn.}$$

$V = 125,67 \text{ m/mn.}$

Calcul de la vitesse de rotation:

$$N = \frac{10^3 \times V}{\pi \times D} = \frac{1000 \times 125,67}{3,14 \times 30} = 1333,40 \text{ tr/mn.}$$



Opération. 503 . Dréssage de la face intérieure(12), (Ebauche):

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

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

$T = 90 \text{ mn}$

$C_v = 68$

$X_v = 0,2$

$Y_v = 0,4$

$$V = \frac{0,9 \times C_v}{t_c^{X_v} \times S^{Y_v}} = \frac{0,9 \times 68}{2,5^{0,2} \times 0,5^{0,4}} = 67,23 \text{ m/mn.}$$

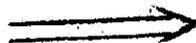
$$V = 67,23 \text{ m/mn.}$$

Calcul de la vitesse de rotation:

$$D_m = \text{Diamètre moyen.} = \frac{D + d}{2} = \frac{16 + 29}{2} = 22,5 \text{ mm}$$

$$N = \frac{10^3 \times V}{\pi \times D_m} = \frac{1000 \times 67,23}{3,14 \times 22,5} = 951,10 \text{ tr/mn.}$$

$$N = 800 \text{ tr/mn.}$$



$$V = 56,54 \text{ m/mn.}$$

Opération.504 : Dréssage de la face intérieure (12). (Finition):

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

$$t_c = 0,5 \text{ mm}$$

$$T = 90 \text{ mm}$$

$$C_v = 77$$

$$X_v = 0,13$$

$$Y_v = 0,2$$

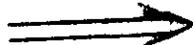
$$V = \frac{0,9 \times C_v}{t_c^{X_v} \times S^{Y_v}} = \frac{0,9 \times 77}{0,5^{0,13} \times 0,1^{0,2}} = 120,18 \text{ m/mn}$$

$$V = 120,18 \text{ m/mn.}$$

Calcul de la vitesse de rotation:

$$N = \frac{10^3 \times V}{\pi \times D_m} = \frac{1000 \times 120,18}{3,14 \times 22,5} = 1700,19 \text{ tr/mn.}$$

$$N = 1600 \text{ tr/mn.}$$



$$V = 111,09 \text{ m/mn.}$$

Phase. 60 . Perçage:

Cette phase est réalisée sur une perceuse avec 3 forêts de diamètre: 4,8-8-22,6 mm et un alésoir de  $\varnothing$  23 mm.

On utilisera un montage muni de canons de perçage .

Les forêts ainsi que l'alésoir sont en acier rapide.

Opération. 601 . Perçage de (18), (19), (20), (21)  $\varnothing$  4,8 (Ebauche):

Calcul de l'avance:

Au perçage l'avance est donnée par la relation:

$$S = C_s \times D^{0,6}$$

$C_s$  = coefficient qui dépend de la nature de l'outil et du métal à usiner.

D = diamètre du forêt.

$$C_s = 0,06$$

$$D = 4,8 \text{ mm}$$

$$S = 0,06 \times 4,8^{0,6} = 0,15 \text{ mm/tr.}$$

$$S = 0,15 \text{ mm/tr.}$$

Calcul de la vitesse de coupe:

La vitesse de coupe dans le cas du perçage est donnée par :

$$V = \frac{C_v \times D^{Z_v}}{T^m \times S^{Y_v}}$$

$$D = 4,8 \text{ mm}$$

$$S = 0,15 \text{ mm/tr.}$$

Pour  $T = 30 \text{ mn}$  , des tableaux donnent:

$$C_v = 10,5$$

$$m = 0,125$$

$$Z_v = 0,25$$

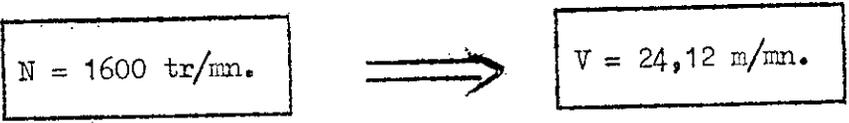
$$Y_v = 0,55$$

$$V = \frac{10,5 \times 4,8^{0,25}}{30^{0,125} \times 0,15^{0,55}} = 28,84 \text{ m/mn.}$$

V = 28,84 m/mn.

Calcul de la vitesse de rotation:

$$N = \frac{10^3 \times V}{\pi \times D} = \frac{1000 \times 28,84}{3,14 \times 4,8} = 1912,51 \text{ tr/mn.}$$

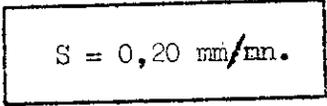


Opération. 602 . perçage de (7), (9) Ø 8 :

Calcul de l'avance:

$C_s = 0,06$   
 $D = 8 \text{ mm}$

$$S = C_s \times D^{0,6} = 0,06 \times 8^{0,6} = 0,20 \text{ mm/tr.}$$



Calcul de la vitesse de coupe:

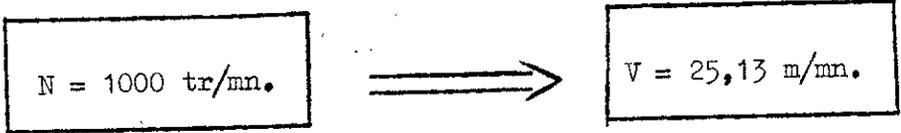
$D = 8 \text{ mm}$   
 $T = 30 \text{ mn}$   
 $C_v = 10,5$   
 $m = 0,125$   
 $Z_v = 0,25$   
 $Y_v = 0,55$

$$V = \frac{10,5 \times 8^{0,25}}{30^{0,125} \times 0,20^{0,55}} = 27,97 \text{ m/mn.}$$

V = 27,97 m/mn.

Calcul de la vitesse de rotation:

$$N = \frac{10^3 \times V}{\pi \times D} = \frac{1000 \times 27,97}{3,14 \times 8} = 1111,69 \text{ tr/mn.}$$



Opération. 603. perçage de (9),  $\phi$  22,6 (Ebauche):

Calcul de l'avance:

$$S = C_s \times D'^{0,6}$$

$$\text{où: } D' = D - d = 22,6 - 8 = 14,6 \text{ mm}$$

$$D = \phi \text{ à percer} = 22,6 \text{ mm}$$

$$d = \phi \text{ de l'avant trou} = 8 \text{ mm.}$$

$$S = 0,06 \times 14,6^{0,6} = 0,29 \text{ mm/tr.}$$

$$S = 0,29 \text{ mm/tr.}$$

Calcul de la vitesse de coupe:

Dans le cas où il y a un avant trou la profondeur de passe intervient dans le calcul de la vitesse de coupe:

$$t_c = 7,3 \text{ mm}$$

$$D = 22,6 \text{ mm}$$

$$T = 30 \text{ mn}$$

$$C_v = 10,5$$

$$Z_v = 0,25$$

$$m = 0,125$$

$$Y_v = 0,55$$

$$X_v = 0,1$$

$$V = \frac{C_v \times D^{Z_v}}{T^m \times S^{Y_v} \times t_c^{X_v}}$$

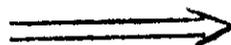
$$V = \frac{10,5 \times 22,6^{0,25}}{7,3^{0,1} \times 30^{0,125} \times 0,29^{0,55}}$$

$$V = 24,23 \text{ m/mn.}$$

Calcul de la vitesse de rotation:

$$N = \frac{10^3 \times V}{\pi \times D} = \frac{1000 \times 24,23}{3,14 \times 22,6} = 341,26 \text{ tr/mn.}$$

$$N = 320 \text{ tr/mn.}$$



$$V = 22,71 \text{ m/mn.}$$

Opération. 604 . Alésage de (9) Ø 23 (Finition):

Dans le cas d'un alésage (alésoir), l'avance est donnée par la formule suivante:

$$S = C_s \times D^{0,7}$$

$C_s = 0,16 =$  Coeff. dépendant de la nature de l'outil - pièce.

$D = 23 \text{ mm} = \varnothing$  de l'alésoir.

$$S = 0,16 \times 23^{0,7} = 1,40 \text{ mm/tr.}$$

$$S = 1,40 \text{ mm/tr.}$$

Calcul de la vitesse de coupe:

Dans le cas de l'alésage (alésoir) la vitesse de coupe est donnée par la relation:

$$V = \frac{C_v \times D^{Z_v}}{T^m \times S^{Y_v} \times t_c^{X_v}}$$

$D = 23 \text{ mm}$

$S = 1,40 \text{ mm/tr}$

$t_c = 0,2 \text{ mm}$

Pour  $T = 30 \text{ mm}$ , des tableaux donnent:

$C_v = 15,6$

$m = 0,3$

$Z_v = 0,2$

$Y_v = 0,5$

$X_v = 0,1$

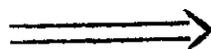
$$V = \frac{15,6 \times 23^{0,2}}{30^{0,3} \times 1,4^{0,5} \times 0,2^{0,1}} = 14,68 \text{ m/mn.}$$

$$V = 14,68 \text{ m/mn.}$$

Calcul de la vitesse de rotation:

$$N = \frac{10^3 \times V}{\pi \times D} = \frac{1000 \times 14,68}{3,14 \times 23} = 203,16 \text{ tr/mn.}$$

$$N = 200 \text{ tr/mn.}$$



$$V = 14,45 \text{ m/mn.}$$

Phase. 70. Perçage - Lamage :

Cette phase est réalisée sur une perceuse avec un foret  $\phi$  8 mm et une fraise à lamer  $\phi$  15 mm en acier rapide.

Après perçage des 3 trous  $\phi$  8 mm les lamages se feront par retournement.  
Montage d'usinage avec retournement et canons de perçage.

Opération. 701 . Perçage de (22), (23), (24)  $\phi$  8 mm :

Calcul de l'avance:

$$C_s = 0,06$$

$$D = 8 \text{ mm}$$

$$S = C_s \times D^{0,6} = 0,06 \times 8^{0,6} = 0,20 \text{ mm /tr.}$$

$$S = 0,20 \text{ mm/tr}$$

Calcul de la vitesse de coupe :

$$D = 8 \text{ mm}$$

$$T = 30 \text{ mn}$$

$$Z_v = 0,25$$

$$m = 0,125$$

$$C_v = 10,5$$

$$Y_v = 0,55$$

$$V = \frac{C_v \times D^{Z_v}}{T^m \times S^{Y_v}}$$

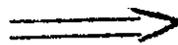
$$V = \frac{10,5 \times 8^{0,25}}{30^{0,125} \times 0,20^{0,55}} = 27,94 \text{ m/mn.}$$

$$\underline{V = 27,94 \text{ m/mn.}}$$

Calcul de la vitesse de rotation :

$$N = \frac{10^3 \times V}{\pi \times D} = \frac{1000 \times 27,94}{3,14 \times 8} = 1111,69 \text{ tr/mn.}$$

$$N = 1000 \text{ tr/mn.}$$



$$V = 25,13 \text{ m/mn.}$$

Opération. 702 . Lamage de (25), (26), (27)  $\phi$  15 :

L'avance au lamage est donnée par la relation :

$$S_d \leq \left(\frac{1}{Z}\right)^{1,2} \sqrt{\frac{R_{\max} \times D^{0,77}}{196 \times t_c^{0,13}}}$$

Z = 6

R<sub>max</sub> = 12,5  $\mu$ m

D = 15 mm

t<sub>c</sub> = 3,5 mm

$$S_d \leq \left(\frac{1}{6}\right)^{1,2} \times \sqrt{\frac{12,5 \times 15^{0,77}}{196 \times 3,5^{0,13}}}$$

S<sub>d</sub> = 0,075 mm/dent.

Calcul de la vitesse de coupe:

Dans le cas du lamage la vitesse de coupe est donnée par :

$$V = \frac{C_v \times D^q}{T^m \times S_d^{X_v} \times t_c^{Y_v} \times t^r \times Z^n}$$

D = 15 mm =  $\phi$  de la fraise.

S<sub>d</sub> = 0,075 mm/d.

t<sub>c</sub> = 3,5 mm = Profondeur de passe.

t =  $\times$  D = 3,14  $\times$  15 = 47,12 mm. (Largeur de passe).

Z = 6 dents de la fraise.

T = 30 mm

C<sub>v</sub> = 60,5

m = 0,25

q = 0,7

X<sub>v</sub> = 0,2

Y<sub>v</sub> = 0,5

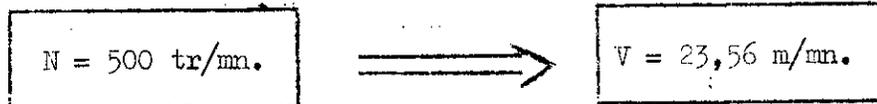
r = 0,3

n = 0,3

$$V = \frac{60,5 \times 15^{0,7}}{30^{0,25} \times 0,075^{0,2} \times 3,5^{0,5} \times (47,12)^{0,3} \times 6^{0,3}}$$

Calcul de la vitesse de rotation:

$$N = \frac{10^3 \times V}{\pi \times D} = \frac{1000 \times 28,39}{3,14 \times 15} = 602,45 \text{ tr/mn.}$$



Phase. 80 . Taraudage:

Cette phase est réalisée sur une perceuse munie d'un appareil à tarauder pour  $\phi$  M6 et  $\phi$  M10.

Opération. 801 . Taraudage de (18),(19),(20),(21);  $\phi$  M6 :

Calcul de la vitesse decoupe:

Dans le cas du taraudage l'avance est donnée directement par le pas du filet.

$p = \text{pas} = 1 \text{ mm}$  pour un  $\phi$  de 6 mm.

$$V = \frac{C_v \times d^X}{T^m \times p^Y}$$

$d = \text{diamètre à fond de filet} = 6 \text{ mm}$

$T = 30 \text{ mn}$

$C_v = 6,2$

$m = 0,6$

$X = 1,2$

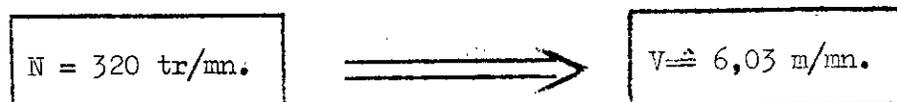
$Y = 0,9$

$$V = \frac{6,2 \times 6^{1,2}}{30^{0,6} \times 1^{0,9}} = 6,91 \text{ m/mn.}$$

$$\underline{V = 6,91 \text{ m/mn.}}$$

Calcul de la vitesse de rotation:

$$N = \frac{10^3 \times V}{\pi \times D} = \frac{1000 \times 6,91}{3,14 \times 6} = 366,58 \text{ tr/mn.}$$



Opération. 802 : Taraudage de (12), Ø M10 :

Calcul de la vitesse de coupe:

$$d = 10 \text{ mm}$$

$$p = 1,25 \text{ mm}$$

$$T = 30 \text{ mm}$$

$$C_v = 6,2$$

$$m = 0,6$$

$$X = 1,2$$

$$Y = 0,9$$

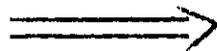
$$V = \frac{6,2 \times 10^{1,2}}{30^{0,6} \times 1,25^{0,9}} = 10,44 \text{ m/mm.}$$

$$\underline{V = 10,44 \text{ m/mm.}}$$

Calcul de la vitesse de rotation:

$$N = \frac{10^3 \times V}{\pi \times D} = \frac{1000 \times 10,44}{3,14 \times 10} = 332,31 \text{ tr/mm.}$$

$$N = 320 \text{ tr/mm.}$$



$$V = 10,05 \text{ m/mm.}$$

B). Deuxième variante:

Dans cette variante la phase 20 de tournage ainsi que les phase de perçage et de taraudage sont identiques à celles de la 1<sup>ère</sup> variante.  
A noter que dans la 2<sup>ème</sup> variante nous avons une phase supplémentaire.

Phase 20. tournage.

phase.30. fraisage.

Cette phase est réalisée sur une fraiseuse universelle avec une fraise à deux tailles de  $\phi$  40mm et comportant huit lames amovibles en carbure métallique. La pièce sera placée dans un montage d'usinage.

Opération. 301 . Dressage de la face (B):

a) Ebauche :

Calcul de l'avance par dent:

Z = 8 dents

R<sub>max</sub> = 6,3  $\mu$ m

D = 40 mm

t<sub>c</sub> = 2,5 mm

$$S_d \leq \left(\frac{1}{8}\right)^{1,2} \times \sqrt{\frac{6,3 \times 40^{0,77}}{196 \times 2,5^{0,13}}}$$

$$S_d = 0,057 \text{ mm/dent.}$$

Calcul de la vitesse de coupe:

D = 40 mm

S<sub>d</sub> = 0,057 mm/dent.

t<sub>c</sub> = 2,5

t = 35 mm

Z = 8 dents

T = 180 mn

C<sub>v</sub> = 396

m = 0,32

q = 0,2

X<sub>v</sub> = 0,35

Y<sub>v</sub> = 0,15

r = 0,2

m = 0,3

$$V = \frac{396 \times 40^{0,2}}{180^{0,32} \times 0,057^{0,35} \times 2,5^{0,5} \times 35^{0,32} \times 8^{0,3}}$$

$$V = 98,27 \text{ m/mn.}$$

Calcul de la vitesse de rotation:

$$N = \frac{10^3 \times V}{\pi \times D} = \frac{1000 \times 98,27}{3,14 \times 40} = 782,02 \text{ tr/mn.}$$

$N = 710 \text{ tr/mn.}$	⇒	$V = 89,22 \text{ m/mn.}$
--------------------------	---	---------------------------

Calcul de l'avance en mm/mn:

$$S = S_d \times Z \times N = 0,057 \times 710 \times 8 = 284 \text{ mm/mn.}$$

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

b). Finition:

Calcul de l'avance par dent:

$$R_{\text{max}} = 3,2$$

$$Z = 8 \text{ dents}$$

$$t_c = 0,5 \text{ mm}$$

$$D = 40 \text{ mm}$$

$$S_d = \left(\frac{1}{8}\right)^{1,2} \times \frac{3,2 \times 40^{0,77}}{196 \times 0,5^{0,13}}$$

$S_d = 0,045 \text{ mm/dent.}$
--------------------------------

Calcul de la vitesse de coupe:

$$t_c = 0,5 \text{ mm}$$

$$S_d = 0,045 \text{ MM/DENT}$$

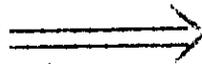
Les autres coefficients ne changent pas.

$$V = \frac{396 \times 40^{0,2}}{180^{0,32} \times 0,045^{0,35} \times 0,5^{0,15} \times 35^{0,2} \times 8^{0,3}}$$

Calcul de la vitesse de rotation:

$$N = \frac{10^3 \times V}{\pi \times D} = \frac{1000 \times 136,89}{3,14 \times 40} = 1089,37 \text{ tr/mn.}$$

$$N = 1120 \text{ tr/mn.}$$



$$V = 140,70 \text{ m/mn.}$$

Calcul de l'avance en mm/mn:

$$S = 0,045 \times 8 \times 1120 = 403,2 \text{ mm/mn.}$$

$$S = 400 \text{ mm/mn.}$$

Phase 50. Tournage:

Dans cette phase on utilise un tour universel avec cinq outils et un foret. Les outils sont en plaquettes de carbure métallique et le foret en acier rapide. On utilise un montage d'usinage.

