

E. N. P. A.

Ecole Nationale Polytechnique d'ALGER

DEPARTEMENT GENIE MECANIQUE

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات  
المكتبة -  
BIBLIOTHEQUE -  
Ecole Nationale Polytechnique

1ex

PROJET DE FIN D'ETUDES

DIPLOME D'INGENIEUR D'ETAT

T H E M E

USINAGE DU CORPS DE REDUCTEUR  
A DOUBLE TRAIN SUR M. O. C. N. EN  
SINUMERIK SPRINT 8 M

2 PLANCHES

Dirigé par : M. Marek BALAZINSKI

Etudié par :

Docteur Ingénieur

KHELILI Mahiédine

Jury composé par :

M. KUROWSKI

Président

M. KZIACK

Membre

M. BALAZINSKI

Membre

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات  
BIBLIOTHEQUE — المكتبة  
Ecole Nationale Polytechnique

**E. N. P. A.**

Ecole Nationale Polytechnique d'ALGER

DEPARTEMENT GENIE MECANIQUE

# PROJET DE FIN D'ETUDES

DIPLOME D'INGENIEUR D'ETAT

T H E M E

**USINAGE DU CORPS DE REDUCTEUR  
A DOUBLE TRAIN SUR M.O.C.N. EN  
SINUMERIK SPRINT 8 M**

Dirigé par : M. Marek BALAZINSKI

Docteur Ingénieur

Etudié par :

KHELILI Mahiédine

Jury composé par :

M. KUROWSKI  
M. KZIACK KSIĄZEK  
M. BALAZINSKI

Président

Membre

Membre

D E D I C A C I O N S

Je dédie ce modeste travail à :

- A mes parents
- A mes frères et soeurs
- A mes amis
- A tous ceux qui vivent pour un idéal .

### R E M E R C I M E N T S

Je remercie en premier lieu Mr MAREK BALAZINSKI  
Docteur es Sciences technique Maitre assistant à  
E . N . P . A pour son aide précieuse et ses conseils  
qu'il m'a prodigué tout le long de mon travail.

- Je remercie tous les enseignants qui ont contribué à ma formation .
- Je remercie Melle Zahia pour la frappe .
- Je remercie Mr Ali pour le tirage.
- Je remercie toute personne ayant contribué à l'élaboration de ce modeste travail .

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

La commande numérique des machines outils occupe une place privilégiée dans le domaine économique : Ceci par son aptitude à résoudre des problèmes qui paraissaient inconciliables auparavant : précision de fabrication, rapidité d'adaptation aux changements de modèles, facilité d'introduction dans un processus intégré etc ...

On reconnaît à la commande numérique un certain nombre d'avantages, tant sur le plan technique que sur le plan économique :

- Sur le plan technique :

- \* Une grande rapidité dans l'exécution du travail .
- \* Possibilité de traiter un nombre de données considérablement plus élevé que dans le passé .
- \* Une qualité indépendante de l'habileté de l'opérateur humain et de son attention.
- \* Amélioration des méthodes de travail en petites séries.
- \* L'absence de réglages préalables oblige les constructeurs des machines-outils à améliorer la qualité de ces **dernières**.

- Sur le plan économique :

- \* Cette absence de réglages préalables et la disponibilité permanente des programmes permettent de limiter l'importance des séries de pièces à exécuter, d'où diminution des Stocks.

\* La fidélité des machines outils à commande numérique réduit la  
la fréquence des vérifications d'une part et diminue les rebuts  
d'autre part .

Dans notre présente étude, on essaie de faire le programme d'usi-  
nage d'un corps d'un réducteur à deux plans, où on a besoin d'une grande  
précision pour l'usinage des alésages destinés au serrage des deux  
arbres, cette étude comporte aussi un exposé sur la théorie des sur-  
épaisseurs.

CHAPITRE I: GENERALITES SUR LA COMMANDE NUMERIQUE

1 - 1 DEFINITION DE COMMANDE NUMERIQUE

D'une manière générale on désigne sous le nom de commande numérique un procédé d'automatisation dans lequel les déplacements des organes mécaniques mobiles d'une position à une autre sont élaborés à partir des informations numériques définies soit manuellement soit par l'intermédiaire d'un programme.

2 - 2 ISTORIQUE DE LA COMMANDE NUMERIQUE :

C'est aux Etats-Unis, vers 1942, que sont apparues les machines outils à commande numérique. En effet la première idée est venue par le problème posé par la fabrication d'une came tridimensionnelle de régulation d'une pompe d'injection; Les conditions à remplir étaient si nombreuses qu'on a confié les calculs à une machine automatique, et on a utilisé les résultats pour commander directement les mouvements d'une machine spéciale

Au même moment le "Massachusetts Institute Of Technology" en collaboration avec "I.B.M" et la "Cincinnati Milling Co" ont menés des études relative à ces machines

La "M.I.T" a réalisé des études pour des machines -Outils difficilement réalisable sur machines outils conventionnelles; ces usinages étant réalisés sur des pièces aux formes complexes destinées pour l'Industrie aéronautique.

. //

S'appliquant à des pièces ayant des formes très compliquées de prix de revient fort élevé: le domaine d'utilisation des machines outils à commande numérique reste très réduit, mais l'intérêt économique et stratégique de cette technique n'échappe pas aux gouvernement des Etats-Unis qui a fait relancer cette technique en construisant deux cents (200) machines qu'il a mit à la disposition du secteur public et de certains de leurs fournisseurs, à partir de là, les machines outils à commande numérique ont connu un développement rapide qui peut se resumer ainsi.

\* de 1942 - 1945: Apparition des premières machines à fraiser, contourner de dimensions petites ou moyennes.

\* de 1950 - 1960: Apparition et développement des perceuses-aléseuses de toutes dimensions travaillant "de point à point".

\* au delà de 1960: Développement simultané des machines de contournage les premières restant néanmoins largement majoritaires.

On remarque que du fait qu'on était en période de guerre le problème du contournage qui est très compliqué, a été résolu bien avant celui du "point à point" qui est bien plus simple.

#### 1 - I3 INTERET DE LA COMMANDE NUMERIQUE DES MACHINES OUTILS :

On peut Citer :

- Temp d'usinage :

La commande numérique permet de diminuer les temps morts nécessaires à la machine pour passer d'un point à un autre de même les opérations ne sont plus obligés de procéder à certaines tâches avant l'usinage (comme études des plans de la pièces préparation des outils réglage ...)

./...

On a pu constater que la proportion entre le temps de coupe et le temps de travail varie entre

- 10 à 20 % : Pour les machines classiques.

- 75 à 80 % : Pour les machines à commande numérique.

On peut conclure qu'une machine à commande numérique peut remplacer quatre à cinq machines classiques.

- Réduction des frais des Outils:

Avant l'apparition de la commande numérique, pour réaliser une pièce de grande précision, il fallait utiliser des machines de haute précision avec un outillage coûteux en plus de ses frais d'entretien, de stockage, de vérification etc..

On réalise ainsi une économie sur le prix d'outillage, ainsi que sur son entretien et son stockage.

..Rebuts:

Comme on l'a mentionnée au début la Fidélité des machines-Outils à commande numérique réduit la fréquence des vérifications, ou il suffit en général de vérifier la première pièce usinée, elles conviennent aussi à l'usinage des pièces compliquées et précises ou les risques d'erreurs humaines sont élevés.

On a pu constater que le taux de rebuts des machines-Outils à commande numérique était bien plus bas par rapport à celui des machines classiques.

- Interchangeabilité :

Les machines-Outils à commande numérique permettent l'interchangeabilité des pièces usinées du fait de la répétabilité de l'usinage, ce qui est intéressant pour les pièces compliquées.

- Changement facile de la conception de la pièce à usiner

Par la commande numérique pour modifier la conception d'une pièce il suffit de modifier la bande de programme et non pas des organes mécaniques complets.

Ceci avantage l'exécution des prototypes.

- Main - d'oeuvre :

L'automatisation des opérations d'usinage fait passer l'opérateur d'une participation active à un rôle de surveillant, ce qui lui permet de contrôler plusieurs machines à la fois .

On peut citer encore certains avantages de la commande numérique :

- L'automatisation permet la diminution de la semaine de travail.
- L'automatisation fournira à l'ouvrier des conditions de travail moins changeantes.
- Les prix de revient des produits de meilleures qualités baisseront.

CHAPITRE II: Classification des machines outils à commande numérique.

La classification des machines outils à commande peut se faire

suyvant deux modes :

- Selon le mode de travail
- Selon le mode de fonctionnement.