Dans cette phase les opérations (501), (502), (503), (504), (505) sont identiques à celles de la phase 50 de la première variante. Dans cette phase nous avons associé une opération (506) supplémentaire qui est l'ébauche et la finition de la surface (17).

Opération (506). Dressage de la face (17).

a). Ebauche:

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

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

Calcul de la vitesse de coupe:

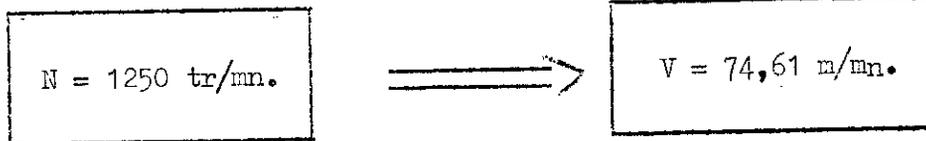
$$V = \frac{1,04 \times C_v}{t_c^{X_v} \times S^{Y_v}} = \frac{1,04 \times 68}{2,5^{0,2} \times 0,5^{0,4}} = 77,69 \text{ m/mn.}$$

$$T = 90 \text{ mn}$$

$$C_v = 68 \quad X_v = 0,2 \quad Y_v = 0,4$$

Calcul de la vitesse de rotation:

$$N = \frac{10^3 \times V}{\pi \times D_m} = \frac{1000 \times 77,69}{3,14 \times 19} = 1301,55 \text{ tr/mn.}$$



b). Finition:

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

$$t_c = 0,5 \text{ mm}$$

$$T = 30 \text{ mm}$$

$$C_v = 77$$

$$X_v = 0,13$$

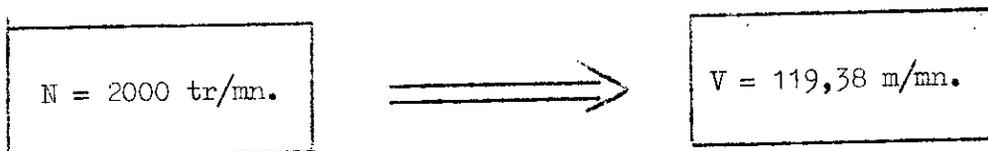
$$Y_v = 0,2$$

$$V = \frac{1,04 \times 77}{0,5^{0,13} \times 0,1^{0,2}}$$

$$V = 138,88 \text{ m/mn.}$$

Calcul de la vitesse de rotation:

$$N = \frac{1000 \times 138,88}{3,14 \times 19} = 2327,27 \text{ tr/mn.}$$



Phase 60. Fraisage:

Pour ceci on utilise une fraiseuse universelle munie d'un arbre porte-fraise avec un jeu de trois fraises à trois tailles de diamètres : 260 mm, 260 mm, 94 mm ayant respectivement 36 , 36 , 12 lames amovibles en carbure métallique.

Calcul de l'avance par dents:

$$S_D \leq \left(\frac{1}{Z}\right)^{1,2} \times \sqrt{\frac{R_{max} \times D^{0,77}}{196 \times t_c^{0,13}}}$$

$$R_{\max} = 3,2 \text{ mm}$$

$$Z = 36 \text{ dents}$$

$$t_c = 3 \text{ mm}$$

$$D = 260 \text{ mm}$$

$$S_d \leq \left(\frac{1}{36}\right)^{1,2} \times \sqrt{\frac{3,2 \times 260^{0,77}}{196 \times 3^{0,13}}}$$

$$\underline{S_d = 0,013 \text{ mm/dent.}}$$

Calcul de la vitesse de coupe:

$$V = \frac{C_v \times D^q}{T^m \times S_d^{X_v} \times t_c^{Y_v} \times t^r \times Z^n}$$

$$D = 260 \text{ mm}$$

$$S_d = 0,013 \text{ mm/dent.}$$

$$t_c = 3 \text{ mm}$$

$$t = 124 \text{ mm}$$

$$Z = 36 \text{ dents.}$$

$$T = 180 \text{ mm}$$

$$C_v = 396$$

$$X_v = 0,35$$

$$Y_v = 0,15$$

$$m = 0,32$$

$$q = 0,2$$

$$r = 0,2$$

$$n = 0,3$$

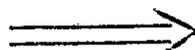
$$V = \frac{396 \times 260^{0,2}}{180^{0,32} \times 0,013^{0,35} \times 3^{0,15} \times 124^{0,2} \times 36^{0,3}}$$

$$\underline{V = 126,33 \text{ m/mn.}}$$

Calcul de la vitesse de rotation:

$$N = \frac{10^3 \times V}{\pi \times D} = \frac{1000 \times 126,33}{3,14 \times 260} = 155,43 \text{ tr/mn.}$$

$$N = 160 \text{ tr/mn.}$$



$$V = 130,69 \text{ m/mn.}$$

Calcul de l'avance mm/mn :

$$S = S_d \times N \times Z = 0,013 \times 160 \times 36 = 74,88 \text{ mm/mn.}$$

$$S = 63 \text{ mm/mn.}$$

CHAPITRE III

DETERMINATION DES TEMPS

Nous avons établi au chapitre I deux gammes d'usinages différentes c'est à dire deux procédés de fabrication de la pièce. Aussi nous avons calculés au chapitre II tous les régimes de coupes pour chaque variante. Il nous est donc facile maintenant de passer au calcul du temps nécessaire à la fabrication de la pièce. Ce temps se compose de :

- Temps de coupe, ( $T_c$ ); ( ou temps machines ) :

se sont les temps nécessaires aux machines pour l'exécution de chaque opération de la pièce.

- Temps d'arrangement, ( $T_a$ ); ( ou temps de préparations ) :

Les temps de préparation des machines, de la lecture du dessin, de la recherche de l'outillage etc... c'est à dire les temps nécessaires à la mise en train du travail constituent les temps d'arrangement.

- Temps manuels , (  $T_m$  ) ( ou temps auxiliaires ) :

Ils comprennent la mise en position de la pièce, son serrage, l'approche de la pièce par l'outil, des mesures, des contrôles et réglages en cours d'usinage, le deserrage et l'enlèvement de la pièce.

- Temps supplémentaires, ( $T_s$ ); ( ou temps répartis ) :

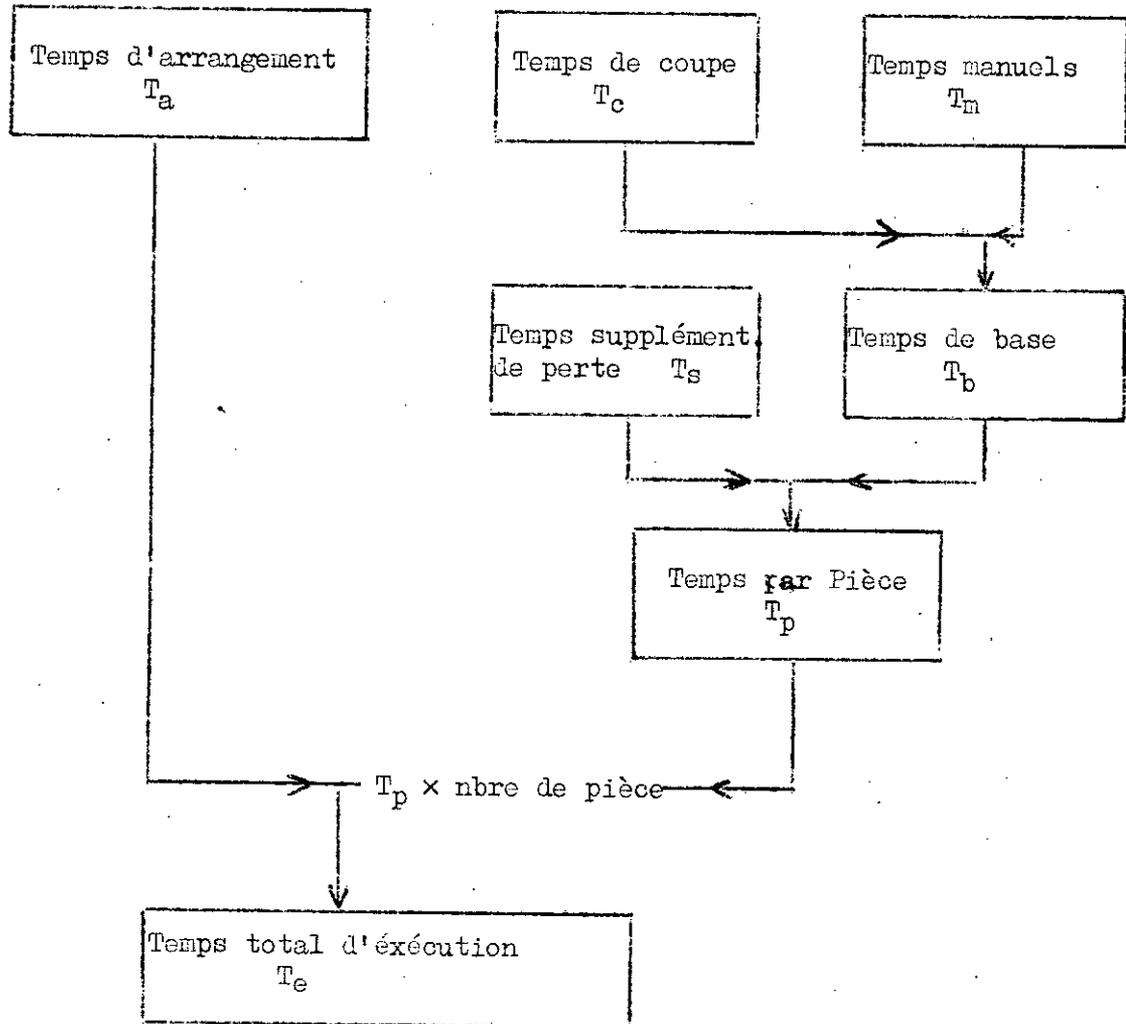
Les temps supplémentaires de pertes se composent des temps nécessaires aux nettoyages, aux graissages, aux contrôles supplémentaires, à l'évacuation des copeaux etc..., et des temps dûs aux absences du personnel. Ils varient de 6 à 15% du temps de base.

Le temps de base ( $T_b$ ), étant la somme des temps manuels et des temps de coupe.

$$T_b = T_c + T_m$$

$$T_s = 6 \text{ à } 15\% \text{ de } T_b$$

SCHEMA DE LA DECOMPOSITION DU TEMPS TOTAL D'EXECUTION .



Notations :

$T_a$  = Temps d'arrangement.

$T_c$  = Temps de coupe

$T_m$  = Temps manuels

$T_b$  = Temps de base

$T_b = T_c + T_m$

$T_s$  = Temps supplémentaires de pertes.

$T_s = 6 \text{ à } 15\% \text{ de } T_b$

$T_p$  = Temps par pièce =  $T_b + T_s$

$T_e$  = Temps total d'exécution

$T_e = T_a + (T_p \times \text{nbre de pièces})$

I°) CALCUL DES TEMPS DE COUPE.

A ) Première variante.

Phase 20 tournage.

Opération 201 perçage.

Le temps de coupe dans le cas du perçage est donnée par la formule :

$$T_c = 1,1 \frac{i \times L}{S \times N}$$

i = nbre de trous à percer = 1 trou

L = Profondeur du trou + 0,5 d ( d =  $\phi$  du foret ) = 15 + 0,5  $\times$  8 = 19 mm

N = Vitesse de rotation = 1000 tr/mn.

S = Avance = 0,2 mm/tr

$$T_c = 1,1 \frac{1 \times 19}{0,2 \times 1000} = 0,104 \text{ mn}$$

$$T_c = 0,104 \text{ mn}$$

Opération 202 Dressage.

$$T_c = \frac{i \times L}{S \times N}$$

i = nbre de passes = 1

L =  $\frac{D - d}{2}$  + approche et dégagement de l'outil =  $\frac{100 - 66}{2}$  + 3 = 20 mm

N = 320 tr/mn.

S = 0,5 mm/tr

$$T_c = \frac{20}{0,5 \times 320} = 0,125 \text{ mn.}$$

$$T_c = 0,125 \text{ mn}$$

Opération 203 Dressage.

$$T_c = \frac{i \times L}{S \times N}$$

$i = \text{nbre de passes} = 1$

$$L = \frac{D - d}{2} + \text{approche et dégagement de l'outil} = \frac{66 - 8}{2} + 3 = 32 \text{ mm.}$$

$N = 500 \text{ Tr/mn.}$

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

$$T_c = \frac{1 \times 32}{0,5 \times 500} = 0,128 \text{ mn.}$$

$T_c = 0,128 \text{ mn.}$

Opération 204 alésage .

$$T_c = \frac{i \times L}{S \times N}$$

$i = \text{nbre de passes} = 1$

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

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

La longueur à aléser + approche et dégagement de l'outil =  $7 + 3 = 10 \text{ mm.}$

$$T_c = \frac{1 \times 10}{0,5 \times 320} = 0,0625 \text{ mn}$$

$T_c = 0,0625 \text{ mn}$

Opération 205 Dressage :

$$T_c = \frac{i \times L}{S \times N}$$

$i = \text{nbre de passes} = 1$

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

$N = 500 \text{ tr/mm}$   
 $100 - 71$

$L = \frac{\quad}{2} + 3 = 17,5 \text{ mm}$

$$T_c = \frac{1 \times 17,5}{0,1 \times 500} = 0,350 \text{ mm}$$

$T_c = 0,350 \text{ mm.}$
---------------------------

Opération 206 Dressage :

$$T_c = \frac{i \times L}{S \times N}$$

$i = 1 \text{ passe}$

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

$N = 1000 \text{ tr/mm.}$

$L = \frac{71 - 8}{2} + 3 = 34,5 \text{ mm}$

$$T_c = \frac{1 \times 34,5}{0,1 \times 1000} = 0,345 \text{ mm.}$$

$T_c = 0,345 \text{ mm.}$
---------------------------

Opération 207 Alesage :

$$T_c = \frac{i \times L}{S \times N}$$

$i = 1$  passe

$S = 0,08$  mm/tr

$N = 500$  tr/mm

$L = .7 + 3 = 10$  mm

$$T_c = \frac{1 \times 10}{0,08 \times 500} = 0,250 \text{ mn.}$$

$$T_c = 0,250 \text{ mn}$$

Opération 208 chanfreinage :

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

Temps total de coupe de la phase 20.

$$T_c = \sum T_c = 1,6645 \text{ mn}$$

Phase 30 Fraisage :

a) Surfaçage de (6) (ébauche)

Au fraisage le temps de coupe est donné par la formule suivante :

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

$i = 1$  passe

$S =$  avance  $= 160$  mm/mm.

$L = 1 + \frac{D}{2} +$  engagement et dégagement de la fraise.

$L = \frac{60}{2} + 60 + 10 + 5 = 105$  mm

$$T_c = \frac{1 \times 105}{160} = 0,656 \text{ mn}$$

$$T_c = 0,656 \text{ mn}$$

b ) Surfaçage de (6) ( finition )

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

i = 1 passe

L = 40 mm

S = 160 mm/mn.

$$T_c = \frac{1 \times 40}{60} = 0,250 \text{ mn}$$

$$T_c = 0,250 \text{ mn}$$

c) Surfaçage de (6') (ébauche)

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

i = 1 passe

L = 1 +  $\frac{D}{2}$  + engagement + dégagement = 70 + 30 + 10 = 110 mm

$$T_c = \frac{1 \times 110}{160} = 0,687 \text{ mn}$$

$$T_c = 0,687 \text{ mn}$$

d ) Surfaçage de (6') ( finition )

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

i = 1 passe

S = 250 mm/mn

L = 22 +  $\frac{60}{2}$  + 10 = 66 mm

$$T_c = \frac{1 \times 66}{250} = 0,264 \text{ mn}$$

$$T_c = 0,264 \text{ mn}$$

e ) Surfaçage de (7) (ébauche).

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

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

$$S = 160 \text{ mm/mn}$$

$$L = 50 + \frac{60}{2} + 10 = 90 \text{ mm}$$

$$T_c = \frac{1 \times 90}{160} = 0,562 \text{ mn}$$

$$T_c = 0,562 \text{ mn}$$

f ) Surfaçage de (7) (finition).

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

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

$$L = \frac{60}{2} + 22 + 10 = 62 \text{ mm}$$

$$T_c = \frac{i \times L}{S} = \frac{1 \times 62}{250} = 0,248 \text{ mn}$$

$$T_c = 0,248 \text{ mn}$$

g ) Surfaçage de (8) (ébauche).

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

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

$$L = \frac{60}{2} + 22 + 10 = 62 \text{ mm}$$

$$T_c = \frac{i \times L}{S} = \frac{1 \times 62}{250} = 0,248 \text{ mn}$$

$$T_c = 0,248 \text{ mn}$$

h ) Surfaçage de ( 8 ) ( finition ) .

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

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

$$L = \frac{60}{2} + 22 + 10 = 62 \text{ mm}$$

$$T_c = \frac{i \times L}{S} = \frac{1 \times 62}{250} = 0,248 \text{ mn.}$$

$$T_c = 0,248 \text{ mn}$$

i ) Surfaçage de ( 10 ) ( ébauche ) .

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

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

$$L = \frac{60}{2} + 50 + 10 = 90 \text{ mm}$$

$$T_c = \frac{i \times L}{S} = \frac{1 \times 90}{250} = 0,360 \text{ mn}$$

$$T_c = 0,360 \text{ mn}$$

j ) Surfaçage de (10) ( finition ) .

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

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

$$L = \frac{60}{2} + 70 + 10 = 110 \text{ mm}$$

$$T_c = \frac{1 \times L}{S} = \frac{1 \times 110}{250} = 0,440 \text{ mn}$$

$$T_c = 0,440 \text{ mn}$$

k ) Surfaçage de (9) (ébauche).

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

i = 1 passe

$$L = \frac{60}{2} + 60 + 15 = 105 \text{ mm}$$

$$T_c = \frac{i \times L}{S} = \frac{1 \times 105}{250} = 0,420 \text{ mn}$$

$$T_c = 0,420 \text{ mn}$$

l ) Surfaçage de (9) (finition) .

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

i = 1 passe

$$L = 40 \text{ mm}$$

$$T_c = \frac{1 \times 40}{250} = 0,160 \text{ mn}$$

$$T_c = 0,160 \text{ mn}$$

Temps total de coupe pour la phase 30

$$T_c = 4,543 \text{ mn}$$

PHASE 50 - TOURNAGE :

Opération 501 Percage.

Dans le cas du perçage le temps de coupe est donné par la formule suivante.

$$T_c = 1,1 \frac{i \times L}{S \times N}$$

$$i = \text{nbre de trous} = 1$$

$$S = \text{avance} = 0,2 \text{ mm/tr}$$

$$N = 500 \text{ tr/mm}$$

$$L = \text{profondeur du trou} + 0,5 d = 10 + 0,5 \times 16 = 18 \text{ mm}$$

$$d = \phi \text{ du foret} = 16 \text{ mm}$$

$$T_c = 1,1 \frac{1 \times 18}{0,2 \times 500} = 0,143 \text{ mm}$$

$$T_c = 0,143 \text{ mm}$$

Opération 502 alésage :

$$T_c = \frac{i \times L}{S \times N}$$

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

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

$$N = 630 \text{ tr/mm}$$

$$L = 25 + 3 = 28 \text{ mm}$$

$$T_c = \frac{1 \times 28}{0,5 \times 630} = 0,088 \text{ mm}$$

$$T_c = 0,088 \text{ mm}$$

Opération 503 Dressage :

$$i = 1$$

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

$$N = 800 \text{ tr/mm}$$

$$L = \frac{D - d}{2} + 3 = \frac{29 - 16}{2} + 3 = 9,5 \text{ mm}$$

$$T_c = \frac{1 \times 9,5}{0,5 \times 800} = 0,023 \text{ mm}$$

$$T_c = 0,023 \text{ mm}$$

Opération 504 Dressage .

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

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

$$N = 1600 \text{ tr/mn}$$

$$L = \frac{29 - 16}{2} + 3 = 9,5 \text{ mm}$$

$$T_c = \frac{i \times L}{S \times N} = \frac{1 \times 9,5}{0,1 \times 1600} = 0,059 \text{ mn}$$

$$T_c = 0,059 \text{ mn}$$

Opération 505 Alésage .

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

$$S = 0,08 \text{ mm/tr}$$

$$N = 1250 \text{ tr/mn}$$

$$L = 25 + 3 = 28 \text{ mm}$$

$$T_c = \frac{i \times L}{S \times N} = \frac{1 \times 28}{0,08 \times 1250} = 0,280 \text{ mn}$$

$$T_c = 0,280 \text{ mn}$$

Temps total de coupe pour la phase 50

$$T_c = \sum T_c = 0,593 \text{ mn}$$

PHASE 60 - PERÇAGE :

Opération 601 Perçage  $\emptyset$  4,8

Dans le cas de perçage le temps de coupe est donné par la formule suivante.

$$T_c = 1,1 \frac{i \times L}{N \times S}$$

L = Profondeur du trou + 0,5 d = 13 + 0,5 x 4,8 = 15,4 mm

i = nbre de trous = 4 trous

S = avance = 0,15 mm/tr

N = 1600 Tr/mn

d = diamètre du foret.

Tc = 1,1 \* (4 \* 15,4) / (1600 \* 0,15) = 0,282 mm

Tc = 0,282 mm

Opération 602 perçage ø 8 .

Deux trous a percer de même diamètre et profondeur différente.

Tc = (1,1 \* i \* L1 + 1,1 \* i \* L2) / (N \* S) = 1,1 \* (L1 + L2) / (N \* S)

L1 = 8 + 0,5 d = 12 mm

L2 = 46 + 0,5 d = 50 mm

S = 0,20 mm /tr

N = 10^3 tr/mn

Tc = (1,1 \* (62)) / (1000 \* 0,20) = 0,682 mm

Tc = 0,682 mm

Opération 603 Perçage ø 22,6 mm.

i = 1 trou

L = 8 + 0,5 x 22,6 =

N = 320 tr/mn

S = 0,29 mm /tr

Tc = 1,1 \* (19,3) / (0,29 \* 320) = 0,228 mm

Tc = 0,228 mm

Opération 604 Alesage  $\phi$  23.

Dans le cas de l'alesage (alésoir) le temps de coupe est :

$$T_c = \frac{1,1 \times i \times L}{N \times S}$$

$i$  = Nbre de trous = 1 trou

$L$  = Profondeur du trou +  $d$  = 8 + 23

$d$  = diamètre de l'alésoir = 23 mm

$S$  = avance = 1,4 mm/tr

$N$  = vitesse de rotation = 200 tr/mn

$$T_c = 1,1 \times \frac{31}{200 \times 1,4} = 0,121 \text{ mn}$$

$$T_c = 0,121 \text{ mn}$$

Temps total de coupe de la phase 60.

$$T_c = \sum T_c = 1,313 \text{ mn}$$

PHASE 70 PERÇAGE LAMAGE :

Opération 701 Perçage  $\phi$  8

$i$  = 3 trous

$L$  = 13 + 0,5  $\times$  8 = 17 mm

$N$  = 1000 tr/mn

$S$  = 0,20 mm/tr

$$T_c = 1,1 \frac{3 \times 17}{1000 \times 0,2} = 0,280 \text{ mn}$$

$$T_c = 0,280 \text{ mn}$$

Opération 702 Lamage  $\phi$  15 .

L = Profondeur du lamage + engagement de la fraise = 3+3 = 6 mm

i = 3 trous

N = 500 tr/mm

S = 0,075 mm/dent

Z = nbre de dent = 6 dents

$$T_c = 1,1 \times \frac{i \times L}{S_d \times Z \times N} = 1,1 \times \frac{3 \times 6}{0,075 \times 6 \times 500} = 0,528 \text{ mn}$$

$$T_c = 0,528 \text{ mn}$$

Temps total de coupe pour la phase 70.

$$T_c = T_c = 0,808 \text{ mn}$$

PHASE 80 - TARAUDAGE .

Opération 801 taraudage  $\phi$  M6 .

i = 4 trous

L = Profondeur du trou + engagement + dégagement = 10 + 2,5 + 2,5 = 15 mm

S = avance = pas du filet = 1 mm

N = 320 tr/mm.

$$T_c = 1,1 \frac{4 \times 15}{1 \times 320} = 0,206 \text{ mn}$$

$$T_c = 0,206 \text{ mn}$$

Opération 802 Taraudage  $\phi$  M 10.

i = 1 trou

L = 15 mm

S = Pas = 1,25 mm/tr

$$N = 320 \text{ tr/mm}$$

$$T_c = \frac{1,1 \times 15}{1,25 \times 320} = 0,041 \text{ mn}$$

$$T_c = 0,041 \text{ mn}$$

Temps total de coupe pour la phase 80.

$$T_c = \sum T_c = 0,247 \text{ mn}$$

B) DEUXIEME VARIANTE .

on a vu dans le chapitre précédent que les phases 20 de tournage et les phases de perçages et de taraudage étaient communes aux deux variantes. Nous aurons à calculer les temps de coupe que pour les phases 30,50 et 60.

- PHASE 30. FRAISAGE

Opération 301 Surfaçage

a) ébauche

on a vu que dans le cas du fraisage le temps de coupe est donné par la formule suivante.

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

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

$$S = \text{avance} = 63 \text{ mm/mm}$$

$$L = 70 + 20 + 6 = 96 \text{ mm}$$

$$T_c = \frac{1 \times 96}{250} = 0,384 \text{ mn}$$

$$T_c = 0,384 \text{ mn}$$

b ) Finition

i = 1 passe

S = 400 mm/mn

L = 96 mm

$$T_c = \frac{i \times L}{S} = \frac{96 \times 1}{400} = 0,240 \text{ mn}$$

$$T_c = 0,240 \text{ mn}$$

Temps total de coupe pour cette phase.

$$T_c = \sum T_c = 0,624 \text{ mn}$$

PHASE 50 TOURNAGE .

On a vu dans le chapitre précédent que les opérations 501,502,503,504,505 de la phase 50 deuxième variante étaient identiques à celles de la phase 50 de la première variante.

Donc les temps de coupes pour ces opérations communes seront identiques.

Opération 501.

$$T_c = 0,143 \text{ mn}$$

Opération 502.

$$T_c = 0,088 \text{ mn}$$

Opération 503 .

$$T_c = 0,023 \text{ mn}$$

Opération 504.

$$T_c = 0,059 \text{ mn}$$

Opération 505.

$$T_c = 0,280 \text{ mn}$$

Opération 506 Dressage de (17)

a) ébauche

i = 1 passe

N = 1250 tr/mm

S = 0,5 mm /tr

$L = \frac{22 - 16}{2} + 3 = 6 \text{ mm}$

$$T_c = \frac{1 \times L}{N \times S} = \frac{1 \times 6}{1250 \times 0,5} = 0,0096 \text{ mn}$$

b) Finition

i = 1 passe

N = 2000 tr/mm

S = 0,1 mm /tr

$L = \frac{22 - 16}{2} + 3 = 6 \text{ mm}$

$$T_c = \frac{1 \times L}{N \times S} = \frac{1 \times 6}{0,1 \times 2000} = 0,030 \text{ mn}$$

$$T_c = 0,030 \text{ mn}$$

Temps total de coupe pour cette phase.

$$T_c = \sum T_c = 0,6326 \text{ mn}$$

PHASE 60 - FRAISAGE .

Opération 601 - Surfaçage.

i = 1 passe

S = 63 mm/mm

L = 130 + 60 + 6 = 196 mm

$$T_c = \frac{1 \times L}{S} = \frac{1 \times 196}{63} = 3,111 \text{ mn}$$

$$T_c = 3,111 \text{ mn}$$

Temps total de coupe pour cette phase.

$$T_c = 3,111 \text{ mn}$$

## II-TEMPS D'ARRANGEMENTS ET TEMPS MANUELS.

- Les temps d'arrangement sont les temps relatifs à la préparation de la machine, à la lecture du dessin aux réglages du montage d'usinage, et des outils de coupe et à la préparation des instruments de mesure.

- Pendant l'usinage, l'ouvrier doit faire des réglages et prendre des mesures, faire marcher et arrêter la machine, changer de vitesse et d'avance, serrer et desserrer la pièce dans son montage. Les temps relatifs à ces opérations sont les temps manuels qui se répètent pour chaque pièce à usiner.

Contrairement aux temps de coupe les temps d'arrangement et les temps manuels sont déterminés à partir de l'expérience.

### - DETERMINATION DES TEMPS D'ARRANGEMENTS, $T_a$ ET DES TEMPS MANUELS $T_m$

#### A) PREMIERE VARIANTE.

##### - PHASE 20 TOURNAGE.

Nous allons détailler pour cette phase la détermination des temps manuels. Les temps d'arrangements sont donnés par des tableaux expérimentaux.

Nous avons :

TOURNAGE :  $T_a = 20 \text{ mn}$

FRAISAGE :  $T_a = 30 \text{ mn}$

PERCAGE :  $T_a = 15 \text{ mn}$

Donc dans le cas de cette phase. Nous avons :

$$T_a = 20 \text{ mn.}$$

Détermination des temps manuels  $T_m$ .

Des tableaux donnent les temps manuels en centièmes d'heures des différentes opérations pendant l'usinage.

OPERATIONS	TEMPS MANUELS cent.heures.	NBRE. D'OPER.	$T_m$
Mise en place Pce.	0,1	1	0,1
Serrage pneumatique	0,1	1	0,1
Arrêt marche machine	0,3	2 x 8	4,8
Changement de vitesse	0,3	7	2,1
Changement d'avance	0,3	4	1,2
Approche outils Pce. et dégagement.	0,1	2 x 8	1,6
Contrôle	0,5	1	0,5

$$T_m = 10,4 \text{ c.h.}$$

$$T_m = 6,24 \text{ mn}$$

PHASE 30 - FRAISAGE :

$$T_a = 30 \text{ mn}$$

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

PHASE 50 - TOURNAGE :

$$T_a = 20 \text{ mn}$$

$$T_m = 4,22 \text{ mn}$$

PHASE 60 - PERCAGE :

$$T_a = 15 \text{ mn}$$

$$T_m = 3,3 \text{ mn}$$

PHASE 70 - PERCAGE :

$$T_a = 15 \text{ mn}$$

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

PHASE 80 - TARAUDAGE :

$$T_a = 15 \text{ mn}$$

$$T_m = 1,6 \text{ mn}$$

B ) DEUXIEME VARIANTE :

PHASE 30 - FRAISAGE :

$$T_a = 30 \text{ mn}$$

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

PHASE 50 - TOURNAGE :

$$T_a = 20 \text{ mn}$$

$$T_n = 5,76 \text{ mn}$$

PHASE 60 - FRAISAGE :

$$T_a = 30 \text{ mn}$$

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

Pour les autres phases, elles sont identiques à celles de la première variante.

CHAPITRE IV.

CALCUL DU NOMBRE DE MACHINES ET LEURS EMPLACEMENTS.

1°) CALCUL DU NOMBRE DE MACHINES:

- Calcul du nombre effectif de pièce :

Le nombre effectif de pièces à produire est donné par la formule suivante :

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

$N_i = 100000$  pièces, nombre effectif de produits à livrer.

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

$K = 0$ , coefficient de rebut.

$$N_{\text{eff}} = 100000 \times 1 \left( 1 + \frac{0}{100} \right) = 100000 \text{ Pièces/an.}$$

$$N_{\text{eff}} = 100000 \text{ Pièces/an}$$

-- Calcul du fond disponible :

il est donné par la relation :

$$F_d = Z_o \times K_s \times H \left( 1 - \frac{\lambda}{100} \right)$$

$Z_o =$  nbre de jours ouvrables/an =  $365 - (52 + d) = 300$  jours/an.

$d =$  jours feriès.

$\lambda = 5$  coefficient de réparation.

$K_s = 2 =$  nbre, d'équipes

$H = 8$  heures/équipe

$$F_d = 300 \times 2 \times 8 \left( 1 - \frac{5}{100} \right) = 4560 \text{ h/an}$$

$$F_d = 4560 \text{ heures/an} = 273600 \text{ mn/an}$$

- Calcul du nombre theorique de machines .

il est donné par la formule suivante :

$$m_{th} = \frac{F_{nec.}}{F_d}$$

$$F_{nec} = \text{fond nécessaire} = T_{ai} \times N_{eff} = 100000 \cdot T_{ai}$$

$T_{ai}$  = temps nécessaire à l'exécution d'une pièce dans la phase (i)

Calcul des  $T_{ai}$  pour chaque phase .

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

$$T_b = T_c + T_m$$

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

$$(T_a)_s = T_a + T_r$$

$T_a$  = temps d'arrangement.

$T_r$  = c'est le temps nécessaire au démontage, montage et réglage des outils qui est dû au réaffûtage de l'outil, durant la réalisation d'une série de pièces sans démontage du montage d'usinage.

REMARQUE :

Il y a intérêt à affûter l'outil avant que l'usine ne 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 de pièces que peut exécuter l'outil; et le réaffûter après exécution de 50 à 70% de ce nombre pour les carbures et 75% dans le cas des outils en acier rap: . Pour les outils à plaquettes amovibles en carbures métalliques, l'opération d'affûtage étant éliminée, la plaquette est mise en rebut lorsque toutes les arrêtes ont été utilisées.

Nous dressons des tableaux donnant les temps  $T_r$ , pour chaque phase.

A ) Première variante.

Phase 20. Tournage.

OP	T (mm)	T <sub>c</sub> (mm)	n' <sub>K</sub>	n'' <sub>K</sub>	nbre de lots	nbres de Pièces	nbres de réff.
201	30	0,104	288,46	201	1	200	5
202	90	0,125	720	540	3	600	2
203	90	0,128	703	527	3	600	2
204	90	0,0625	1440	1080	5	1000	1
205	90	0,35	257	192	1	200	5
206	90	0,345	260	195	1	200	5
207	90	0,25	360	270	1	200	5
208	90	0,30	300	225	1	200	5

T = durabilité de l'outil

T<sub>c</sub> = temps de coupe

$n'_K = \frac{T}{T_c}$  = nombre maxi de pièces réalisées par l'outil entre 2 réaffûtages.

$n''_K$  = nbre moyens de pièces = 0,7 n'<sub>K</sub> pour les carbures et 0,75 n'<sub>K</sub> pour les aciers rapides.

Nous aurons donc, pour une série de 1000 pièces, 30 réffûtages à faire.

A raison d'une minute par outil (démontage + montage + réglage).

Nous aurons donc.

T<sub>r</sub> = 30 réaffût. × 1 mn = 30 mn.

d'où T<sub>ai</sub> pour la phase 20.

$$T_{a20} = T_b + T_s + \frac{T_a + T_r}{n} = 7,9045 + (7,9045) \times 0,15 + \frac{20 + 30}{1000}$$

$T_{a20} = 9,14 \text{ mn}$
-----------------------------

PHASE 30 FRAISAGE :

L'exécution de cette phase se fait avec un seul outil-fraise.

$$n'_K = \frac{T}{T_c} = \frac{180}{4,543} = 40 \text{ pièces}$$

$$n''_K = 0,75 n'_K = 0,75 \times 40 = 30 \text{ Pièces}$$

Pour une série de 1000 pièces nous aurons à faire  $\frac{1000}{30} = 34$  réaff.

de la pièce.

A raison de 10 mm par démontage, montage et réglage, on aura:

$$T_r = 34 \times 10 = 340 \text{ mm}$$

d'ou  $T_{ai}$  Pour la phase 30.

$$T_{a30} = T_b + T_s + \frac{T_a + T_r}{1000} = 9,843 + 0,15 \times 9,843 + \frac{340 + 30}{1000}$$

$$T_{a30} = 11,689 \text{ mm}$$

PHASE 50. TOURNAGE :

OP.	T (mm)	T <sub>c</sub> (mm)	n' K	n'' K	nbre de lots	nbre de pièces	nbre de réaffût.
501	30	0,143	209	146	1	150	20
502	90	0,088	1022	767	6	900	3
503	90	0,023	3913	2934	20	3000	1
504	90	0,059	1525	1144	6	1200	3
505	90	0,28	321	241	2	300	10

Donc nous avons 37 réaffûtages à faire par série de pièces.

Donc :  $T_{50} = 37$  mn

$$T_{a50} = T_0 + T_e + \frac{T + T_e}{3000} = 4,815 + 0,15 \times 4,815 + \frac{20 + 37}{3000} = 5,450 \text{ mn}$$

$$T_{a50} = 5,450 \text{ mn}$$

PHASE 60. PERÇAGE.

OP.	T (mn)	T (mn)	n° K	n° K	nombre de lots	nombre de pièces	nombre de réaffût.
601	30	0,282	406	74	8	90	8
602	30	0,632	43	30	24	30	24
603	30	0,228	132	92	8	90	8
604	30	0,121	248	173	4	180	4

Donc nous avons 44 réaffûtages pour une série de 720 pièces ce qui fait un temps  $T_r = 44$  mn.

d'où  $T_r$  pour la phase 60.

$$T_{a60} = T_0 + T_e + \frac{T + T_e}{720} = 4,613 + 0,15 \times 4,613 + \frac{15 + 44}{720}$$

$$T_{a60} = 5,449 \text{ mn}$$

PHASE 70. PERCAGE - LAMAGE :

OP.	T (mn)	T <sub>c</sub> (mn)	n' K	n'' K	nbre de lots	nbre de pièces	nbre de réaffût.
701	30	0,280	107	74	10	80	10
702	30	0,528	56	39	20	40	20

Pour une série de 800 pièces nous aurons à réaliser.