2-1 Classification selon le mode de travail :

Là encore on fait une classification selon les déplacements de l'outil;

on distingue alors trois modes :

- Mode " Point à Point "
- Mode " Paraxial ou en ligne "
- Mode " de contournage ou en trace "

2-11 Mode " point à point "

L'outil se déplace jusqu'au point dont la position est précisée par le

programme : lorsque cette position est atteinte à ce moment seulement intervient la phase d'usinage.

Quand cette phase est terminée, l'outil se déplace vers une nouvelle position, le processus se renouvelle de proche jusqu'a l'achevement du programme .

La trajectoire suivie par l'outil pour passer d'un point à un autre est

en principe indifférente, mais néanmoins on peut combiner les déplacements

suyvants :

X et Y entre eux procurent ainsi un gain de temps.

Ce mode est très utilisé en soudure par point en perçage en taraudage

et en lamage.

Le nombre d'informations à programmer en commande point à point est très

limité.

2-12 Mode Paraxial :

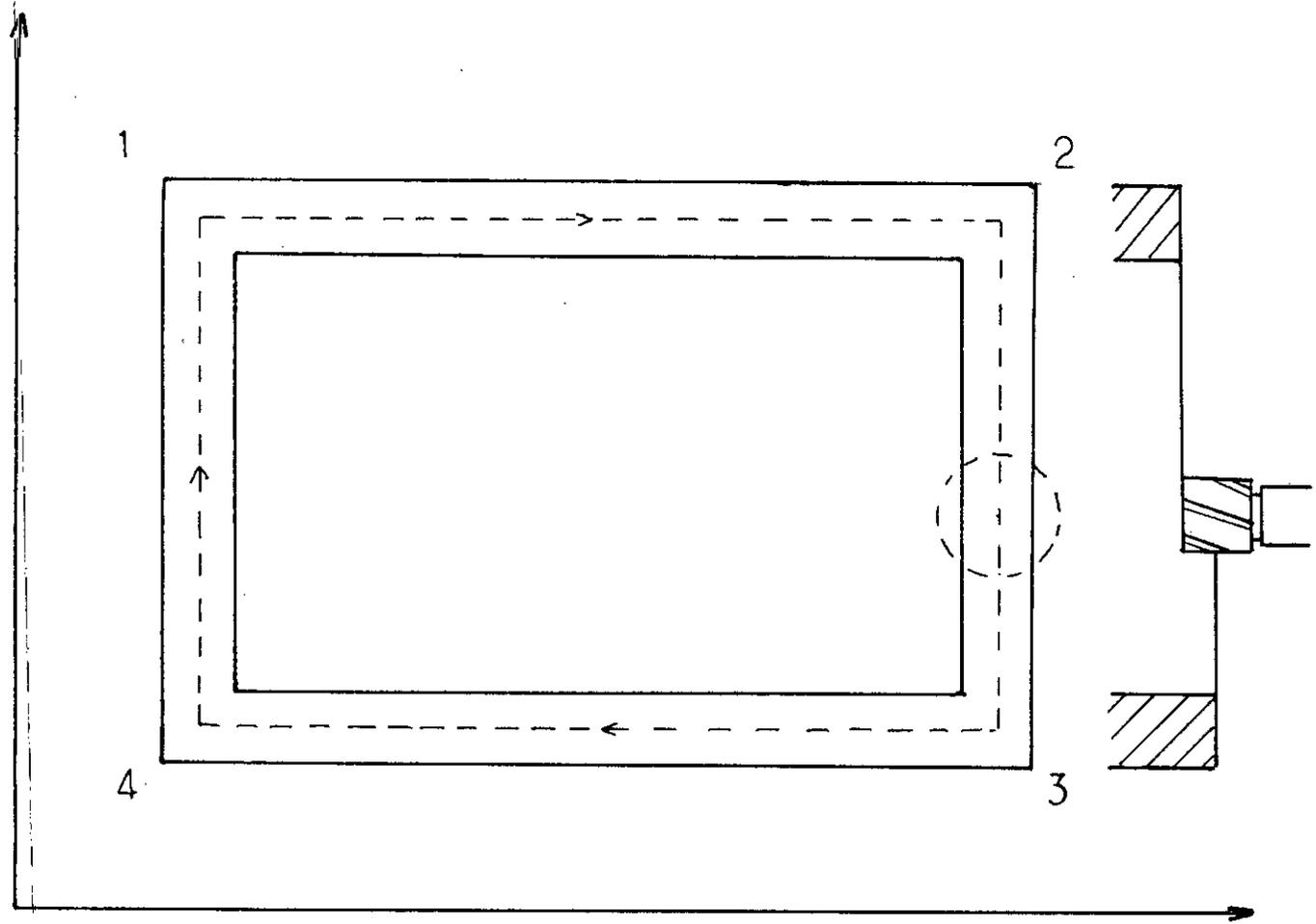


FIG 1 : P L I S H U E W A C O S A N D O N F I L M A N D

Dans ce cas l'outil travaille en se déplaçant parallèlement à l'un des axes principaux de la machine outil tandis que les autres restent bloqués.

Ne permet pas la combinaison de mouvement suivants plusieurs axes simultanément.

Le domaine d'application de cette méthode est le Fraisage.

### 2-13 Mode " Contournage "

Les opérations de positionnement de l'outil et l'usinage deviennent simultanées: l'outil travaille en même temps qu'il avance, c'est à dire la trajectoire de l'outil n'est plus indifférente comme dans le mode " Point à point " ; elle sera constituée de très petits segments de droite qui dessinent approximativement la courbe.

Sur les machines les plus simples, il n'y a que deux déplacements simultanés.

En ce limitant par exemple à une trajectoire plane .

Par exemple , il nous faut fournir à chaque point ses deux coordonnées (X,Y) ainsi que les vitesses instantanées  $\left( \frac{dx_i}{dt} , \frac{dy_i}{dt} \right)$  pour avoir en chaque point la vitesse de coupe constante V.

$$V = \sqrt{\left( \frac{dx_i}{dt} \right)^2 + \left( \frac{dy_i}{dt} \right)^2}$$

On remarque ainsi que pour le positionnement et l'usinage il faudrait déterminer un nombre infini de points; ce qui nécessite un ordinateur utilisant différents modes d'interpolations, paraboliques, circulaires.

Ce mode de travail est le plus coûteux , il est surtout utilisé en fraisage.

2 - 2 Classification selon le mode de fonctionnement.

Ici aussi on distingue trois types de fonctionnement des machines ou outils à commande numérique :

2 -2-1 Fonctionnement semi-automatique :

Les instructions sont communiquées à la machine phase par phase manuellement par l'opérateur qui dispose d'un pupitre de commande muni de commutateur et de cadrans décimaux.

Cette méthode est employée généralement pour des pièces en petites quantités et d'usinage ne comportant pas beaucoup d'opérations.

2 2

2-2-2 Fonctionnement automatique :

Utilisé pour des pièces à géométrie complexe ou pour des tâches nécessitant plusieurs étapes d'usinage ayant une certaine durée .

L'introduction automatique des données devient nécessaire elle se fait par :

- Cartes perforées
- Bandes perforées.
- Bandes Magnétiques.

2-2-3 Fonctionnement mixte

On utilise la combinaison des deux types de commande précédents dans ce type de fonctionnement certaines données ne sont pas connues au moment de l'élaboration du programme ( comme exemple: la largeur de l'outil, le diamètre de la fraise, la position exacte d'un outil de trou par rapport à son chariot ...) Alors on transmettra manuellement à la machine ces données au moment de l'exécution du travail.

PROCESSUS D'ETUDE A METTRE EN OEUVRE POUR  
L'OBTENTION D'UNE PIECE EN COMMANDE NUMERIQUE

ETUDE DU PLAN DE LA  
PIECE A USINER

Mettre en évidence les spécifications de dimensions formés, positions et rugosités.

MISE AU POINT DE LA  
GAMME D' USINAGE EN  
BUREAU DE METHODE

° Rechercher les opérations pouvant être réalisées en commande numérique.

° Choisir la machine outil

° Faire une étude de rentabilité

° Transformer les côtes du dessin suivant le type de machine en coordonnées rectangulaire ou polaires.

CONCEPTION DE  
PROGRAMME

° Déterminer l'implantation de la pièce sur la table de la machine outil.

° Concevoir les montages de prise de pièce (ils doivent permettre la mise en position, le dégauchissement et l'ablocage de la pièce sur la table de la machine.)

° Etablir la liste de toutes les opérations nécessaires à l'usinage en respectant un ordre chronologique.

° Calculer les coordonnées des points à atteindre.

° Prévoir tous les déplacements d'outils

° Choisir les vitesses de rotations des broches et les vitesses de déplacements des organes mobiles.

° Indiquer les instructions relatives à l'arrosage au sein de rotation des broches a u sens de déplacement des organes mobiles etc...

° Reporter en utilisant un langage machine toutes les instructions sur une feuille de préparation.

MEMORISATION DU  
PROGRAMME SUR  
SUPPORT MATERIEL

° Assurer le codage des instructions de travail et la perforation de la bande (lorsque le support est une bande perforée)

EXECUTION DU  
PROGRAMME

° Installer la pièce sur la machine outil et mettre le programme en route.

## Chap III. LE SYSTEME SINUMERIK

### SPRINT 8 M

#### 3.1. Caractéristiques.

Le système sinumériK sprint 8 M est un système de commande de contourage : C.N.C à microprocesseur et P.C intégré pour aléseuses et fraiseuses programmables manuellement.

##### 3.1.1 Nombre d'axes :

Le déplacement de l'outil peut se faire suivant quatre ( 4 ) axes x, y, z et le 4ième axe parallèle à l'un deux. Avec possibilité des interpolations suivantes :

- linéaire 3 axes parmi 4 axes
- circulaire 2 " " " "
- hélicoidale 3 " " " "

##### 3.1.2. L'introduction des données.

Elle se fait manuellement par l'intermédiaire d'un clavier qui se trouve sur le tableau de commande ou à l'aide d'une bande perforée passant par un lecteur de bande.

##### 3.1.3 Capacités technologiques :

Les principaux points technologique du système sinumerik 8 M sont :

- Fonctions de conversion et auxiliaire

T : 4 décades

M : 2 décades

H : 6 décades

S : 4 décades

- Commande complète de la broche, sortie de vitesse analogique.
- Arrêt orienté de la broche de 0 à 359°.
- Vitesse de coupe constante.
- Surveillance de vitesse programmable.
- Possibilités d'avoir des avances de

0,01 mm / m n à 1500 mm / m n  
et rapide jusqu'à 15 m / m n

- Filetage au pas, de 0,001 mm / t à 50 mm / t r et même jusqu'à 10.000 t r / m n.
- Limitation programmable de l'aire de travail.
- 4 décallages d'origine par axe mémorisé.
- 1 décallage d'origine programmable par axe
- 2 manivelles électroniques pour déplacement manuel simultané.

### 3. 1.4 Corrections :

Le système sinumerik sprint 8 M est doté de plusieurs corrections :

- Corrections d'outil :
- 99 blocs de correction : de géométrie d'outil ( longueur et rayon ), usure d'outil ( longueur et rayon ).
- Correction de rayon de fraise sur le contour par la méthode d'intersection.
- Compensation de l'erreur du pas de vis d'avance.
- Compensation des jeux.

### 3.1.5 Sécurité :

Le système est doté d'une fonction de sécurité qui sert à déceler les défauts au sein de l'ensemble de l'installation.

En cas de défaut un message d'alarme est renvoyé sur l'écran de visualisation de données et le fonctionnement de la commande numérique est interrompu si nécessaire.

### 3.2. Programmation :

#### 3.2 1 : Code de la bande perforée :

On utilise deux codes de perforation :

DIN 66205      ISO

E I A - RS 244 A

La commande numérique reconnaît automatiquement le bon code en lisant le premier signe ( sauf les signes NUL et DEL )

Le contrôle de la bande perforée se fait au cours de la lecture :

- Nombre de trous toujours pair ( Code ISO )
- " " " " " impair ( code EIA )

Ce critère est utilisé pour un contrôle simple du programme à partir du second signe.

### 3.2.2. Signes disponibles :

La commande numérique lit chaque signe présenté dans le code de la bande perforée. pour la formulation d'instruction de programme géométriques et technologiques dans le programme d'usinage lui - même, on peut cependant utiliser que certains signes bien définis.

Code I.S.O.

Lettre d'adresses	A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L, M, N, O, P, Q, R, S, T, U, V, W, X, Y, Z.
Chiffres.	0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9.
Signes spéciaux imprimables.	%, ( ), +, -, /, :, ..
Signes spéciaux non imprimables	HT : Tabulateur SP : Espace ( Space ) DEL: Erreur ( Deleté ) CR : refour du chariot ( carriage return ) LF : Fin de bloc ( Line Feed )

Introduction les signes suivants sont mémorisés mais non traités.	Sortie imprimante/Perforation les signes suivants sont générés.
H T	
SP ( sauf à l'interieur du commentaire )	SP ( après chaque mot sauf à l'interieur du commentaire )
DEL	
CR ( l'ordre CR. LF est libre )	CR répété 2 fois après LF

LF est indiqué par \* sur l'écran de visualisation.

### 3.2.3 : Constitution d'un mot :

Un mot comprend une lettre d'adresse et une suite de chiffres avec ou sans signe algébrique.

Exemple :

Y + 235 . 430
---------------

G 81
------

- Adresse
- Signe Algébrique
- Chiffres
- Point décimal
- Chiffres

- Adresse
- Chiffres

### 3.2.4 constitution d'un bloc

Le bloc est constitué de plusieurs mots et le signe LF ( fin de bloc ). un bloc peut comprendre au maximum 120 signes

Exemple :

-----  
N 1450 G X Y F S T M LF  
-----

Adresse du N° du bloc

numéro du bloc

Fonction préparatoire

Information de parcours

Avance

Vitesse de rotation

Numéro d'outil ( de correction d'outil )

Fonction auxiliaire

Fin de bloc

On distingue 2 sortes de blocs

Bloc principal :

Un bloc principal et éventuellement les blocs qui le suivent doit comporter tous les mots nécessaires au démarrage de l'usinage défini par la partie de programme qui débute par ce bloc principal.

Bloc Secondaire.

L'ordre des numéros de blocs peut comporter des sauts, ainsi on peut par exemple repérer des blocs modifiés ou nouveaux en les faisant précéder d'un chiffre différent dans la colonne des milliers.

Des parties de programme ne sont pas exécutées pour chaque pièce d'une série, ( par exemple : un dégagement pour effectuer une mesure ), elles peuvent être repérées à l'aide d'une barre oblique et exécutées ou ignorées en fonction de la position du commutateur " SKIP " bloc optionnel.

/ : Bloc optionnel

/ : N bloc auxiliaire optionnel.

### 3.2.5. TEXTE PRELIMINAIRE ET COMMENTAIRE

Pour l'indication des différentes bandes perforées on utilise un texte préliminaire qui peut comporter tous les signes sauf % et L.F, ce texte n'est ni mis en mémoire ni pris en considération par la commande numérique.

Les commentaires permettent de donner des instructions à l'opérateur au moyen de l'écran.

Un commentaire ne doit pas comporter les signes % et LF il est limité à 117 signes.

Exemple :

X	200	R02	( Carter )	Z 200
---	-----	-----	------------	-------

Adresse

Chiffres

Parametre R

Debut commentaire

Commentaire

Fin commentaire

Le commentaire ne doit pas figurer entre une adresse et les chiffres qui lui sont associés ou entre un mot et les paramètres correspondants.

### 3.2.6. Programme d'usinage.

Le programme d'usinage est le processus de réalisation d'une pièce. La mémoire du programme peut contenir jusqu'à 99 programmes d'usinage des pièces.

Si le programme est introduit à l'aide du tableau d'utilisation, les numéros de blocs sont automatiquement générés au pas de 5. Pour introduire un numéro différent, on efface le numéro généré au moyen de la touche " CLEAR "

### 3.2.7 : Sous - Programme :

Des séquences qui se répètent plusieurs fois peuvent être introduits sous forme de sous programmes, qui seront rappelés librement dans un programme ou introduit manuellement.

Le sous programme est caractérisé par un numéro de sous-programme à 2 ou 3 décades suivi de deux zéros.

La mémoire de programme peut contenir jusqu'à 99 sous - programmes à la fois.

Exemple :

```
L 12300
NO G 90   G 01   Y 10   F 100   LF
N5                Y     X 20   LF
N 10                X     LF
N 15                M 17   LF
```

Un sous programme est appelé à partir du programme d'usinage ou d'un autre sous-programme sous l'adresse L.

Nous ne pouvons pas faire un appel de sous programme dans un bloc de comportant déjà M 02, ou M 17.

Les sous programmes L 80 à L 99 et L 900 à L 999 peuvent être protégés contre l'effacement et contre la sortie sur imprimante ou perforatrice.

### 3.3. Code de programmation.

Dans cette étude nous ne pouvons pas citer toutes les fonctions existantes dans ce système de programmation mais nous nous limitons aux principales nécessaires à l'établissement du programme d'usinage de notre pièce.