30 réaffûtages, donc un temps T<sub>r</sub> (démontage, montage, réglage)

$$\underline{\text{de}} : T_r = 30 \text{ mn}$$

d'où T<sub>ai</sub> pour la phase 70.

$$T_{a70} = 3,008 + 0,15 \times 3,008 + \frac{30 + 15}{800}$$

$$T_{a70} = 3,684 \text{ mn}$$

PHASE 80 TARAUDAGE :

OP.	T (mn)	T <sub>c</sub> (mn)	n' K	n'' K	nbre de lots	nbre de pièces	nbre de réaffût.
801	30	0,206	145	101	10	100	10
802	30	0,041	731	512	2	500	2

Donc, nous aurons 12 réaffûtages pour une série de 1000 pièces.

$$\underline{\text{d'où}} \quad T_r = 12 \text{ mn}$$

$$\underline{\text{Donc}} \quad T_{a80} = 1,847 + 0,15 \times 1,847 + \frac{15 + 12}{1000} = 2,166 \text{ mn.}$$

$$T_{a80} = 2,166 \text{ mn.}$$

TABLEAU DONNANT LE NOMBRE DE MACHINES

( PREMIERE VARIANTE )

PHASE	DENOMINAT. DES PHASES	T <sub>ai</sub>	Fond nécessaire	nbre mach. the. $n_{the} = \frac{T_{rec}}{T_{ai}}$	nbre de mach. n <sub>réf 1</sub>
20	TOURNAGE	9,14	914000	3,3	4
30	FRAISAGE	11,689	1168900	4,27	5
50	TOURNAGE	5,450	545000	1,99	2
60	PERCAGE	5,449	544900	1,99	2
70	PERCAGE LAMAGE	3,684	368400	1,34	2
80	TARAUDAGE	2,166	216600	0,79	1

B) DEUXIEME VARIANTE.

PHASE 30. FRAISAGE.

$T = 180 \text{ mm}$

$T_c = 0,62 \text{ mm}$

d'ou  $n'_K = \frac{T}{T_c} = \frac{180}{0,624} = 288 \text{ pièces.}$

$n''_K = 0,75 \times 288 = 216 \text{ pièces.}$

Donc pour une série de 1000 pièces on aura  $\frac{1000}{200} = 5$  réaffûtages de la fraise, sachant que le démontage, montage et réglage de la fraise dure

10 mn en aura un temps  $T_r = 10 \times 5$

$T_r = 50 \text{ mn}$

d'où  $T_{a30}$  pour la phase 30.

$$T_{a30} = T_0 + T_g + \frac{T_e + T_f}{1000}$$

$$T_{a30} = 2,624 + 0,15 \times 2,624 + \frac{30 + 50}{1000} = 3,09 \text{ mn}$$

$$T_{a3} = 3,090 \text{ mn}$$

PHASE 50 TOURNAGE

OP.	T (mn)	T <sub>c</sub> (mn)	n <sup>i</sup> K	n <sup>f</sup> K	nombre de lots	nombre de pièces	nombre de réaffût.
501	30	0,147	209	146	1	150	20
502	90	0,086	1022	767	5	750	4
503	90	0,123	3913	2134	20	3000	1
504	90	0,059	1525	1144	8	1200	3
505	90	0,200	321	241	2	300	10
506	90	0,0396	2271	1704	12	1800	2

D'où :  $T_0 = 40 \text{ mn}$

$T_{a50}$  pour la phase 50.

$$T_{a50} = T_0 + T_g + \frac{T_e + T_f}{3000} = 6,3926 + 0,15 \times 6,3926 + \frac{20 + 40}{3000}$$

$$T_{a50} = 7,371 \text{ mn}$$

PHASE 60 FRAISAGE

$$T = 180 \text{ mm}$$

$$T_a = 3,11 \text{ mm}$$

$$n_H = \frac{T}{T_a} = \frac{180}{3,11} = 58 \text{ pièces}$$

$$n_H^* = 0,70 \times 58 = 40 \text{ pièces}$$

On aura donc pour une série de 1000 pièces  $\frac{1000}{40} = 25$  réaffûtages

d'où un temps

$$T_{a60} = 250 \text{ min}$$

$$T_{a60} = 4,61 + 0,15 \times 4,61 + \frac{250 \cdot 30}{1000} = 5,580 \text{ mn}$$

$$T_{a60} = 5,580 \text{ mn}$$

Les autres phases sont identiques à celles de la première variante.

TABLEAU DONNANT LE NOMBRE DE MACHINE.

( 'DEUXIEME VARIANTE' )

PHASE	DENOMINATION DES PHASES	$T_{ai}$ (mn)	FOND NECESSAI.	NBRE DE MACH. THEORIQUE. $F_{th} = \frac{F_{ned}}{F_d}$	NBRE DE MACH. REEL. $m_{réel. i}$
20	TOURNAGE	9,14	914000	3,3	4
30	FRAISAGE	3,09	309000	1,13	2
50	TOURNAGE	7,371	737100	2,69	3
60	FRAISAGE	5,58	558000	2,03	3
70	PERCAGE	5,449	544900	1,99	2
80	PERCAGE	3,684	368400	1,34	2
90	TARAUDEGE	2,166	216600	0,79	1

## 2) SURFACES ET EMBLACEMENT DES MACHINES.

Connaissant le nombre de machine nécessaire à l'exécution du produit demandé, nous allons calculé 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 totale pour l'emplacement des machines est égale à la somme de trois surfaces partielles.

Surface statique, surface de gravitation et surface d'évolution.

a) surface statique : elle se calcule en fonction des dimensions.

des machines outils :

$$S_s = L \times l$$

L = Longueur maximale de la machine

l = largeur maximale de la machine

b) 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 cotes (C) à partir desquels la machine doit être desservie.

$$S_g = S_s \times C$$

c) 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 statiques et de gravitation, multiplié par un coefficient K, dépendant des particularités de processus de fabrication.

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

La surface totale occupée par une machine outil ou par un poste de contrôle ou par un poste d'ébavurage (i) se calcule par la relation :

$$S_i = S_s + S_g + S_e$$

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

$$S_{tj} = m_j ( S_s + S_g + S_e )$$

La surface totale occupée par la ligne technologique est :

$$S_t = \sum S_{tj} = \sum m_j ( S_s + S_g + S_e )$$

Nous donnerons deux cas d'emplacement des machines pour chaque variante.

Nous établirons pour chacune des deux variantes un tableau donnant les différentes surfaces pour chaque groupe de machines outils et les différents postes de contrôle et d'ébavurage.

Nous devons ajouter à ces surfaces, les surface des zones réservées au transport des pièces. L'emplacement des machines dépend du mode de transport adopté.

PREMIERE VARIANTE

SURFACES.

PHASE	$S_s$	$K_d$	$S_g$	$S_e$	$S_j$	$m_j$	$S_{tj}$
20	2,38	1	2,38	0,95	5,71	4	22,84
30	3,78	1	3,78	1,51	9,07	5	45,35
40	3,80	4	15,2	3,80	22,8	1	22,8
50	2,38	1	2,38	0,95	5,71	2	11,42
60	0,98	1	0,98	0,40	2,36	2	4,72
70	0,98	1	0,98	0,40	2,36	2	4,72
80	0,98	1	0,98	0,40	2,36	1	2,36
90	3,80	4	15,2	3,80	22,8	1	22,8
100	3,80	4	15,2	3,80	22,8	1	22,8

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

$$S_t = 159,77 \text{ m}^2$$

DEUXIEME VARIANTE

SURFACES

PHASES	$S_s$	$K_d$	$S_g$	$S_e$	$S_j$	$m_j$	$S_{tj}$
20	2,38	1	2,38	0,95	5,71	4	22,84
30	3,78	1	3,78	1,51	9,07	2	18,14
40	3,80	4	15,2	3,80	22,8	1	22,8
50	2,38	1	2,38	0,95	5,71	3	17,13
60	3,78	1	3,78	1,51	9,09	3	27,21
70	0,98	1	0,98	0,40	2,36	2	4,72
80	0,98	1	0,98	0,40	2,36	2	4,72
90	0,98	1	0,98	0,40	2,36	1	2,36
100	3,80	4	15,2	3,80	22,8	1	22,8
110	3,80	4	15,2	3,80	22,8	1	22,8

Surface totale  $S_t$  occupée par les machines outils et les postes de contrôle et d'ébavurage :

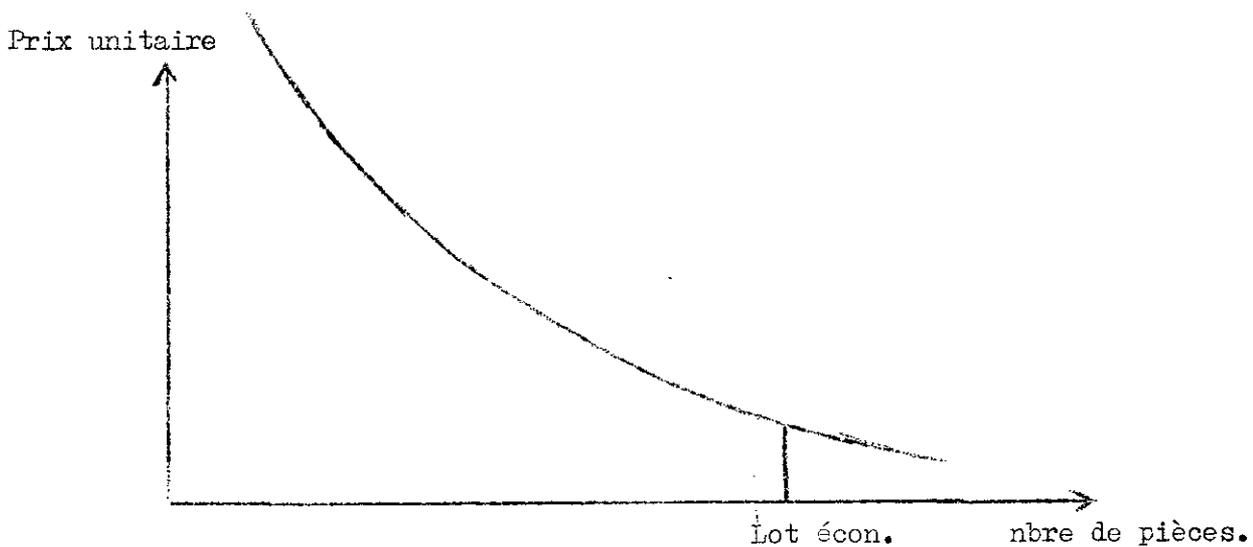
$$S_t = 165,48 \text{ m}^2$$

CHAPITRE V -

LOT ECONOMIQUE, TRANSPORT ET STOCK

1°) Lot Economique

Il ne faut pas penser que nous pouvons augmenter indéfiniment la série, car le gain ne lui est pas directement proportionnel. Nous allons tracer à ce sujet la courbe du prix unitaire par nombre de pièces qui va nous renseigner.



En ordonnée nous portons le prix par pièce, en abscissé le nombre de pièces. On voit qu'à partir du lot économique, il n'est pas intéressant d'augmenter la série car le prix unitaire ne diminue qu'en de faibles proportions.

CALCUL DU LOT ECONOMIQUE.

A ) Première variante.

$N_{eff}$  = quantité annuelle de pièces à fabriquer.

on a vu dans le chapitre précédent que  $N_{eff} = 100000$  pièces/an.

$F_n$  = Fond nominal

$$F_n = Z_o \times K_s \times h - \Psi$$

$Z_0 = 300$  jours ouvrables

$K_R = 2$  équipes

$h = 8$  h/équipe

$V_p = 0$  perte due à la réduction du travail avant les fêtes.

$$F_n = 300 \times 2 \times 8 = 4800 \text{ heures.}$$

$r =$  rythme moyen de fabrication.

$$r = \frac{F_n}{N_{\text{eff}}} = \frac{4800 \times 60}{100000}$$

$$r = 2,88 \text{ mm / pièce}$$

Calcul du lot économique :  $n_1$

$$n_1 = \sqrt{\frac{2 \times N_{\text{eff}} \times D_1}{(C_{m1} + A_1) \times E \cdot \gamma}}$$

$D_1 =$  Dépense dépendant de la grandeur du lot, elle se calcul par la relation suivante :

$$D_1 = B_1 + C_1$$

$B_1 =$  coût de la préparation des machines.

$$B_1 = \left( \sum m_i \times T_{pi} \times \frac{S_i}{60} \right) \times K$$

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

$T_{pi} =$  temps de préparation et d'entretien.

$m_i =$  nombre de machines outils de la phase (i)

$$B_1 = \left[ (6 \times 30) \frac{5,35}{60} + (5 \times 40) \frac{5,90}{60} + (5 \times 25) \frac{4,8}{60} \right] \times 1,15$$

$$B_1 = 52,68 \text{ DA}$$

C<sub>1</sub> = Dépense dépendant de la grandeur du lot relatif au fonctionnement et à l'entretien des machines.

$$C_1 = \sum_i m_i \times T_{pi} \times \frac{S_i}{60}$$

$$C_1 = ( 6 \times 30 + 5 \times 40 + 5 \times 25 ) \times \frac{5}{60}$$

$$C_1 = 42,08 \text{ DA}$$

d'ou:

$$D_1 = B_1 + C_1 = 52,68 + 94,76$$

$$D_1 = 94,76 \text{ DA}$$

$\xi$  : Coefficient d'effiscience économique normal.

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

$\alpha_1$  = coefficient indiquant le nombre de lots :

$$\alpha_1 = \frac{\alpha_1}{r} \text{ avec } \alpha_1 = \sum_i \frac{T_{ai}}{m_i \times K_i}$$

r = rythme moyen de fabrication = 2,88 m /pièce

T<sub>ai</sub> = temps d'exécution par poste de travail (i)

m<sub>i</sub> = nombre de machine outil de la phase (i)

K<sub>i</sub> = coefficient moyen de norme de temps pour l'entreprise

K<sub>i</sub> = ,1 quelquesoit i

$$\alpha_1 = \frac{9,140}{4} + \frac{11,689}{5} + \frac{5,450}{2} + \frac{5,449}{2} + \frac{3,684}{2} + \frac{2,166}{1}$$

$$\alpha_1 = 14,13$$

$$\chi_1 = \frac{S_{m1}}{r} = \frac{14,13}{2,88} = 4,90$$

$$\underline{\chi_1 = 4,90}$$

d'où le lot économique pour la première variante :

$$n_1 = \sqrt{\frac{2 \times 100.000 \times 94,76}{(4 + 19,78) \times 0,2 \times 4,9}} = 901 \text{ Pièces.}$$

nous prendrons un lot économique de :

$$n_1 = 1000 \text{ Pièces.}$$

$A_1$  = dépense indépendante de la grandeur du lot.

$$A_1 = C_{m1} + C_{s1} + C_{ind1} + C_{am1}$$

$C_{m1}$  = coût de la matière première ( pièce provenant de fonderie) le prix d'une pièce provenant de fonderie est : 2 DA le Kg.

Le poids de la pièce étant de 2 Kg donc :

$$C_{m1} = 2 \times 2 = 4 \text{ DA.}$$

$C_{s1}$  = coût de la main d'oeuvre directe

pour cela nous devons tenir compte du temps nécessaire à l'exécution d'une pièce de la catégorie à laquelle appartiennent les ouvriers.

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

$$C_{s1} = \sum_i S_i \times \left( \frac{T_{pi}}{n_i} + T_{ef_i} \right)$$

or :  $\frac{T_{pi}}{n_i} + T_{ef_i} = T_{ai}$

$S_i$  = salaire horaire pour la catégorie (i)

$T_{ai}$  = temps d'exécution de la pièce par un ouvrier de la catégorie (i).

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

Catégorie I : Perçage  $S = 4,85$  DA/h

Catégorie II: Tournage  $S = 5,35$  DA/h

Catégorie III: Fraisage  $S = 5,90$  DA/h

$$C_{s1} = \frac{5,35}{60} (9,14 + 5,450) + \frac{5,90}{60} (11,689) + \frac{4,85}{60} (5,449 + 3,684 + 2,166)$$

$$\underline{C_{s1} = 3,39 \text{ DA.}}$$

$C_{ind1}$  = frais fixes ( le loyer, l'intérêt du capital engagé, les impôts sur le capital, les assurances etc...)

Les frais fixes s'expriment par un pourcentage du coût de la main d'oeuvre :  $R = 250\%$

$$C_{ind1} = C_{s1} \times R = 250\% \text{ de } 3,39.$$

$$\underline{C_{ind1} = 8,13 \text{ DA}}$$

$C_{am1}$  = amortissements et dépenses pour réparations des machines.

$$C_{am1} = \sum_i T_{bi} \times C_{mri}$$

$$\text{avec : } C_{mri} = \frac{V_i \cdot \left( \frac{1}{a} + R_m \right)}{N_i}$$

$N_i$  = durée de fonctionnement des machines en mn/an

$$N_i = \frac{T_{bi}}{n_i} \times N_{\text{eff.}}$$

$R_m = 5\%$  dépense pour réparations.

$a = 5$  années, durée d'amortissement.

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

Perceuse 91200 DA

Fraiseuse 134000 DA

Tour 130000 DA

en remplaçant  $N_i$  par son expression dans  $C_{mri}$ , nous avons :

$$C_{mri} = n_i \cdot V_i \times \frac{\left(\frac{1}{a} + R_m\right)}{T_{bi} \times N_{\text{eff}}}$$

d'ou: 
$$C_{\text{am1}} = \frac{\sum n_i \times V_i}{N_{\text{eff}}} \left(\frac{1}{a} + R_m\right)$$

soit un amortissement annuel de :

$$C_{\text{am1}}/\text{an} = \frac{\sum n_i \cdot V_i \cdot \left(\frac{1}{a} + R_m\right)}{N_{\text{eff}}}$$

$$C_{\text{am1}}/\text{an} = \left(\frac{1}{5} + \frac{5}{100}\right) \cdot (6 \times 130000 + 5 \times 134000 + 5 \times 91200)$$

$$\underline{C_{\text{am1}}/\text{an} = 426000 \text{ DA.}}$$

$$C_{am1} = (6 \times 130000 + 5 \times 134000 + 5 \times 91200) \cdot \left( \frac{1}{5} + \frac{5}{100} \right) \times \frac{1}{100000}$$

$$\underline{C_{am1} = 4,26 \text{ DA}}$$

D'où:  $A_1 = C_{m1} + C_{s1} + C_{ind1} + C_{am1}$

$$A_1 = 3,39 + 8,13 + 4 + 4,26 = 19,78 \text{ DA.}$$

$$A_1 = 19,78 \text{ DA}$$

B ) Deuxième variante.

Calcul du lot économique :

$$n_2 = \sqrt{\frac{2 \times N_{eff} \times D_2}{(C_{m2} + A_2) \epsilon \times r_2}}$$

$$A_2 = C_{m2} + C_{s2} + C_{nd2} + C_{am2}$$

$$C_{m2} = C_{m1} = 2 \times 2 = 4 \text{ DA}$$

$$\underline{C_{m2} = 4 \text{ DA.}}$$

$$C_{s2} = \sum_i S_i \cdot T_{ai}$$

$$C_{s2} = \frac{5,35}{60} (9,14 + 7,371) + \frac{5,90}{60} (3,09 + 5,58) + \frac{4,85}{60} (5,449 + 3,684 + 2,166)$$

$$\underline{C_{s2} = 3,12 \text{ DA.}}$$

$$C_{ind2} = 250\% \text{ de } C_{s2} = 250\% \text{ de } 3,12$$

$$\underline{C_{ind2} = 7,8 \text{ DA.}}$$

$$C_{am2}/an. = \left( \frac{1}{5} + \frac{5}{100} \right) \cdot (7 \times 130000 + 5 \times 134000 + 5 \times 91200)$$

$$\underline{C_{am2}/an. = 475000 \text{ DA.}}$$

$$\underline{C_{an2} = 4,75 \text{ DA.}}$$

d'où:

$$A_2 = C_{m2} + C_{s2} + C_{ind2} + C_{am2} = 4 + 3,12 + 7,8 + 4,75$$

$$\boxed{A_2 = 19,67 \text{ DA.}}$$

Calcul de D<sub>2</sub> :

$$D_2 = B_2 + C_2$$

$$B_2 = \left( \sum_i n_i \cdot T_{pi} \times \frac{S_i}{60} \right) \cdot K$$

$$B_2 = \left[ (7 \times 30) \frac{5,65}{60} + (5 \times 40) \frac{5,90}{60} + (5 \times 25) \frac{4,85}{60} \right] \times 1,15$$

$$\underline{B_2 = 56,96 \text{ DA.}}$$

$$C_2 = \sum_i n_i \times T_{pi} \times \frac{S_i}{60}$$

$$C_2 = (7 \times 30 + 5 \times 40 + 5 \times 25) \cdot \frac{5}{60}$$

$$\underline{C_2 = 44,50 \text{ DA.}}$$

D'où:  $D_2 = B_2 + C_2 = 56,96 + 44,50$

$$\boxed{D_2 = 101,46 \text{ DA.}}$$

$$\xi = 0,20$$

$$\alpha_2 = \frac{\alpha_2}{r} \text{ avec } \alpha_2 = \sum_i \frac{T_{ai}}{n_i \cdot K_i}$$

$$\alpha_2 = \frac{9,14}{4} + \frac{3,09}{2} + \frac{7,371}{3} + \frac{5,58}{3} + \frac{5,449}{2} + \frac{3,684}{2} + \frac{2,166}{1}$$

$$\underline{\alpha_2 = 14,74}$$

$$x_2 = \frac{a_2}{r} = \frac{14,74}{2,88} = 5,12$$

$$\underline{x_2 = 5,12}$$

D'où le lot économique  $n_2$ .

$$n_2 = \sqrt{\frac{2 \times 100000 \times 101,46}{(4 + 19,67) \times 0,2 \times 5,12}}$$

$$n_2 = 914 \text{ Pièces.}$$

on prend:

$$n_2 = 1000 \text{ Pièces}$$

## 2) Transport des pièces :

pour alimenter les différents postes de travail en pièces semi-fabriquées, nous devons étudier un mode de transport qui s'adaptera à l'emplacement de la ligne considérée. Ce transport se fait par lot de pièces, appelé lot de transport qui est en sous multiple du lot économique.

### 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. les déplacements à vide du pont roulant sont évités.

Cependant on réalise un gain de temps et d'énergie pour ce procédé nous aurons un seul magasin pour l'approvisionnement et le stockage.

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 par et d'autre de la bande. les caisses contenant les pièces à usiner, et portant des inscriptions ou bien pointées en différentes couleurs sont à cheminées vers leurs postes respectifs. le lot de transport est réduit en raison de la masse des pièces.

Pour ce genre de transport nous devons prévoir deux magasins l'un pour le stockage l'autre pour le réapprovisionnement.

Transport des pièces par chariot :

Ce mode de transport est utilisé pour les deux types d'emplacement. Le nombre de pièces à transporter est réduit aux efforts que peut effectuer l'ouvrier transporteur pour travailler dans des conditions normales.

Cependant les temps de transport augmentent mais nous évitons toute installation de dispositif spécial. C'est ce mode de transport que nous utiliserons.

3 ) STOCK :

Les stocks des pièces constituent dans les entreprises, 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. Les stocks doivent constituer des réservoirs pour la compensation des différences entre la production et l'utilisation.

- APPROVISIONNEMENT:

Pour l'approvisionnement, il est avantageux de laisser le magasin procéder lui-même, au lancement de la première demande d'achat en lui indiquant le chiffre K des sorties moyennes.

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.

SOIT: N = nombre de pièces à réapprovisionner.

$$N = \frac{N_{\text{eff}}}{4} = \frac{\text{nbre de pièces à fournir par an}}{\text{nbre de réapprovisionnement par an}}$$

---

$$N = 25000 \text{ Pièces}$$

---

STOCK MINIMUM:

II 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 des en fonction du rythme de fabrication.

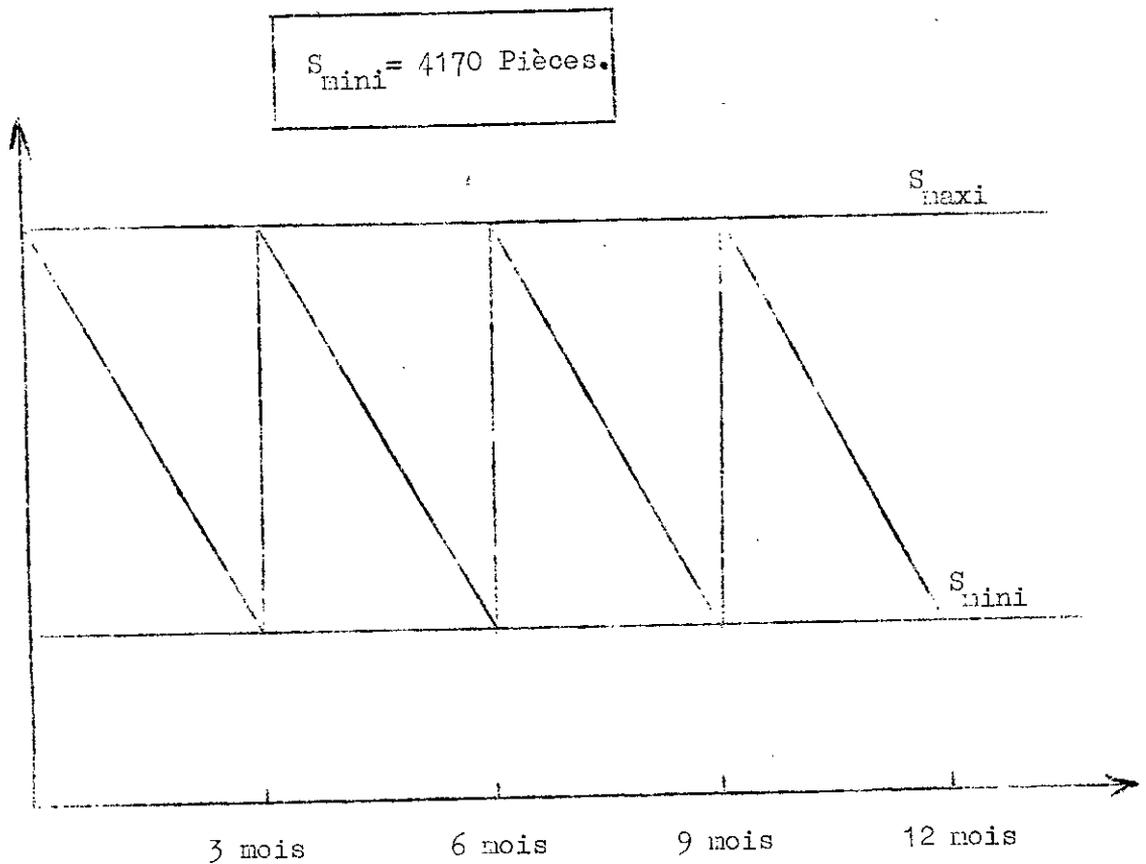
La fixation et le respect du stock sont les seuls moyens d'assurer la couverture et de déclencher le renouvellement d'une commande. Le maintien en équilibre d'un stock oblige à réviser ce stock méthodiquement, à des intervalles réguliers.

Le stock minimum est fonction de la moyenne des sorties et du délai.

$K =$  moyenne des sorties  $= 25000$  pièces/trimestre  $= 8340$  pièces/mois.

$d =$  délai  $= \frac{1}{2}$  mois

$S_{\text{mini}} = K \cdot d = 8340 \times \frac{1}{2} = 4170$  Pièces.



$$S_{\text{noy}} = \frac{S_{\text{maxi}} + S_{\text{mini}}}{2} = \frac{25000 + 4170}{2}$$

$S_{\text{noy}} = 14585$  Pièces.

DEPENSES ET CAPACITES DE PRODUCTION.

1. Calcul des dépenses:

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

a). Dépenses directes: ( $C_d$ )

Ces dépenses directes comprennent :

- les frais généraux variables ( $C_{ri}$ ) qui sont proportionnels au rythme de la fabrication, sont constitués par :

\* Les salaires de la main d'oeuvre indirecte c'est à dire celle qui ne participent pas directement à l'exécution de la pièce ( graisseur, réaffuteur des outils etc... ).

\* Les charges sociales ( médecine, cantine etc... )

\* Le coût de l'eau, de l'énergie, etc...

\* Les frais de transport ( matière, outillage etc... )

\* Les fournitures indirectes ( lubrifiants, chiffons, etc... )

\* Les frais d'administration.

- Les salaires de la main d'oeuvre qui entrent directement dans la fabrication : ( $C_s$ ) .

$$C_d = C_r + C_s$$

avec: 
$$C_r = \frac{R_d}{60} \times \sum_i S_i \times T_{bi}$$

$R_d = 50\%$  = Pourcentage donnant les frais généraux variables.

$C_s$  = Déjà calculé au chapitre V.

b). Dépenses indirectes: ( $C_i$ )

Se sont les frais généraux fixes, ils comprennent:

- L'amortissement des machines, de l'outillage, des montages d'usinages ect...

Dans le cas de notre étude, nous nous limiterons à l'amortissement des machines outils ( $C_{am/an}$ ) car pour l'amortissement de l'outillage, des montages d'usinages ect... est le même pour les deux variantes.

- Les frais dûs au loyer, l'intérêt du capital engagé, les impôts sur le capital ect... ( $C_{ind/an}$ )

$$C_i = C_{am/an} + C_{ind/an}$$

c). Dépense totale: ( $C_t$ )

$$C_t = n \times (C_d + C_m) + C_i$$

$C_m$  = coût de la matière.

A). Première variante:

a). Dépenses directes:

- Frais généraux variables:

$$C_{r1} = \frac{R_d}{60} \times \sum_i S_i \cdot T_{bi}$$

$$C_{r1} = \frac{50}{100 \cdot 60} [5,90 \cdot (9,843) + 5,35 \cdot (7,9045 + 4,813) + 4,85 \cdot (4,613 + 3,008 + 1,847)]$$

$$C_{r1} = 1,43 \text{ DA}$$

- Main d'oeuvre directe: (Voir chapitre V)

$$C_{s1} = 3,39 \text{ DA}$$

D'où:  $C_{d1} = C_{r1} + C_{s1} = 1,43 + 3,39 = 4,82$

$$C_{d1} = 4,82 \text{ DA}$$

b). Dépenses indirectes:

- Amortissement des machines: ( voir chapitre V).

$$C_{am1/an} = 426000 \text{ DA}$$

- Loyer, impôts etc...:

ils ont été déjà calculés précédemment par pièce au chapitre V, pour une série de 100.000 pièces nous aurons :

$$\begin{aligned} C_{\text{ind1/an}} &= C_{\text{ind 1}} \times 100000 \\ &= 8,13 \times 100000 \end{aligned}$$

$$C_{\text{ind1/an}} = 813.000 \text{ DA}$$

d'où:

$$C_{i1} = 426000 + 813000 = 1.239.000 \text{ DA}$$

$$C_{i1} = 1.239.000 \text{ DA}$$

C ) Dépense totale :

$$C_m = 4 \text{ DA}$$

$$C_{t_1} = n (4,82 + 4) + 1.239.000$$

$$C_{t_1} = 8,82 \times n + 1.239.000$$

soit un prix unitaire de :

$$C_{p1} = 8,82 + \frac{1.239.000}{n}$$

B) Deuxième variante :

a) Dépenses directes:

- frais généraux variables :

$$C_{n2} = \frac{50}{100.60} \left[ 5,90 (2,624 + 4,61) + 5,35 (7,9045 + 6,3926) + 4,85(4,613 + 3,008 + 1,847) \right]$$

$$C_{r2} = 1,37 \text{ DA}$$

- main d'oeuvre directe :

$$C_{s2} = 3,12 \text{ DA}$$

d, où :

$$C_{d2} = 3,12 + 1,37 = 4,49 \text{ DA}$$

$$C_{d2} = 4,49 \text{ DA}$$

b) Dépenses indirectes :

- Amortissement des machines.

$$C_{an2/an} = 475 \text{ 000 DA}$$

- Loyer, impôts etc... :

$$C_{ind2/an} = 7,8 \times 100000 = 780000 \text{ DA.}$$

$$C_{\text{ind2/an}} = 780.000 \text{ DA}$$

d'où :

$$C_{i2} = 475000 + 780000 = 1.255.000 \text{ DA}$$

$$C_{i2} = 1.255.000 \text{ DA}$$

C ) Dépenses totale :

$$C_m = 4. \text{ DA}$$

$$C_{t2} = n. (4,49 + 4) 1.255.000$$

$$C_{t2} = 8,49 \times n + 1.255.000$$

soit un prix unitaire :

$$C_{p2} = 8,49 + \frac{1.255.000}{n}$$

2) comparaison des dépenses :

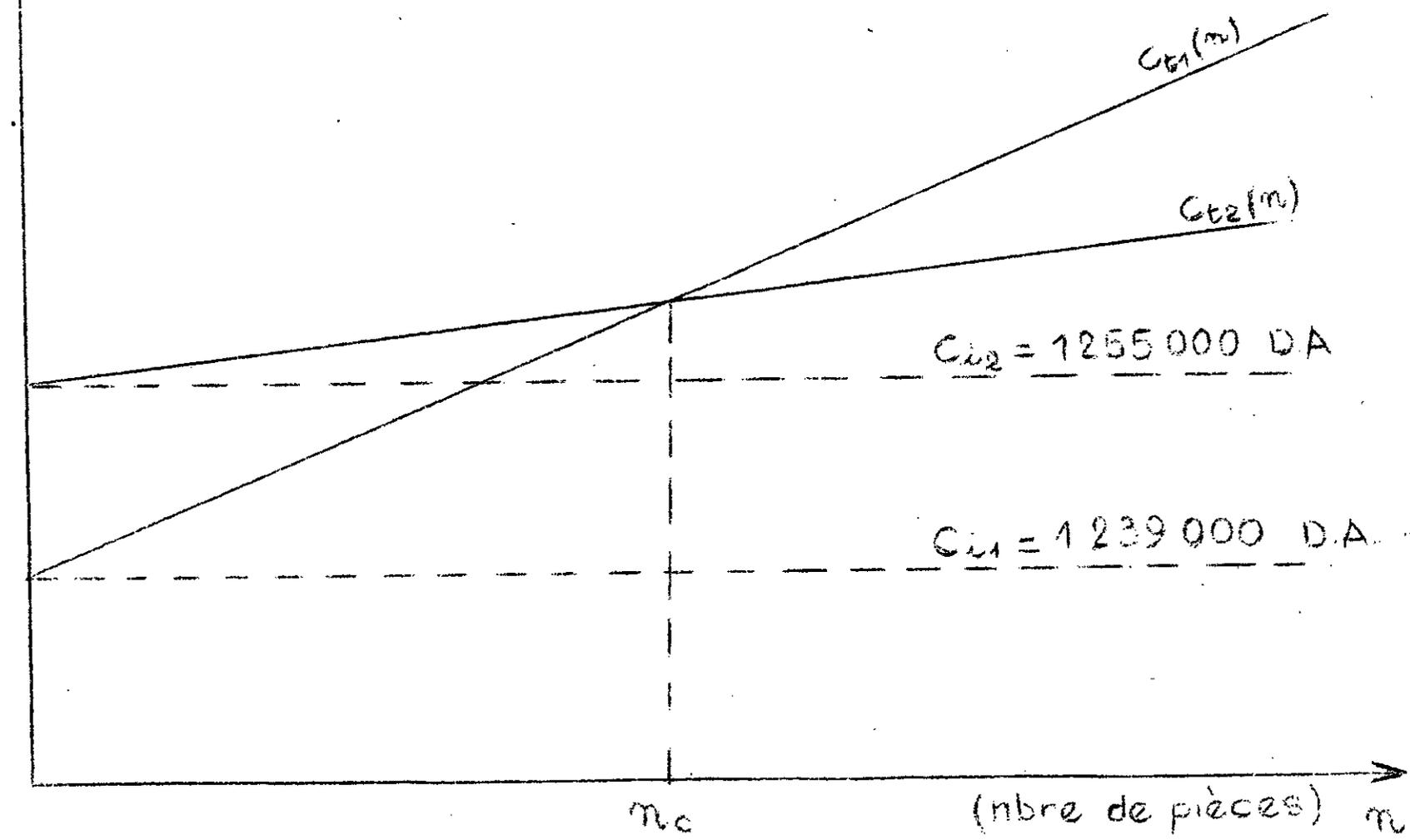
Les dépenses totales dépendent de la grandeur de la série de pièces à produire.

Pour trouver le point critique  $n_c$ , nous devons résoudre le système d'équations:

$$C_{t1} = 8,82. n + 1.239.000$$

$$C_{t2} = 8,49. n + 1.255.000$$

$C_t$  (Dépenses)



$C_{t2} = 1255000 \text{ D.A.}$

$C_{t1} = 1239000 \text{ D.A.}$

$m_c$

(nbre de pièces)  $m$

le point critique ne correspond sur le graphique à l'intersection des 2 droites  $C_{t_1}(n)$  et  $C_{t_2}(n)$ .

$$8,82 n_c + 1.239.000 = 8,49 n_c + 1.255.000$$

$$\text{soit : } n_c = \frac{1.255.000 - 1.239.000}{8,82 - 8,49} = \frac{16000}{0,33} = 48487$$

$$n_c = 48484 \text{ Pièces}$$

en analysant ce graphique, on déduit les deux caractéristiques suivantes :

- Pour une production inférieure à la production critique :

la première variante c'est à dire la première gamme est plus économique que l'autre.

Pour une production supérieure à la production critique.

La deuxième gamme se trouve mieux adaptée du fait que le prix de revient est moins élevé que celui de la première variante.

Dans notre cas, la production est de 100.000 pièces/an. Il est donc plus avantageux d'adopter la deuxième variante malgré ces dépenses indirectes élevées car nous pouvons réaliser une économie sur les dépenses totales de :

$$E = C_{t_1} - C_{t_2} \quad \text{pour } n = 100.000 \text{ pièces}$$

$$C_{t_1} = 8,82 \cdot 100000 + 1.239.000 = 2.121.000 \text{ DA}$$

$$C_{t_2} = 8,49 \cdot 100000 + 1.255.000 = 2.104.000 \text{ DA}$$

soit une économie de :

$$E = 17000 \text{ DA}$$

Le prix unitaire de la pièce pour chacune des deux variantes est :

$$C_{P1} = 8,82 + \frac{1.239.000}{100.000} = 21,21 \text{ DA}$$

$$C_{P1} = 21,21 \text{ DA}$$

$$C_{P2} = 8,49 + \frac{1255000}{100000} = 21,04 \text{ DA}$$

$$C_{P2} = 21,04 \text{ DA}$$

### 3 ) CALCUL DES CAPACITES

Nous allons calculés les capacités de régimes et techniques pour chacune des deux variantes et par groupe de machines;

La capacité de régime se déterminée par la relation :

$$C_{pri} = \frac{F_d}{T_{ai}} m_i$$

$F_d$  = fond disponible

$T_{ai}$  = temps d'exécution de la phase i

$m_i$  = nombre réel de machine de la phase i

alors que la capacité technique est donnée par la formule :

$$C_{pti} = \frac{F_t}{T_{ti}} m_i$$

$T_{ti}$  = temps accordé au meilleur ouvrier = 90%  $T_{ai}$

$m_i$  = c'est le nombre réel de machine de la phase i

$F_t$  = fond technique

$$F_t = F_c (1 - \alpha) \text{ avec } F_c = Z_o \times K_s \times h$$

$F_c$  = fond maximal disponible = 365 Jours

$K_s$  = 2 équipes

$h$  = 8 heures/équipe

$\alpha$  = 5% coefficient de réparation

Nous allons dresser des tableaux donnant les capacités de régime et technique en fonction des temps  $T_{ti}$  et  $T_{ai}$ .