#### 3.3.1. Fonctions préparatoires

Les fonctions préparatoires décrivent le type de déplacement de la table, le genre d'interpolation, le type de cotation l'influence du temps et activent certains états de fonctionnement de la commande de numérique.

Ces fonctions se repartissent en 14 groupes : G 1 à G 14.

Dans un même bloc de programme ne doit figurer qu'une fonction de préparation décrivent le type de déplacement de la table, le genre d'interpolation, le type de cotation l'influence du temps et activent certains états de fonctionnement de la commande numérique.

Ces fonctions se repartissent en 14 groupes : G 1 à G 14.

Dans un même bloc de programme ne doit figurer qu'une fonction préparatoire de chacun des 14 groupes sinon c'est la dernière fonction programmée de chaque groupe qui est seule efficace.

Les fonctions préparatoires automaintenues ne peuvent être effacées que par des fonctions du même groupe.

Les 14 groupes de fonctions préparatoires sont :

- G 1 Comprend :

G 00 : Avance rapide

Le parcours programmé sera effectué à la vitesse de déplacement la plus rapide possible, cette fonction préparatoire G 00 provoque automatiquement un arrêt précis ( ;G 09 )

Après G 00 la valeur programmée sous l'adresse F pour la vitesse d'avance sera conservée en mémoire, et sera rendue efficace à nouveau en programmant une nouvelle fonction par exemple G 01.

G 01 : Interpolation lineaire

L'outil se déplace à la vitesse d'avance le long d'une droite vers la position programmée.

G 02 : Interpolation circulaire dans le sens horaire.

L'outil se déplace en rotation par rapport à la pièce dans le sens horaire.

G 03 : Interpolation circulaire dans le sens antihoraire.

L'outil se déplace en rotation par rapport à la pièce dans le sens antihoraire.

G 10 : Programmation en coordonnées polaires rapide.

G 11: Programmation en coordonnées polaires, interpolation linéaire.

C'est programmation en coordonnées polaires, avec interpolation linéaire sous une certaine vitesse d'avance.

G 33 : Filetage.

Groupe 2 : G 2 comprend.

G 04 : Temporisation

On utilise cette fonction pour terminer une coupe ( annulation de l'écart de poursuite ), éventuellement pour changer de vitesse de rotation et pour des fonctions machine.

Un bloc avec temporisation ne doit comporter aucune autre fonction préparatoire que G 04 ni aucune information de parcours ; sont admis vitesse de coupe ( S ), outil ( T ), et une fonction auxiliaire ( M ).

Le temps de temporisation est mentionné sous l'adresse F

Exemple :

Temporisation de 11,5 s  
toujours sans signe algébrique

N	G04	F 11,5	LF
---	-----	--------	----

Groupe 3 : G3 comprend :

G 09 : réduction de vitesse

Cette fonction permet d'accoster avec précision une destination. La vitesse d'avance est progressivement réduite jusqu'à zéro.

Elle est utilisée pour l'usinage des arêtes vives des saignées ou pour changement de sens ( voir fig 2 page 21 )

- G 4 comprend :

G 17 / G 18 / G 19 : Selection de plan

On selectionne par G 17, à G 19 le plan dans lequel la correction de rayon de la fraise sera efficace.

Si au départ on n'a pas mentionné aucun plan, c'est G 17 qui est automatiquement selectionné ( voir fig 3 page 22 )

Sans G09

Avec G09

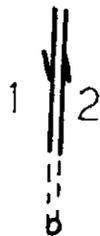
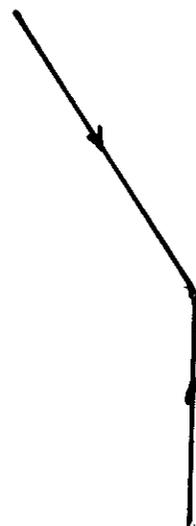
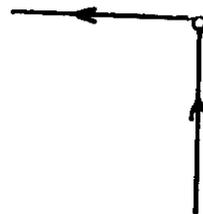
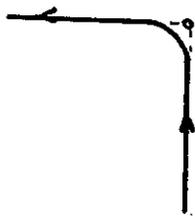
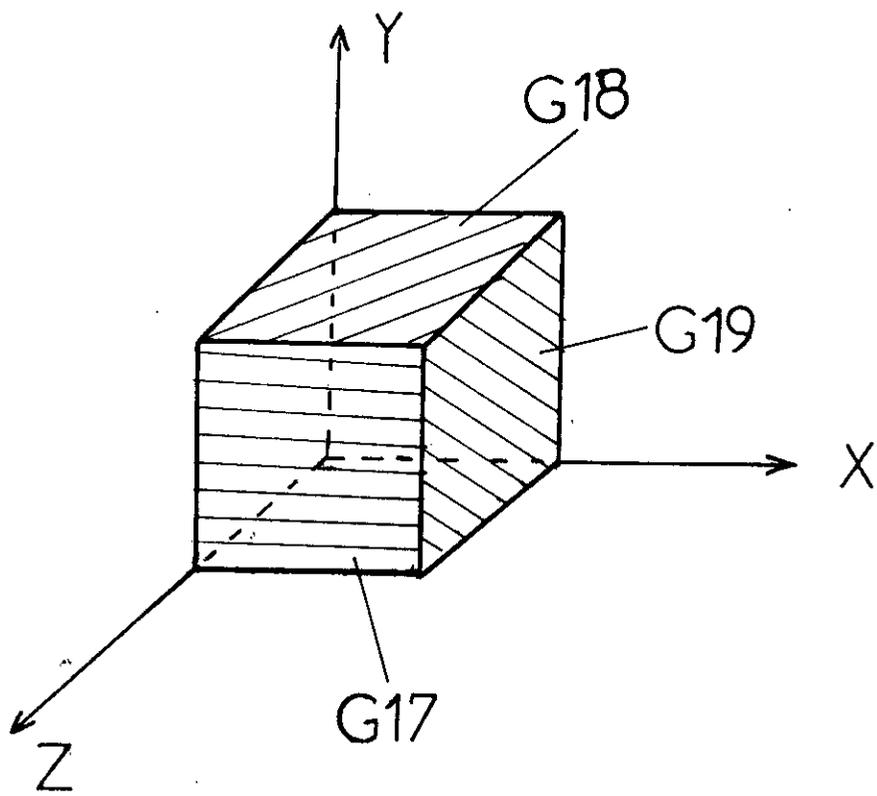


Fig2 : Changement de sens avec ou sans  
réduction de vitesse



G 5 comprend :

- G 25 : Limitation programmable de la page de travail.
- G 26 :

La limitation programmable de la page de travail permet de protéger la machine en cas d'erreur de programmation ou de manipulation. Une fois la limite de la page est atteinte, la consigne de déplacement est interrompu ( arrêt de programme et alarme )

- G 25 limite mini } de la plage de travail.
- G 26 limite max }

G 6 : Comprend

- G 40 : Pas de correction de rayon de la fraise en contournage
- G 41 : Outil à gauche de la pièce Correction de rayon de la
- G 42 " " droite " " " fraise en contournage.

La correction de rayon de fraise se fait dans le plan sélectionné ( G 17 à G 19 ).

La correction de la longueur de la fraise se fait toujours manuellement au plan sélectionné, donc selon le troisième axe.

G 7 : Comprend.

- G 53 : Annulation de décalage d'origine.

Le décalage d'origine est la distance entre l'origine de la pièce ( auquel se referent les côtes ) et l'origine de la machine.

G 53 provoque dans le bloc considéré l'annulation des décalages d'origine dans les axes programmés; ces décalages ne sont plus pris en compte pour le calcul de la destination. Mais dans le bloc suivant tous les autres décalages programmés seront repris.

G 8 comprend.

- G 54 : Décalage d'origine N° 1
- G 55 : " " N° 2
- G 56 : " " N° 3
- G 57 : " " N° 4

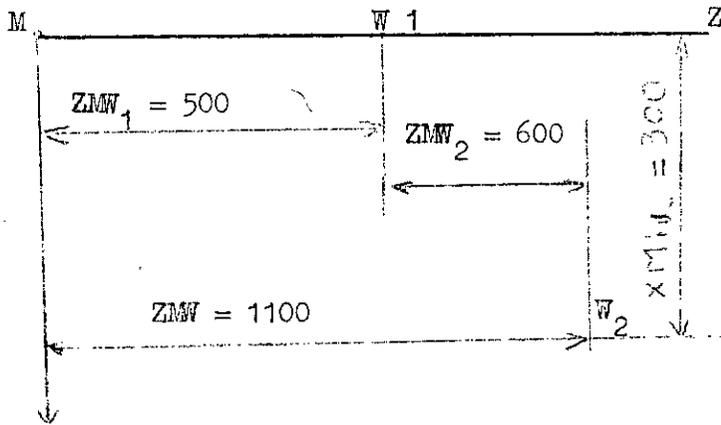
Ces fonctions permettent la programmation de 4 décalages d'origine réglable <sup>sur</sup> chaque axe ( par ex : pour l'usinage alterné de deux pièces identiques sur deux fixations.