Nous représenterons graphiquement ces capacités par phase ou par groupe de machines.

- CALCUL DE  $F_t$  :

$$F_c = 365 \times 2 \times 8 = 5840 \text{ h/an}$$

$$\text{d'où : } F_t = 5840 \left( 1 - \frac{5}{100} \right) = 5548 \text{ h/an}$$

$$F_t = 332880 \text{ mn/an}$$

Nous savons d'après le chapitre IV que  $F_d = 273600 \text{ mn/an}$ .

TABLEAUX DONNANTS LES CAPACITES DE REGIME ET TECHNIQUES

( PREMIERE VARIANTE )

PHASE	DESIGNATION	$T_{ai}$ (mm)	$T_{ti}$ (mm)	$n_i$	$C_{pri}$	$C_{pti}$
20	Tournage	9,14	8,22	4	119700	161900
30	Fraisage	11,69	10,52	5	117000	158200
50	Tournage	5,450	4,90	2	100400	135800
60	Perçage	5,449	4,90	2	100400	135800
70	Perçage-lamage	3,684	3,31	2	148500	201100
80	Taroudage	2,166	1,94	1	126300	171500

( DEUXIEME VARIANTE )

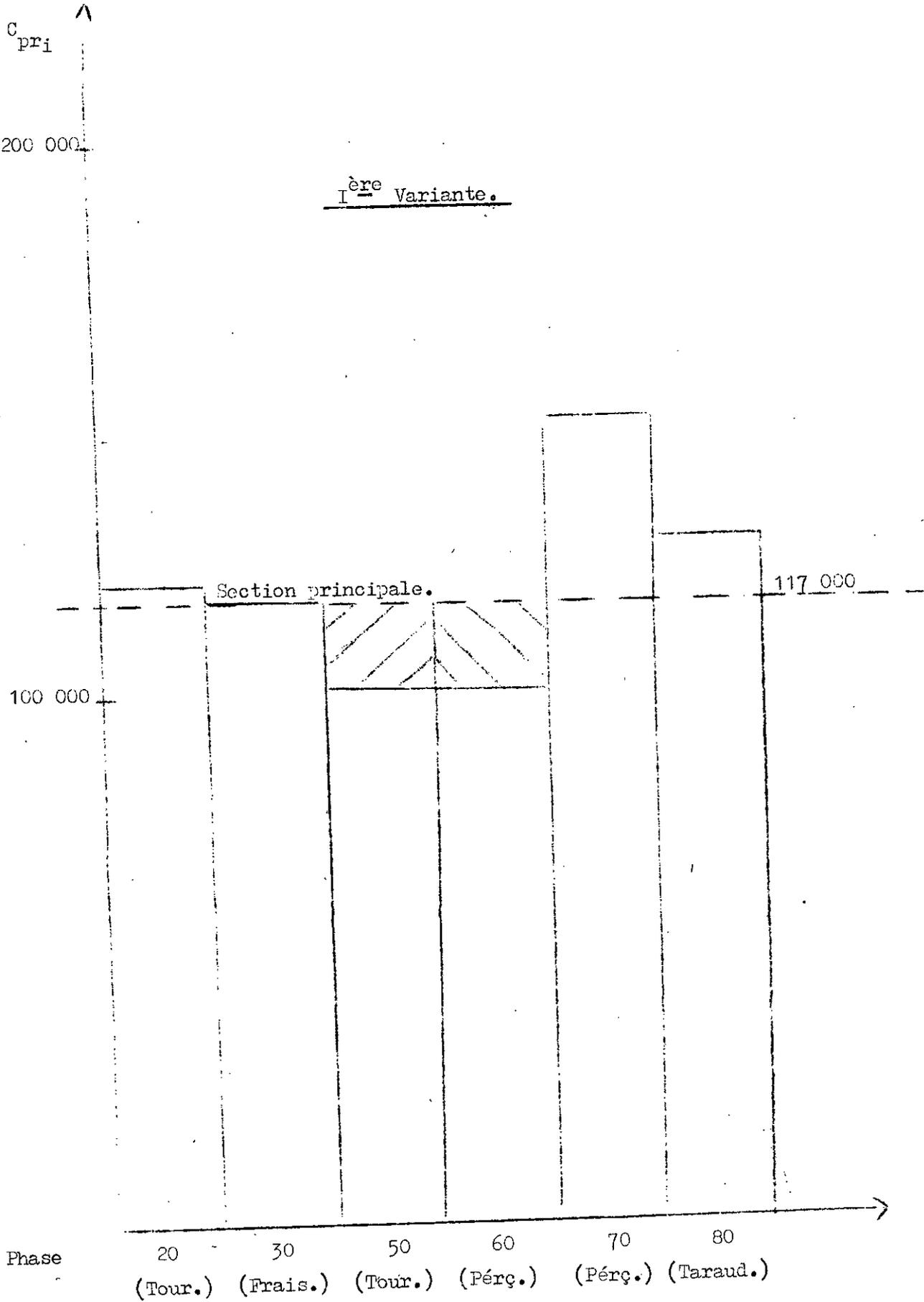
PHASE	DESIGNATION	$T_{ai}$ (mm)	$T_{ti}$ (mm)	$n_i$	$C_{pri}$	$C_{pti}$
20	Tournage	9,140	8,22	4	119700	161900
30	Fraisage	3,090	2,78	2	177000	239400
50	Tournage	7,371	6,63	3	111300	150600
60	Fraisage	5,580	5,02	3	147000	198900
70	Perçage	5,449	4,90	2	100400	135800
80	Perçage-lamage	3,684	3,33	2	148500	201100
90	Taroudage	2,166	1,94	1	126300	171500

4 ) Comparaison des capacités :

En observant les diagrammes, nous constatons que les capacités techniques et de régimes de la première variante sont plus élevées que celle de la deuxième.

donc si l'on veut une légère augmentation de la production on choisira la 1e variante.

Dans le cas d'une éventuelle augmentation de la production on choisira la première variante qui répond mieux à nos besoins.



I<sup>ère</sup> Variante.

C<sub>pti</sub> ^

I<sup>ère</sup> Variance

200 000

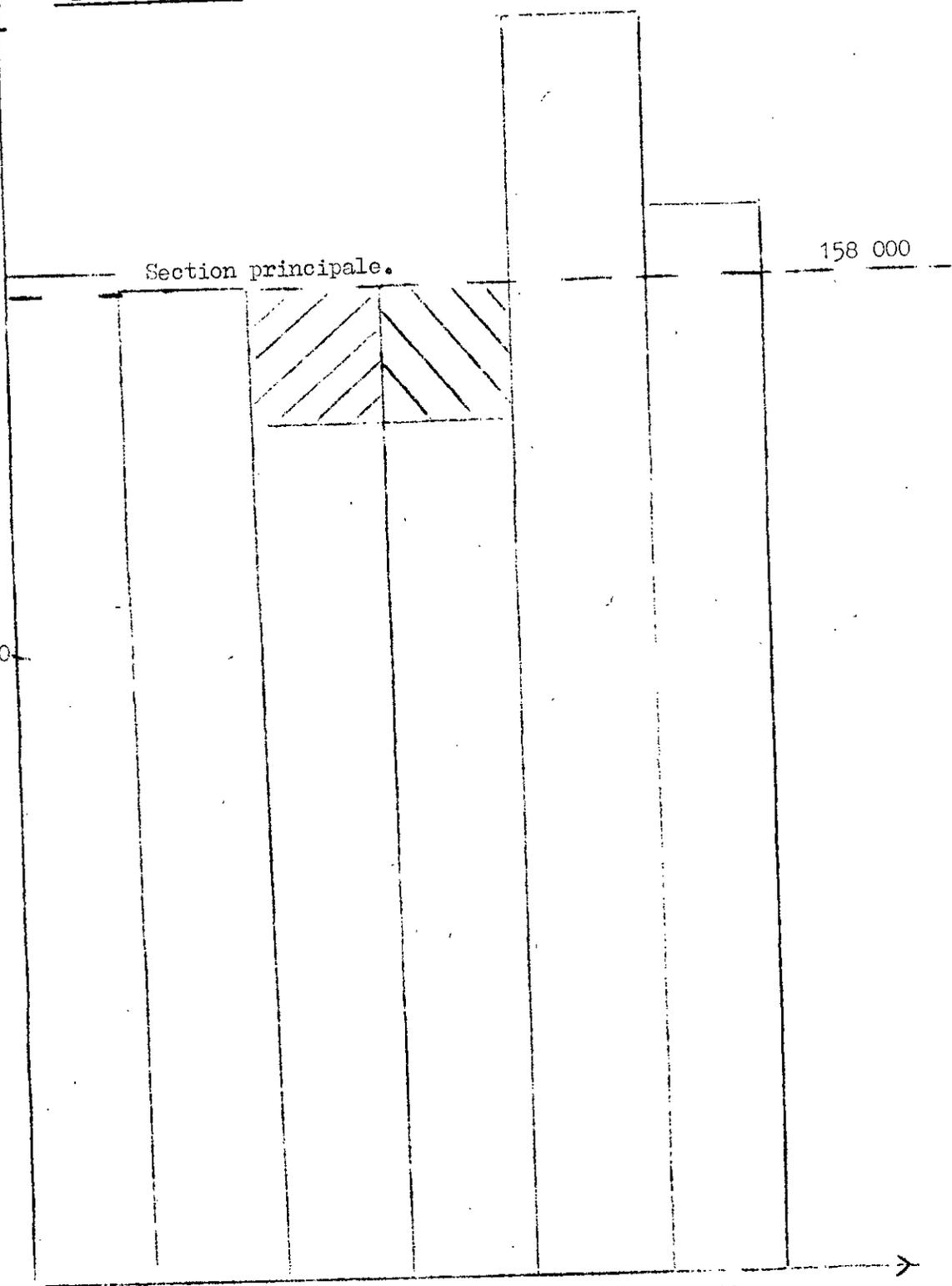
Section principale.

158 000

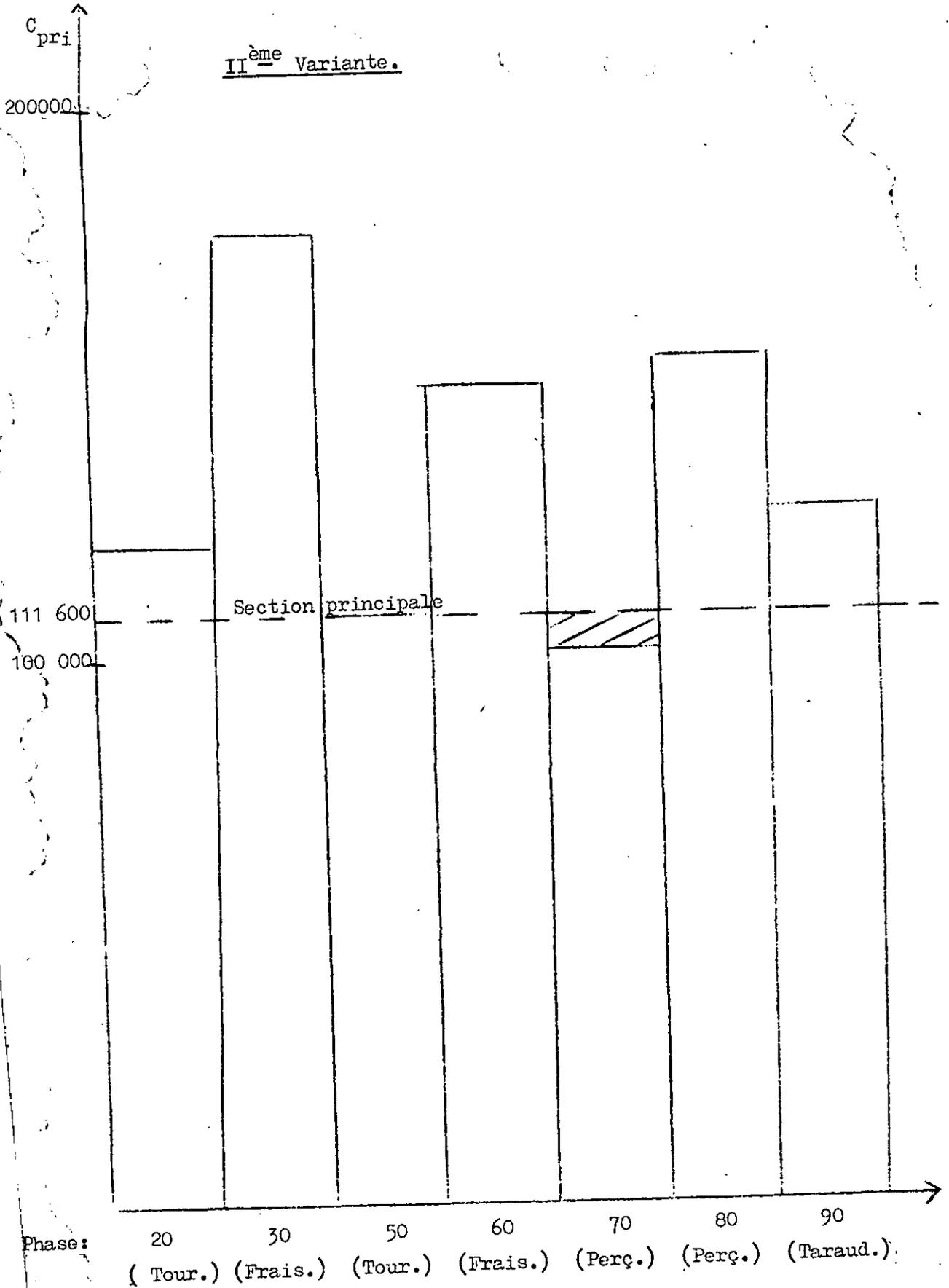
100 000

Phases

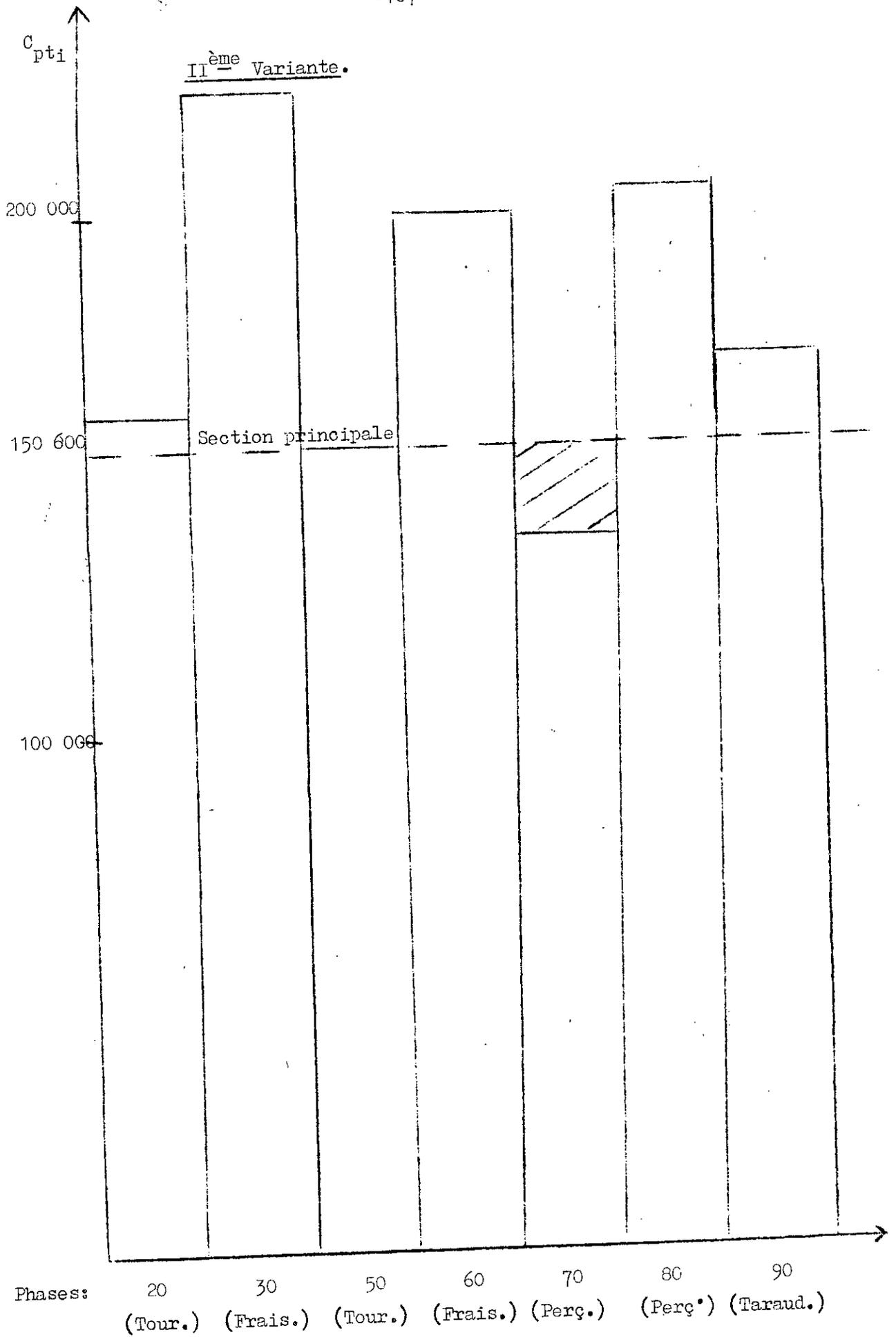
20 (Tour.) 30 (Frais.) 50 (Tour.) 60 (Perç.) 70 (Perç.) 80 (Taraud.)



II<sup>ème</sup> Variante.



Phase:



CONCLUSION.

Nous constatons à la fin de cette étude que la deuxième variante, malgré ses charges fixes( dépenses indirectes ) et sa surface d'implantation plus importantes, s'adapte mieux à une production annuelle de 100 000 pièces.

Par contre la première ligne technologique présente l'avantage d'être plus économique pour la production d'une série de pièces inférieure à la série critique.

Aussi avec sa section principale plus importante au niveau des capacités, la première gamme offre la possibilité d'augmenter la production dans le cas d'un éventuel besoin.

Enfin, pour éviter les goulots d'étranglement on ajoutera une équipe.

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

- Tournage des métaux. CHEVALIER
- Perçage, Alésage, Filottage. CHEVALIER
- Organisation des ateliers. CHEVALIER
- Gestion des stocks. PIERRE LEBAS
- Organisation d'atelier, Calcul des prix en mécanique.  
W. GAUTHEY
- Théorie et pratique des outils de coupe.  
EDOUARD BLANPAIN
- Masini unelte si prelucrari prin aschiere  
N.N. ANTONESCU
- Indrumar de laborator. T. HOMOS
- Technologia constructiei de masini  
CONSTANTIN POPOVISI

Deuxième Variante:

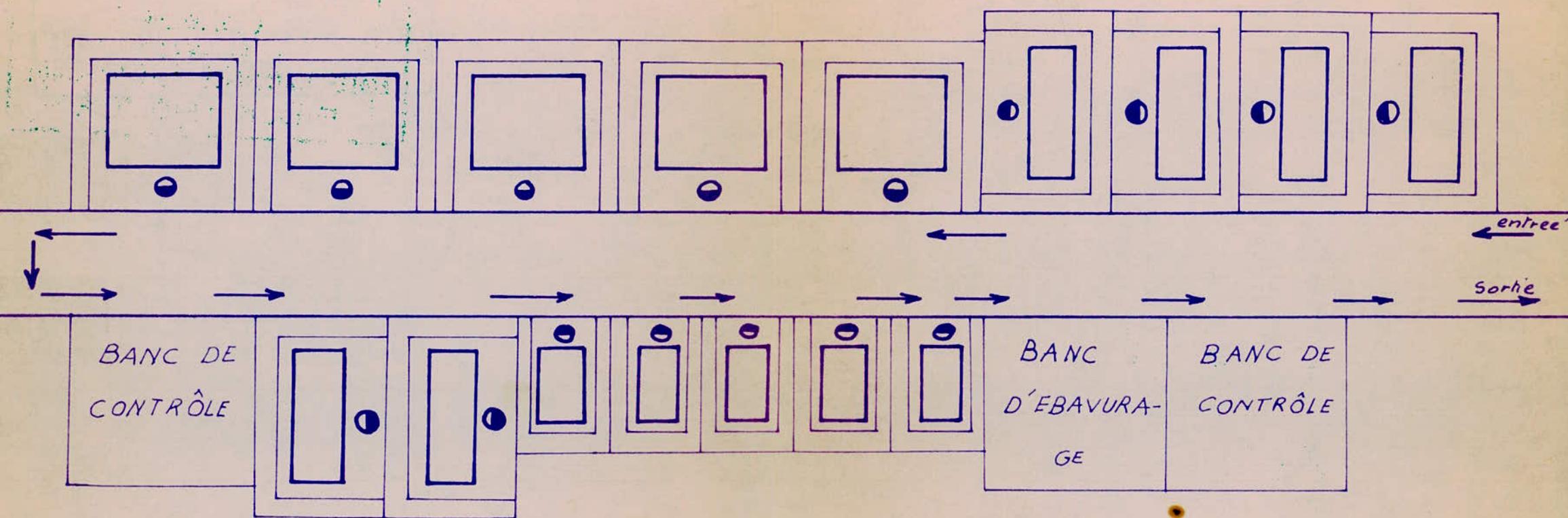
N° des Phases	Dénomination des Phases	n° des Op.	Dénomination des opérations	Croquis	Machines outils	outils	Montages	Vérifications	Profond de passe le	Avance s	Vitesse de Coupe V	T <sub>a</sub>	T <sub>c</sub>	T <sub>m</sub>	T <sub>v</sub>	
10	Contrôle															
20	Tournage	201	Perçer 5		Tour Universel	Forêt φ8 Outil à dresser les faces ext. Outil à dresser les faces int. Outil à aléser.	Mandrin à 3 mors doux avec serrage pneumatique	Jauge de profondeur  Tampon lisse φ72 HB	4	0,2	25,13	20	0,104 0,125 0,128 0,0625 0,35 0,345 0,25 0,30			
		202	dresser la face 1 ébauche.						2,5	0,5	83,44					
		203	dresser la face 4 ébauche						2,5	0,5	58,11					
		204	Aléser 3 ébauche.						2,5	0,5	71,37					
		205	dresser la face 1 finition						0,5	0,1	134,30					
		206	dresser la face 4 finition						0,5	0,1	124,09					
		207	Aléser 3 finition						0,5	0,08	113,09					
		208	Chanfreiner 2						-	-	-					
30	Fraisage	301	Surfaçage ébauche de 7 finition de 7		Fraiseuse Universelle	Fraise à 8 coupeurs rapportés φ40	Montage avec serrage pneumatique	Calibre à coulisse	2,5	250	89,72	30	0,384 2,0	3,09		
		0,5	400	140,70	0,240											
40	Contrôle															
50	Tournage	501	Perçer 11		Tour Universel	Forêt φ16 3 outils à dresser les faces. 2 outils à aléser.	Montage en équerre avec serrage pneumatique	Jauge de profondeur  Tampon lisse φ30H7	8	0,30	25,13	20	0,143 0,088 0,023 0,059 0,28 0,036 0,030			
		502	Aléser 13 ébauche						2,5	0,5	57,39					
		503	Dresser face 12 ébauche						2,5	0,5	70,68					
		504	Dresser face 12 finition						0,5	0,1	113,09					
		505	Aléser 13 finition						0,5	0,08	117,80					
		506	Dresser face 9 ébauche finition						2,5	0,5	74,61					
60	Fraisage	601	Surfaçage de 6, 6', 8 et 10		Fraiseuse universelle	Train de fraise avec 3 fraises ST φ 260, 260 et 34 ayant 36, 36 et 42 Couleurs rapportées.	Montage avec serrage pneumatique	Calibre à coulisse	3	63	130,69	30	3,11	1,50	5,58	
		0,5	0,1	119,38	0,030											
70	Perçage	701	Perçer 18, 19, 20 et 21		Perceuse	Forêt φ4,8 Forêt φ8 Forêt φ22,6 Alésoir φ23	Montage avec serrage pneumatique	Calibre à coulisse	2,4	0,15	24,12	15	0,282 0,682 0,28 0,121			
		702	Perçer M4 13						4	0,20	25,13					
		703	Perçer 11						7,3	0,29	22,71					
		704	Aléser 11						0,2	1,40	14,45					
80	Perçage Lamage	801	Perçer 22, 23 et 24		Perceuse	Forêt φ8 Fraise à lamer φ15	Montage à retournement avec serrage pneumatique		4	0,20	25,13	15	0,280 2,20	3,684		
		802	Lamer 25, 26 et 27						3,5	0,075	23,56				0,528	
90	Taroudage	901	Tarouder 18, 19, 20 et 21	Montage identique que dans la première Variante	Perceuse	Appareil à tarouder Row M4 et M10	Montage à retournement avec serrage pneumatique		0,6	1	6,03	15	0,206 0,081	1,60	2,166	
		902	Tarouder 13						1	125	10,05					
100	Ebarbage														2	
110	Contrôle														2	

Première Verinte

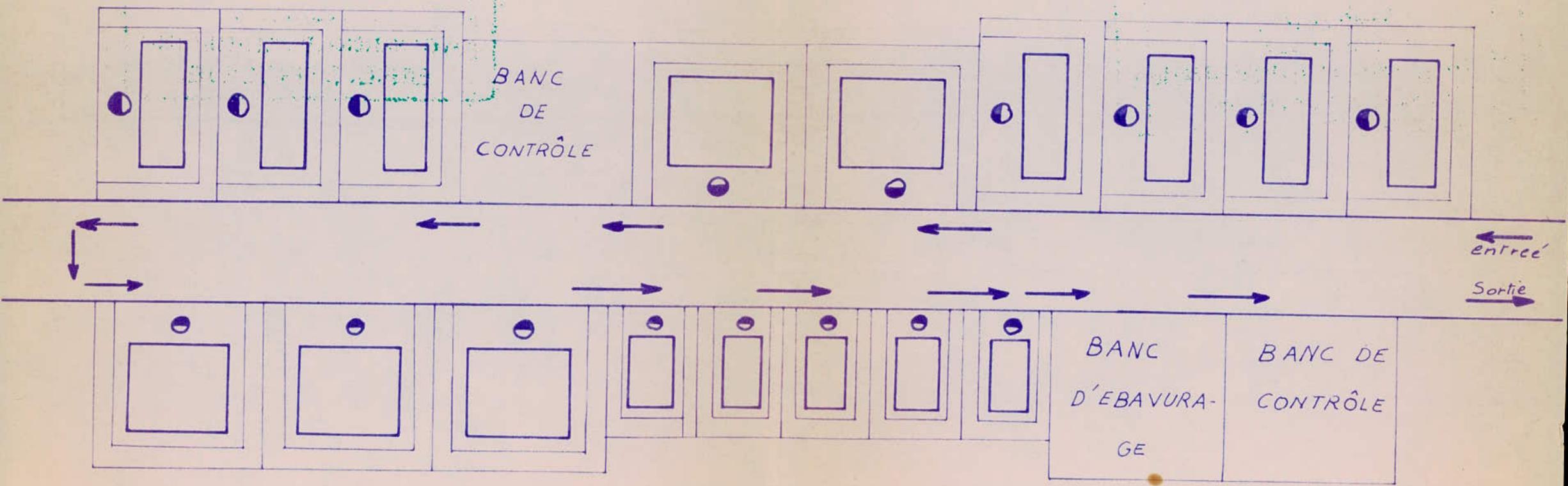
n° des Ph.	Dénomination des Phases	n° des Op.	Dénomination des opérations	Croquis	Machines outils	Montages	Vérificateurs	Profond. de passe t <sub>e</sub>	Avance s	Vitesse de Coupe V	T <sub>a</sub>	T <sub>c</sub>	T <sub>m</sub>	T <sub>tot</sub>	
10	Contrôle														
20	Tournage	201	Perçer 5		Tour Universel	Forêt Ø5 Outil à dresser les faces int. Outil à dresser les faces ext. Outil à aléser Serrage pneumatique	Mandrin 4 3 mors doux avec Serrage pneumatique	Jauge de profondeur Tampon lisse Ø72 H8	4	0,2	25,13		0,408		
		202	dresser la face 1 ébaouche						2,5	0,5	83,44		0,425		
		203	dresser la face 4 ébaouche						2,5	0,5	58,91		0,428		
		204	Aléser 3 ébaouche						2,5	0,5	71,37	20	0,0625	6,24	9,34
		205	dresser la face 1 finition						0,5	0,1	134,30		0,35		
		206	dresser la face 4 finition						0,5	0,1	124,09		0,345		
		207	Aléser 3 finition						0,5	0,08	113,09		0,25		
		208	Chanfreiner 2						-	-	-		0,30		
30	Fraisage	301	Scarpage ébaouche de 6 ébaouche de 6' ébaouche de 7 ébaouche de 8 ébaouche de 10 ébaouche de 9 finition de 9 finition de 8 finition de 10 finition de 7 finition de 6 finition de 6'		Fraiseuse Universelle	Fraise à 10 courtois rapportés Ø60 Montage à retourement à 90° avec serrage pneumatique	calibre à coulisse	2,5	160	84,82		0,406			
								2,5	160	84,82		0,25			
								2,5	160	84,82		0,687			
								2,5	250	84,82		0,264			
								2,5	160	84,82		0,562			
								2,5	250	84,82	30	0,248	5,30	4,689	
								0,5	250	84,82		0,268			
								0,5	250	84,82		0,268			
								0,5	250	133,83		0,360			
								0,5	250	133,83		0,440			
								0,5	250	133,83		0,470			
								0,5	250	133,83		0,460			
40	Contrôle													2	
50	Tournage	501	Perçer 11		Tour Universel	Forêt Ø16 2 outils à dresser les faces int. 2 outils à aléser Serrage pneumatique	Montage en Equerre avec serrage pneumatique	jauge de profondeur Tampon lisse Ø30 H7	5	0,36	25,13		0,443		
		502	Aléser 13 ébaouche						2,5	0,5	57,39		0,058		
		503	Dresser face 12 ébaouche						2,5	0,5	70,68	20	0,023	4,22	5,45
		504	Dresser face 12 finition						0,5	0,1	113,09		0,059		
		505	Aléser 13 finition						0,5	0,08	117,80		0,28		
60	Perçage	601	Perçer 18, 19, 20 et 21		Perçeuse	Forêt Ø48 Forêt Ø8 Forêt Ø22f Alésoir Ø23 Montage avec serrage pneumatique	Calibre à coulisse	2,4	0,15	24,12		0,282			
		602	Perçer Met 18					4	0,20	25,13	15	0,462	3,30	5,449	
		603	Perçer 11					7,3	0,29	22,71		0,128			
		604	Aléser 11					0,2	1,40	14,45		0,121			
70	Perçage Lamage	701	Perçer 22, 23 et 24		Perçeuse	Forêt Ø2 Fraise à lamer Ø15 Montage à retourement avec serrage pneumatique	Calibre à coulisse	4	0,20	25,13		0,280			
		702	Lamer 25, 26, et 27					35	0,075	23,56		0,028		2,29	3,684
80	Toronnage	801	Toronner 18, 19, 20 et 21		Perçeuse	Appareil à toronner pour Ø6 et Ø10 Montage à retourement avec serrage pneumatique	Calibre à coulisse	0,6	1	6,55		0,204			
		802	Toronner Ø2					1	1,25	10,95		0,041		1,60	2,564
90	Ebarrage													2	
100	Contrôle													2	

71 100/227

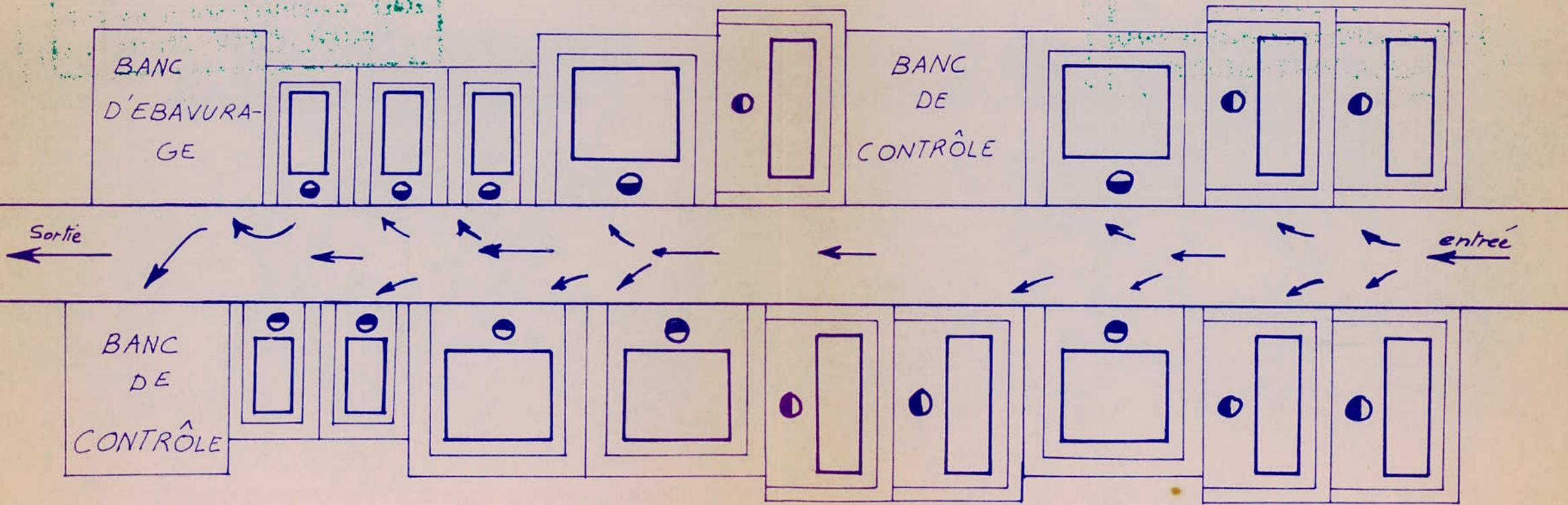
Machine à commande  
à distance



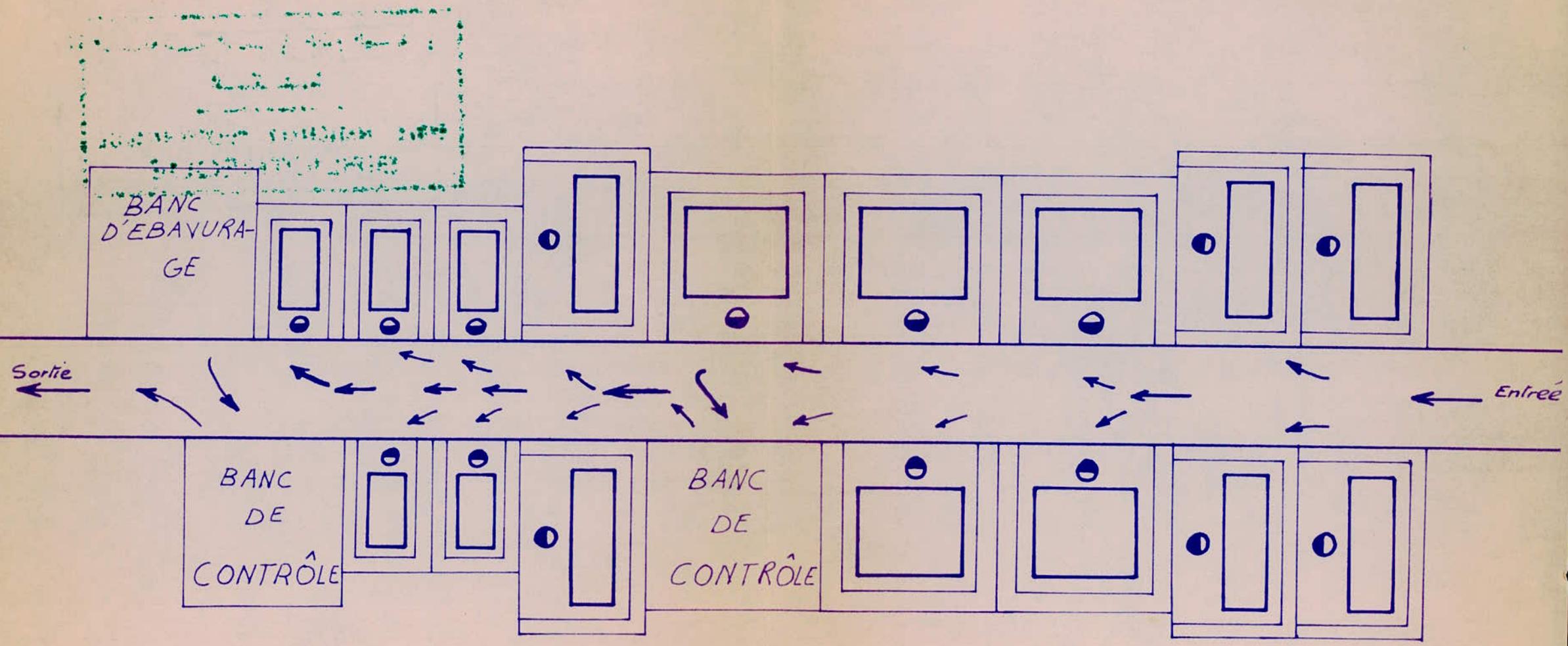
Première Variante: Emplacement des machines. type I.



Deuxième Variante: Emplacement des machines. type I.