G 9 Comprend

G 59 décalage d'origine additif programmable.

Cette fonction permet de programmer sous les adresses x, y, z un décalage d'origine supplémentaire. Lors de la prise en compte les valeurs programmées sont additionnées à celles de décalage d'origine réglable.

Exemple :



Décalage d'origine réglable

Valeurs introduites

$$X MW_1 = 0$$

$$Z MW_1 = 500$$

Décalage d'origine additif programmable

$$X MW_2 = 300$$

$$Z MW_2 = 600$$

Décalage d'origine total :

$$X MW = 300$$

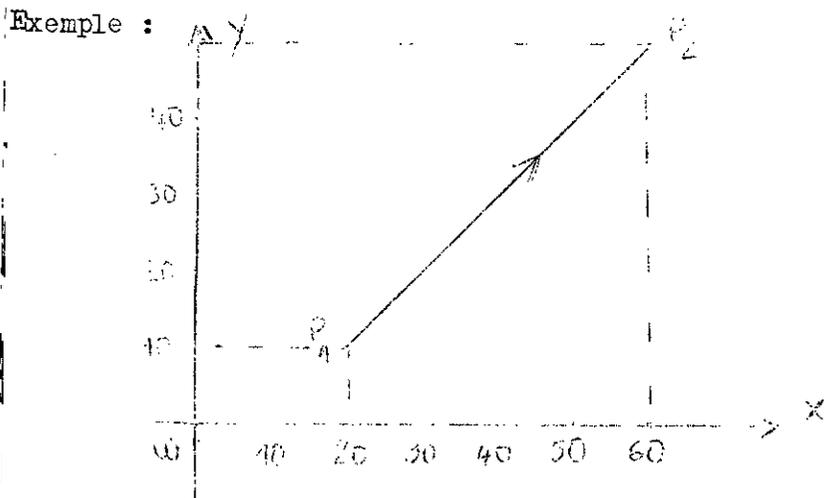
$$Z MW = 1100$$

G 10 Comprend :

G 60 : Arrêt précis

Même fonction que G 09





Introduction en absolue :

N... G 00 G 90 X 50 Y 60 LF L'outil se déplace de  
P<sub>1</sub> à P<sub>2</sub>

Introduction en incrémental

N... G 00 G 91 X 40 Y 40 LF L'outil se déplace de  
P<sub>1</sub> à P<sub>2</sub>

G 13 Comprend :

G 92 Positionnement des mémoires de valeur réelle de position.

Cette fonction permet de rapporter le point d'origine de la commande numérique au point d'origine de la pièce.

Elle s'utilise avantageusement dans le cas où on n'a pas à compter avec d'éventuelles interruptions d'un programme en cours avec reprise à l'intérieur du programme ; par exemple pour les productions de masse des pièces à temps d'usinage courts.

G 14 Comprend :

G 94 : Vitesse d'avance sous l'adresse F en mm / mn

G 95 : " " " " F en mm / tr

G 96 : " " " " F en mm / tr et vitesse de coupe constante sous l'adresse S en m / mn.

G 97 : Annule G 96 et conserve la dernière consigne de vitesse de rotation G 96.

### 3.3.2. Fonctions de commutation et auxiliaire S, H, T, M.

Elles sont émises dans le bloc où elles sont programmées.

On peut mettre au maximum 3 M, 1 S, 1 T, 1 H dans un bloc.

Leur émission par la commande numérique se fait de la façon suivante :

- Emission simultanée de toutes les fonctions programmées sauf le cas échéant de la 2ième et 3ième fonction M.
- Emission de la deuxième fonction M introduite.
- " " " troisième " " "

#### MOT S :

Le mot S s'utilise au choix pour :

La vitesse de rotation de la broche sous forme codée.

- La vitesse de rotation de la broche en tr /mm ou 0,1 tr/ mm ( à définir lors de la mise en service ).
- La vitesse de coupe en m/ mm ou en 0,1 m /mm ( à définir lors de mise en service )

#### Fonctions complémentaires H.

Pour les fonctions de commutation sur la machine ou pour des mouvements non numériquement contrôlés ( par exemple : rotation de la table, plateau diviseur ) on dispose avec l'adresse H d'une fonction complémentaire par bloc pouvant contenir au maximum 6 décades.

La signification exacte de chacune des fonctions H figure dans le manuel de programmation du constructeur de la machine.

#### Numéro d'outil :

Définit l'outil nécessaire pour la séquence d'usinage qui suit ( constitué de 4 décades ).

#### Fonctions auxiliaires M

Ces fonctions auxiliaires se répartissent en 5 groupes.

#### M 1 Comprend :

M 00 : Arrêt absolu

Permet l'interruption du programme pour effectuer des opérations non automatiques telle que les mesures.

Le cycle reprendra par simple pression sur la touche démarrage " cycle ".

Le manuel de programmation indiquera si M 00 arrêtera aussi la broche. L'écriture " M0 " est autorisée.

M 01 : Arrêt programmé conditionnel :

Agit comme M 00, mais elle n'est efficace que si la touche " Arrêt optionnels actifs " est enclenchée.

M 00 et M 01 ont les mêmes fonctions que le " bloc à bloc " L'écriture M 1 est autorisée.

M 2 : Comprend :

M 02 : Fin de programme.

Cette fonction permet le retour au début de programme doit s'écrire dans le dernier bloc du programme.

On peut écrire aussi M 2

M 17 : Fin de sous programme.

Signifie la fin de sous programme

M 30 : Fin de programme avec rembobinage.

M 3 : Comprend :

M 03 : Rotation de la broche à droite.

M 04 : " " " " " gauche.

M 05 : Arrêt de la broche.

M 19 : " 'orienté de la broche.

Ces fonctions sont utilisées lorsque la commande numérique comporte une sortie analogique de vitesse de broche.

Si on programme M 19 S

L'angle de positionnement sera celui inscrit sous l'adresse S en degré.

Dans le cas contraire M 19 sans S c'est la valeur précédemment mémorisée qui est réutilisée.

M 4 Comprend :

M 36 : Vitesse d'avance en mm / mn ou mm/ tr sous l'adresse F

M 37 : " " programmée divisée par cent ( 100 )

C'est à dire par M 37 on fait une réduction de vitesse dans le rapport de 1/100.

M 5 Comprend :

Toutes les fonctions auxiliaires librement disponibles à l'exception de celles déjà affectées.

Le code de ces fonctions figure dans le manuel de programmation de la machine - outil elle même.

Paramètres

Dans les programmes d'usinage des pièces, des valeurs numériques peuvent être remplacées par des paramètres de R 00 à R 99 ( le constructeur peut verouiller l'utilisation des paramètres R 50 à R 99 ) pour toutes les adresses.

On définira dans le programme pièce ou sous programme une valeur numérique pour ce paramètre.

La dimension des paramètres R est fonction de l'adresse à laquelle ils sont affectés.

Les paramètres R comportent toujours 2 Décades. On peut programmer au maximum 10 paramètres dans un même bloc.

### 3.4. Cycle de perçage.

Un cycle de perçage ( selon Din 66025 ) est une suite bien définie de déplacements-machine élémentaires pour percer, aléser, tarauder etc...

Les cycles de perçage sont réalisés sous forme de sous-programmes de L 81 à L 89 qui sont mis en mémoire dans la commande numérique. Dans ces sous programme on utilise les paramètres R 00 à R 11 pour les valeurs variables ( Plans de référence, profondeur de perçage, avance perçage, temporisation etc ... )

dans le déroulement du cycle.

Dans ce cas, le cycle de perçage considéré devra être rappelé pour chaque nouvelle position de perçage, une fois le cycle de perçage est exécuté, la commande numérique ramène l'outil dans la position de dégagement.