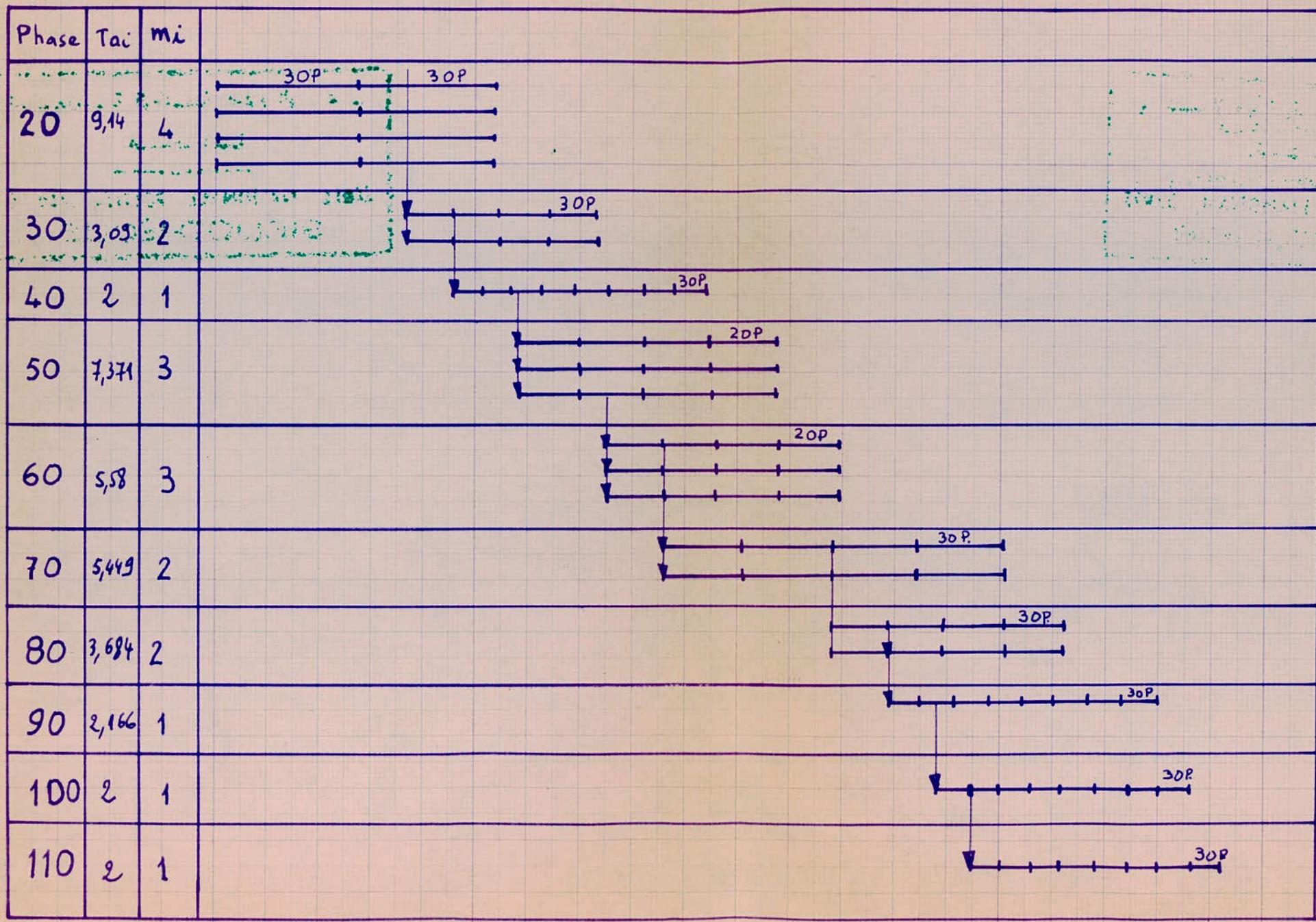


Deuxième Variante: Emplacement des machines. type II.

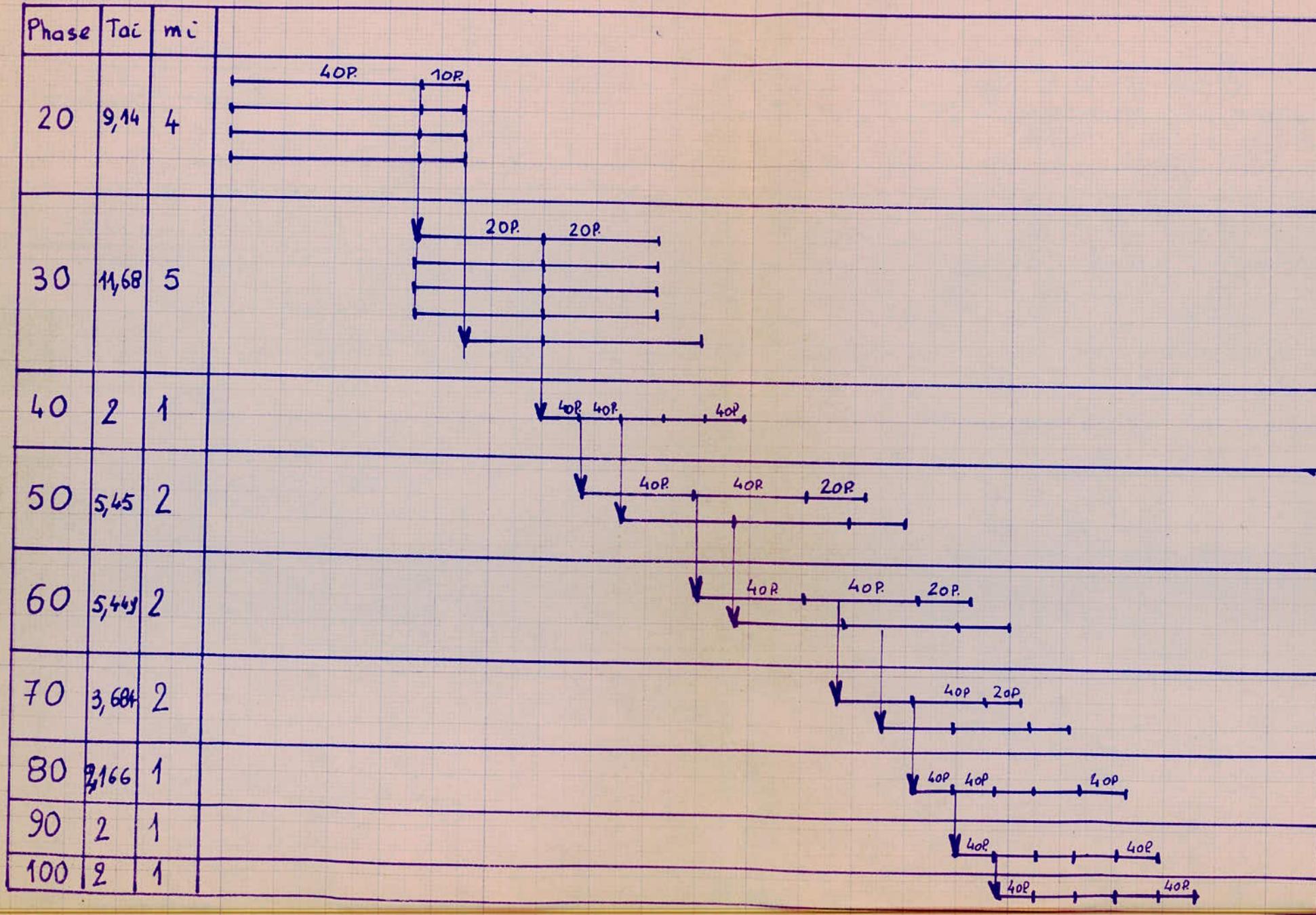


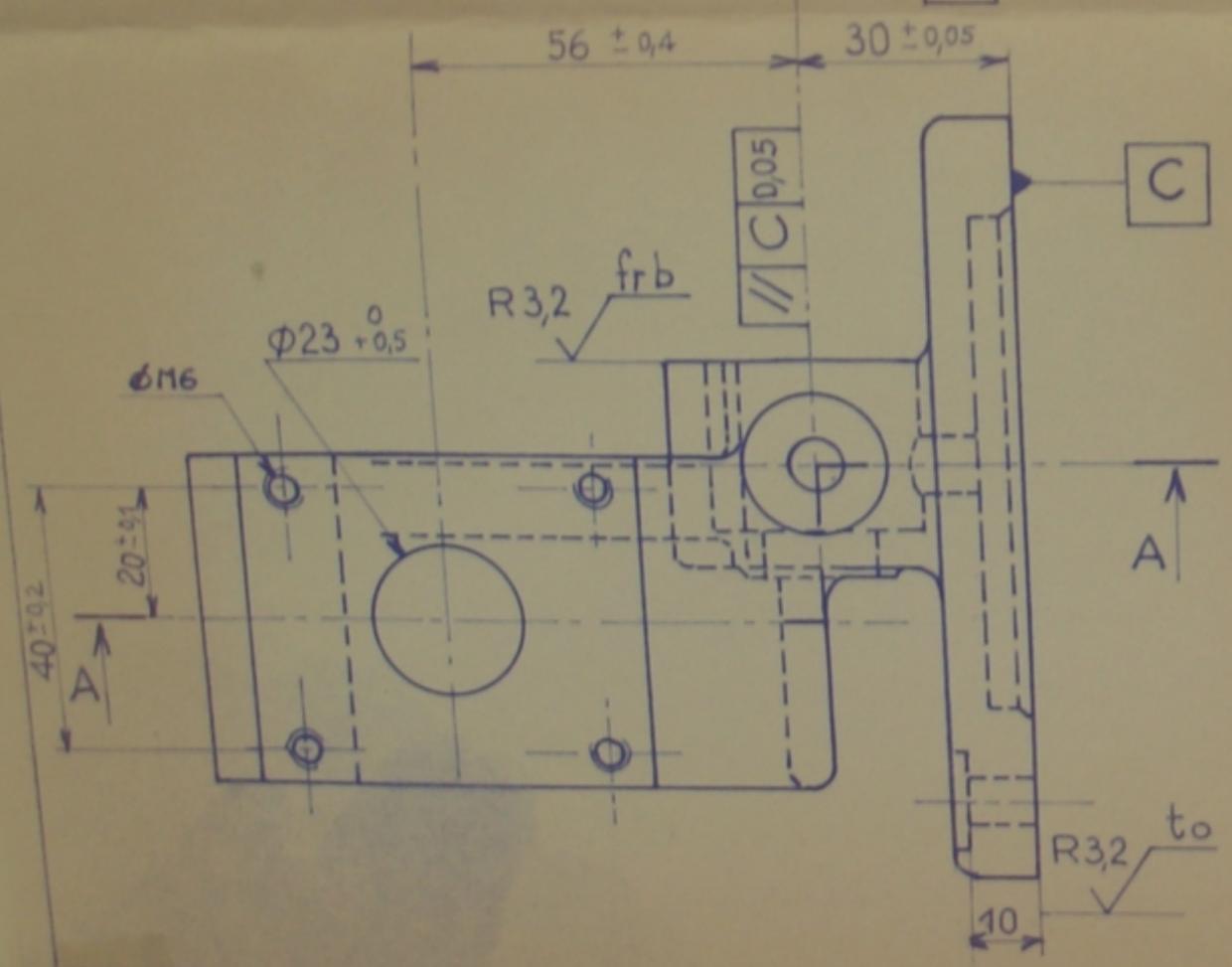
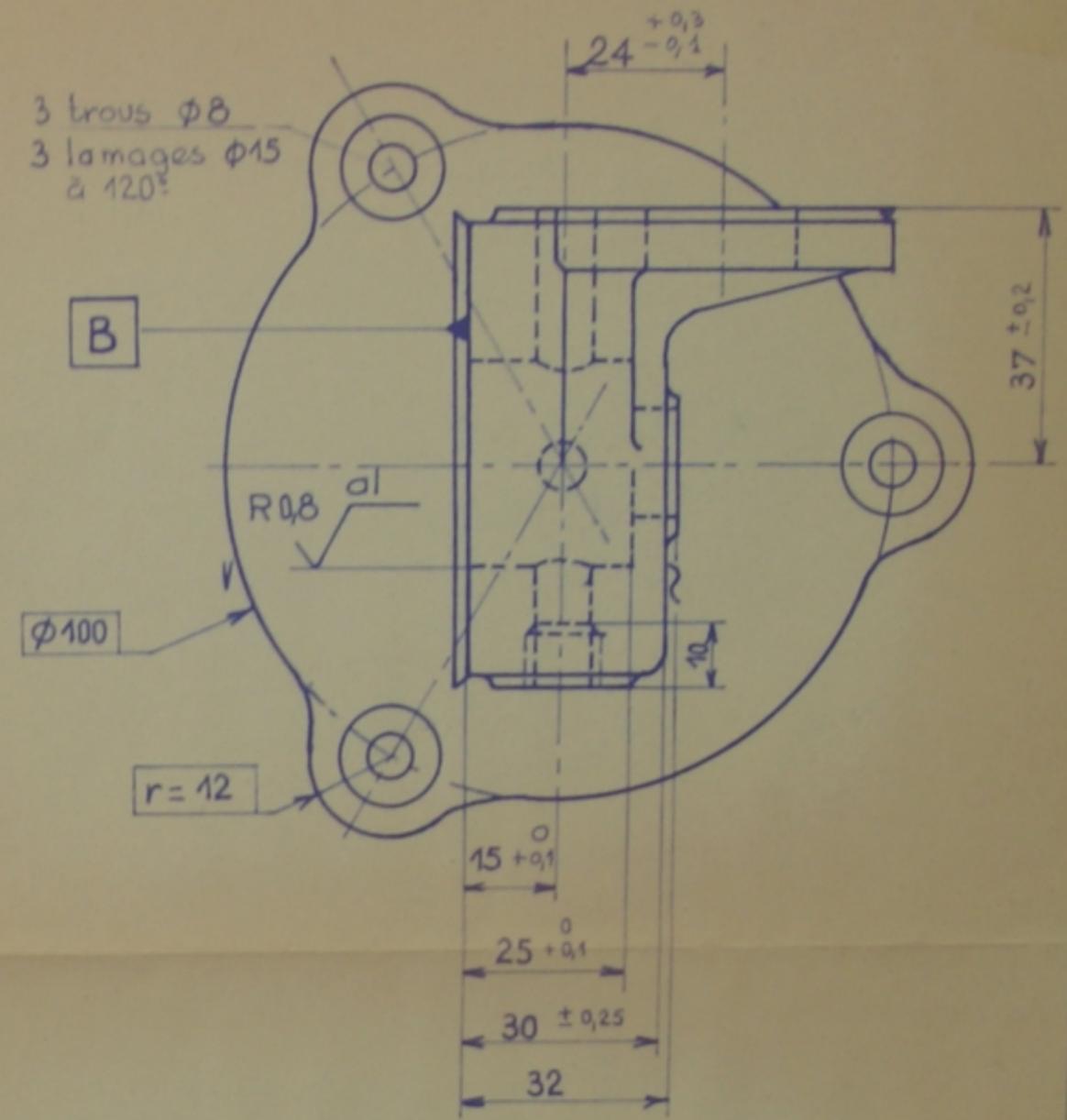
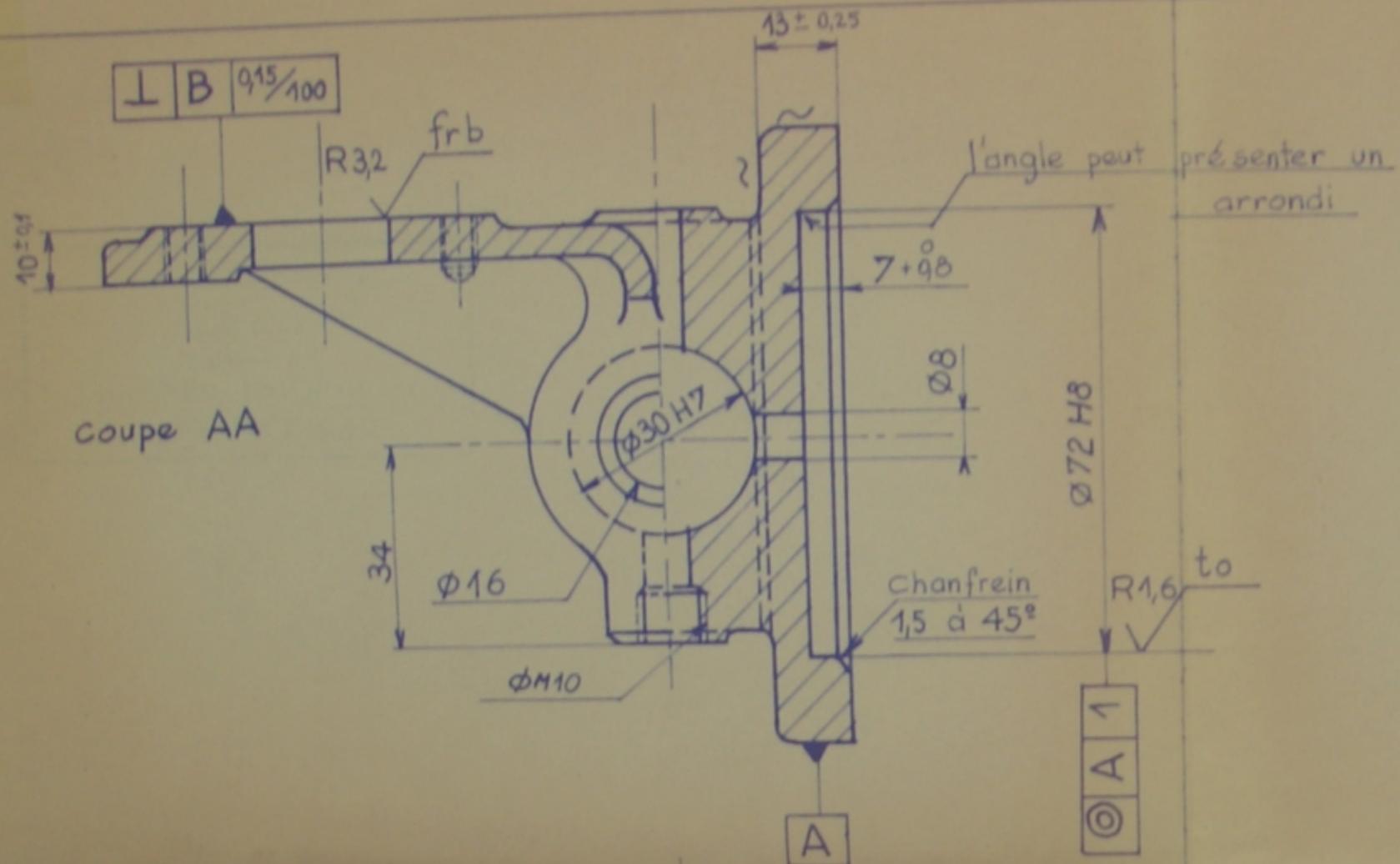
Première Variante: Emplacement des machines. type II.

## 2<sup>e</sup> Variante: Organisation du transport des pièces.



1<sup>ère</sup> Variante Organisation du transport des pièces.





30 H7 :  $30 + 0,021$   
 72 H8 :  $72 + 0,046$

Les cotes encadrées sont pour information.

Matière : Ft 18 stabilisée  
 Surépaisseur :  $3 \pm 1$   
 Tol. générales :  $J_{14}$   
 R 12,5