#### 3.4.1 Définition des paramètres :

- R 00 : Temporisation
- R 01 : Première profondeur de perçage (incrémentale) à introduire sans signe.
- R 02 : Plan de référence - plan de retrait ( absolu )
- R 03 : Profondeur de perçage
- R 04 : Temporisation au fond de perçage ( cassage de copeaux )
- R 05 : Valeur de dégression à introduire sans signe
- R 06 : Inversion de rotation de la broche.
- R 07 : Retour au sens de rotation de la broche du programme principal ( après R 06 ou M 05 )
- R 08 : Progression de profondeur ( incrémentale )
- R 09 : Modification de la progression de profondeur ou pas de vis
- R 10 : Plan de retrait
- R 11 : Axe de perçage ( introduction en code ASC - II )

Remarque :

Introduction en code ASC - II donne dans notre cas :

Adresse	Code	ASC - II
X		88
Y		89
Z		90

Les paramètres changent à la fin du cycle

#### 3.4.2. Définition dessous-programmes utilisés.

Dans notre usinage on fait appel au sous-programme L 900 dit " Image de perçage " qui consiste à faire des perçages sur une circonférence, en plus de ce sous-programme on définit les paramètres du perçage choisi.

Sous-programme : Image de perçage L 900.

( Voir fig 4 page      ).

R 22. R 23 Centre de l'image de perçage. ( W )

R 24      Rayon

R 25 :      Angle de départ

R 26 :      Pas angulaire

R 27 :      Nombre de perçage

R 28 :      Numéro du cycle de perçage souhaité

Appel du sous-programme

N	L	R 22	R 23	R 24	R 26
		R 26	R 27	R 28	LF

On définira les paramètres nécessaires au cycle de perçage choisi

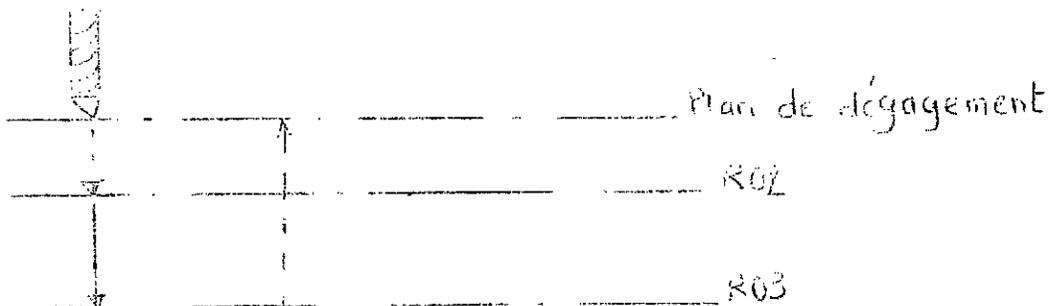
Sous - programme L 81 : Centrage.

Il faut définir les paramètres

R 02 : Plan de référence = plan de retrait

R 03 : Profondeur de perçage

R 11 : Axe de perçage



Sous-programme L 82 : perçage.

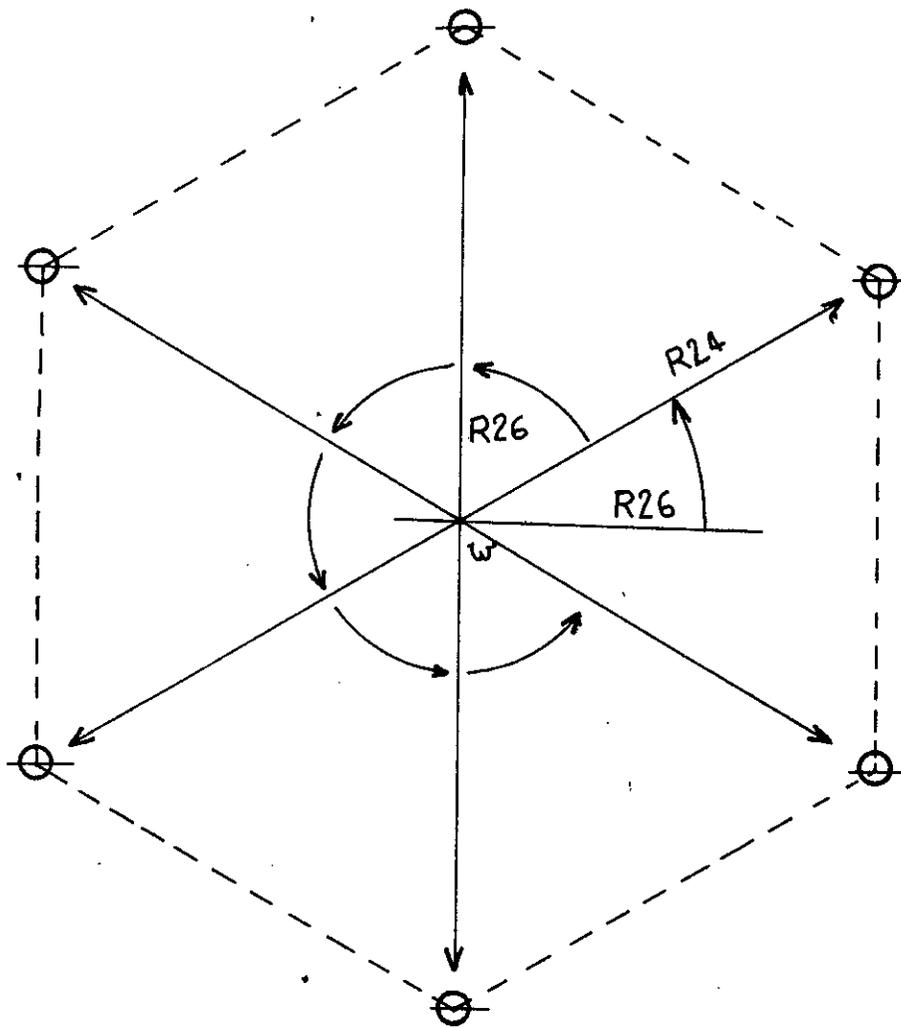
R 02 : Plan de référence = plan de retrait

R 03 : Profondeur de perçage

R 04 : Temporisation au fond du perçage

R 11 : Axe de perçage.

Fig 4 : Image de perçage



ARRETEL DE SCIE - PROJETE

R 2 2 ... R 2 3 ... R 2 4 ... R 2 5 ...

R 2 6 ... R 2 7 ...

2.2

Sous-programme L 84 : taraudage pour machine avec capteur.

R 02 : Plan de référence = Plan de retrait

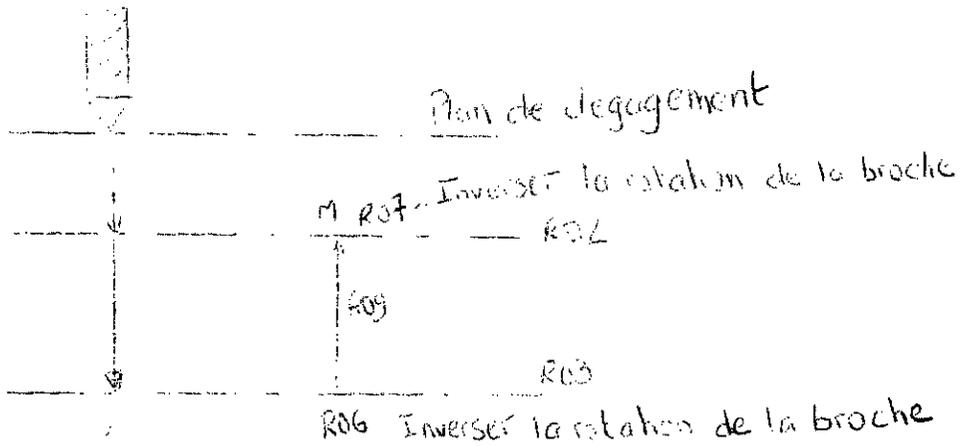
R 03 : Profondeur de perçage

R 06 : Inversion du sens de rotation de la broche

R 07 : Retour à l'ancien sens de rotation de la broche

R 09 : Pas de vis

R 11 : Axe de perçage.



----- Vitesse d'avance  
———— rapide

- CHAPITRE IV : GAMME D'USINAGE -

4-1 Calcul de surépaisseur en usinage :

4-1' Notion de surépaisseur.

Pour obtenir à partir des pièces brutes des formes, dimensions et états de surfaces imposés par le dessin dans la limite des tolérances prévues, on procède par une série d'usinage successifs et progressifs.

Chaque reprise consiste à enlever de la surface de la pièce une couche de métal sous forme de copeaux, modifiant ainsi les dimensions de l'ébauche : la couche enlevée par usinage s'appelle "surépaisseur d'usinage".

On distingue les surépaisseurs d'usinage intermédiaire et totales :

- surépaisseur intermédiaire :

C'est la couche nécessaire pour réaliser une passe c'est à dire la différence entre la cote réalisée par la passe antérieure et celle que l'on doit obtenir par l'usinage en cours.

- Surépaisseur totale

C'est l'épaisseur du matériau enlevée pour effectuer l'usinage depuis la pièce brute jusqu'à sa finition, c'est à dire la somme des surépaisseurs intermédiaires. ( Fig 5 page 35 ).

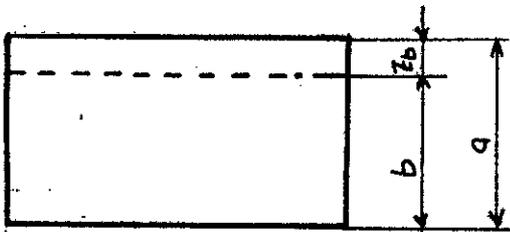
4.1.2. Interêt technique et économique des valeurs des surépaisseurs.

L'établissement d'une surépaisseur doit prendre en considération deux aspects :

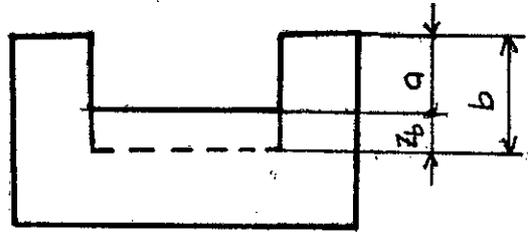
1 - Une surépaisseur excessive conduit parfois à l'élimination des couches superficielles les plus résistantes à l'usure d'une part, et elle augmente la quantité de travail, le débit du métal d'énergie électrique, et la consommation des outils d'autre part d'où augmentation des prix de revient de la pièce.

2 - Une surépaisseur insuffisante n'assurera pas l'élimination des couches superficielles défectueuses et l'obtention d'une précision et d'un état de surface imposé ce qui rend parfois l'utilisation des outils impossible

FIG. 5 :



Surface parabolique  
de révolution



Surface parabolique  
surfaces intérieures

$$Z_1 = \dots$$

$$Z_2 = a - b$$

$Z_1$  est la surface parabolique de révolution

$Z_2$  est la surface parabolique de révolution

$Z_3$  est la surface parabolique de révolution

$$Z = Z_1 + Z_2 + Z_3$$

$$Z = \dots$$

$Z$  est la surface totale

$Z_1$  est la surface intérieure

$Z_2$  est la surface extérieure

$$Z_3 = \frac{3}{2} \dots$$

...

par suite de l'existence d'une croute trop dure ou de pailles.

Les surépaisseurs insuffisantes augmentent aussi le volume de rebuts ce qui entraîne l'élévation du prix de revient du produit fabriqué.

L'établissement des valeurs optimales des surépaisseurs et des tolérances de fabrication sur les côtes pour toutes les reprises sont l'une des tâches essentielles sur le plan technique et économique.

#### 4.1.3 : Surépaisseurs symétriques et asymétriques :

- On emploie les surépaisseurs symétriques pour l'exécution des surfaces de révolution extérieures et intérieures et pour l'usinage simultané de deux plans parallèles ( fig 6 page : 57 ).

Les surépaisseurs asymétriques utilisées lors des plans opposés sont façonnés indépendamment l'un de l'autre ( fig 7 page 58 ).

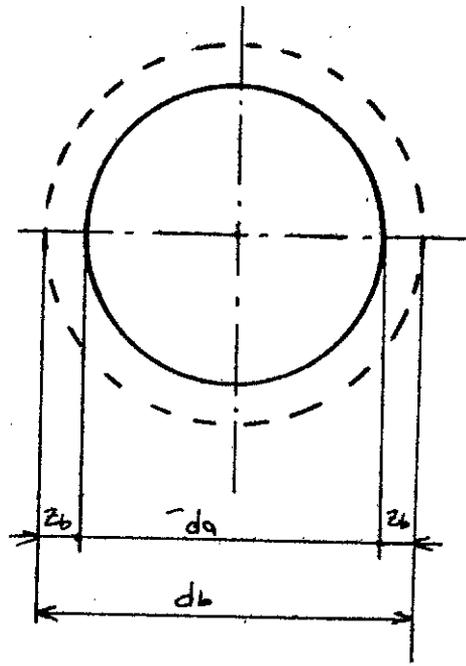
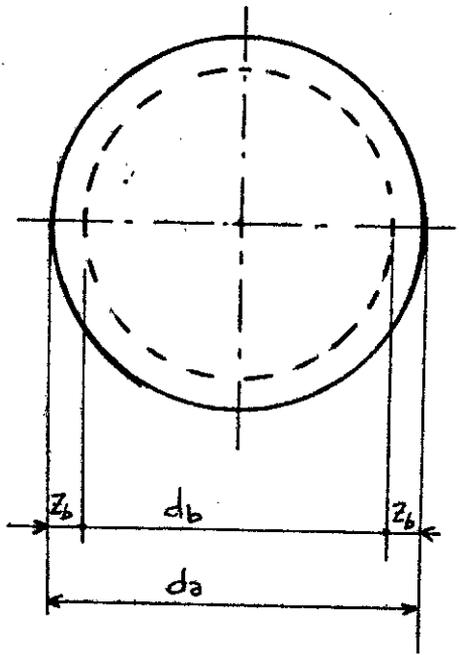
#### 4.1.4. Procédés statiques et analytiques pour l'établissement des surépaisseurs:

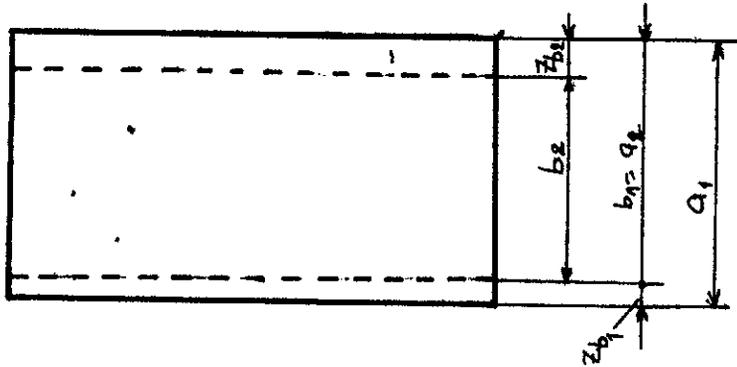
En construction mécanique l'établissement des surépaisseurs se faisait par le procédé statique.

La surépaisseur est établie pour toute la gamme d'usinage sans calculer la valeur de chacun de ses éléments, qui sera établie sur la base des surépaisseurs réelles appliquées lors de l'usinage de l'ébauche des pièces analogues. Ainsi pour les pièces de fonderie, les surépaisseurs sont, désignées indépendamment de la gamme d'usinage des surfaces élémentaires.

Les surépaisseurs établies statiquement pour la finition et le parachèvement ne tiennent pas compte des modes de positionnement et d'autres conditions concernant l'exécution des opérations de plus ces valeurs sont exagérées car elles ne prennent pas en considérations les particularités des gammes d'usinage et correspondent aux conditions d'usinage réclamant une surépaisseur maximale.

De cette méthode sont apparus des abaques donnant à l'agent de méthodes





1 - 1  
2 - 2

Une valeur prôte de la surépaisseur ce qui l'incite à procéder d'une façon mécanique sans rechercher des moyens pour la réduire.

Il a fallu donc établir un système de calcul des surépaisseurs sur une base scientifique ; dès lors en 1935 sont apparus en U.R.S.S. des ouvrages de technologie de la construction mécanique qui analysent les facteurs régissant la valeur des surépaisseurs.

Et dès 1953 est apparu la méthode analytique de calcul des surépaisseurs, qui est basée sur l'étude des facteurs qui influent sur la surépaisseur dont la valeur est définie par un calcul différencié des éléments de la surépaisseur.

#### 4.1.5 : Formule de calcul des surépaisseurs :

Lors de l'exécution des lots d'ébauche analogues sur des machines-outils réglées à l'avance, la variation des côtes dans la limite des tolérances entraîne la variation des surépaisseurs réelles pour respecter la côte  $b$  d'une pièce dont la cote limite inférieure est  $a_{\min}$  sa surépaisseur minimale doit être  $Z_{b \min}$  et d'une pièce dont la côte limite maximale est  $a_{\max}$  sa surépaisseur maximale doit être  $Z_{b \max}$  ( voir fig 8 page 40 ).

Les surépaisseurs réelles des ébauches dont les côtes se situent entre  $a_{\min}$  et  $a_{\max}$  ne sont ni inférieures à  $Z_{b \min}$  ni supérieures à  $Z_{b \max}$

Lors de l'exécution des surfaces extérieures sur une machine - outil réglée à l'avance, les côtes à respecter sont  $b_{\max}$  et  $Z_{b \max}$ , et  $B_{\min}$  pour  $a_{\min}$  et  $Z_{b \min}$

$$Z_{b \min} = a_{\min} - b_{\min} \quad ( 1 )$$

$$Z_{b \max} = a_{\max} - b_{\max} \quad ( 2 )$$

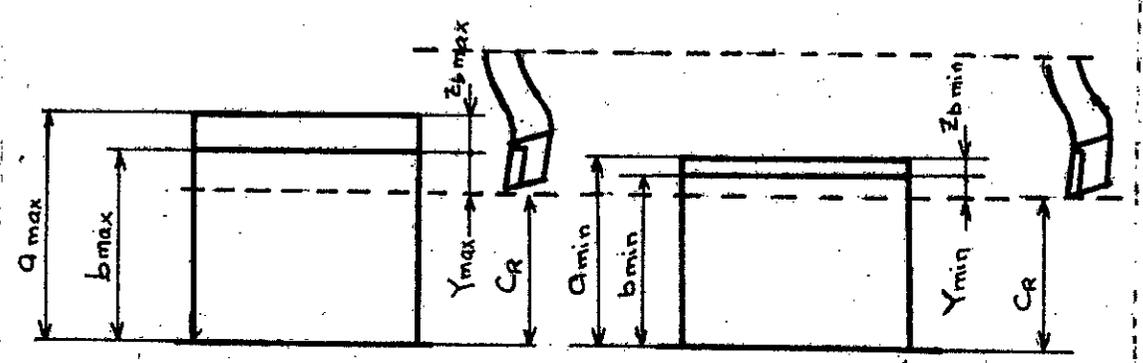
Sachant que

$$a_{\max} = a_{\min} + S_b$$

i

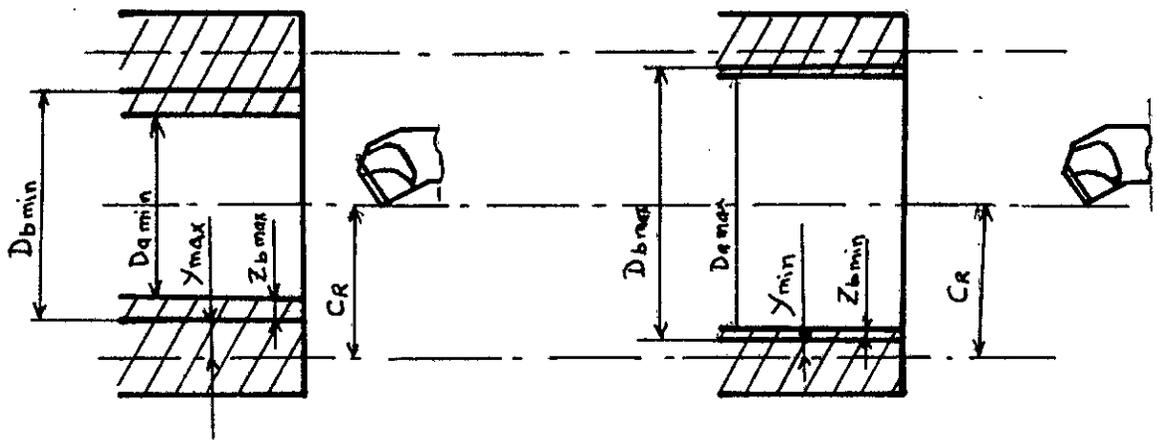
$$b_{\max} = a_{\min} + S_b$$

FIGURE



SECTIONAL VIEW OF THE BEAM: THE BEAM IS A

SECTIONAL VIEW OF THE BEAM: THE BEAM IS A



State the relationship between the following parameters for a pair of meshing spur gears.

$$Y_{\max} + Y_{\min} = 2C - (D_{a \min} + D_{a \max})$$

$$D_{b \min} + D_{b \max} = 2C$$

Ou  $S_a$  et  $S_b$  sont les tolérances sur a et b alors :

$$Z_b \text{ max} = Z_b \text{ min} + ( S_a - S_b ) \quad ( 3 )$$

Calculons la surépaisseur nominale.

$$Z_b \text{ nom} = a_{\text{nom}} - b_{\text{nom}} \quad ( 4 )$$

En remplaçant  $a_{\text{nom}}$  et  $b_{\text{nom}}$  par :

$$a_{\text{nom}} = a_{\text{min}} + H_a$$

$$b_{\text{nom}} = b_{\text{min}} + H_b$$

$H_a$  et  $H_b$  sont les écarts inférieurs des côtes réalisées par les reprises antérieures ( $H_a$ ) et en cours ( $H_b$ ) on obtient alors :

$$Z_b \text{ nom} = Z_b \text{ min} + ( H_a - H_b ) \quad ( 5 )$$

De façon analogue on peut écrire :

- Pour les surfaces intérieures, les surépaisseurs étant asymétriques.

$$Z_b \text{ min} = b_{\text{max}} - a_{\text{max}} \quad ( 6 )$$

$$Z_b \text{ max} = b_{\text{min}} - a_{\text{min}} \quad ( 7 )$$

$$Z_b \text{ max} = Z_b \text{ min} + ( S_a - S_b ) \quad ( 8 )$$

$$Z_b \text{ nom} = b_{\text{nom}} - a_{\text{nom}}$$

$$Z_b \text{ nom} = Z_{b\text{min}} + B_a - B_b \quad ( 9 )$$

$B_a$  : écart supérieur sur la reprise antérieure.

$B_b$  : " " " " " en cours.

- Pour les surfaces extérieures, les surépaisseurs étant symétriques

$$2 Z_b \text{ min} = D_a \text{ min} - D_o \text{ min} \quad ( 10 )$$

$$2 Z_b \text{ max} = D_a \text{ max} - D_b \text{ max} \quad ( 11 )$$

$$2 Z_b \text{ max} = 2 Z_b \text{ min} + S_{da} - S_{D_b} \quad ( 12 )$$

$$2 Z_b \text{ nom} = D_a \text{ nom} - D_b \text{ nom}$$

$$2 Z_b \text{ nom} = 2 Z_b \text{ min} + H_{Da} - H_{Db} \quad (13)$$

- Pour les surfaces intérieures, surépaisseurs symétriques.

$$2 Z_b \text{ min} = D_b \text{ max} - D_a \text{ max} \quad (14)$$

$$2 Z_b \text{ max} = D_b \text{ min} - D_a \text{ min} \quad (15)$$

$$2 Z_b \text{ max} = 2 Z_b \text{ min} + S_{Da} - S_{Db} \quad (16)$$

$$2 Z_b \text{ nom} = 2 Z_b \text{ min} + B_{Da} - B_{Db} \quad (17)$$

Les cotes à respecter en cours d'usinage sont

$d_b \text{ min}$  pour  $d_a \text{ min}$  et  $Z_b \text{ max}$

$d_b \text{ max}$  "  $d_b \text{ max}$  et  $Z_b \text{ min}$ .

La relation qui lie les côtes, les surépaisseurs et les tolérances est définie par le fléchissement élastique des éléments du système technologique, produit au cours de l'usinage des ébauches sur les machines-outils réglées à l'avance.

La tolérances sur la surépaisseur  $S_z$  et

$$S_z = Z_b \text{ max} - Z_b \text{ min} \quad (18)$$

En utilisant les formules (3) et (12) on obtient :

$$S_z = S_a - S_b \quad (19)$$

$$S_z = 2 Z_b \text{ max} - 2 Z_b \text{ min} = S_{Da} - S_{Db} \quad (20)$$

Les surépaisseurs d'usinage sont établies de façon à corriger par l'exécution de la reprise en cours les défauts de l'ébauche résultant de l'exécution de la reprise antérieures

A un stade quelconque de l'usinage la qualité de la surface de l'ébauche est caractérisée par les rugosités, l'état et la profondeur de la couche superficielle. Pour éviter dans la couche superficielle l'accumulation des écarts de l'état normal du métal de base, les rugosités et les défauts de la couche superficielle produits par la reprise antérieure doivent être

corrigés par la reprise en cours.

Mais les calculs de la surépaisseur doivent tenir compte non pas de la profondeur totale de la couche superficielle mais seulement de sa partie défectueuse supérieure sans attaquer la couche écrouie plus résistante à l'usure que les couches sous-jacentes et susceptible d'assurer un meilleur état de surface lors de la coupe dans cette zone ( voir fig 10 page 45 )

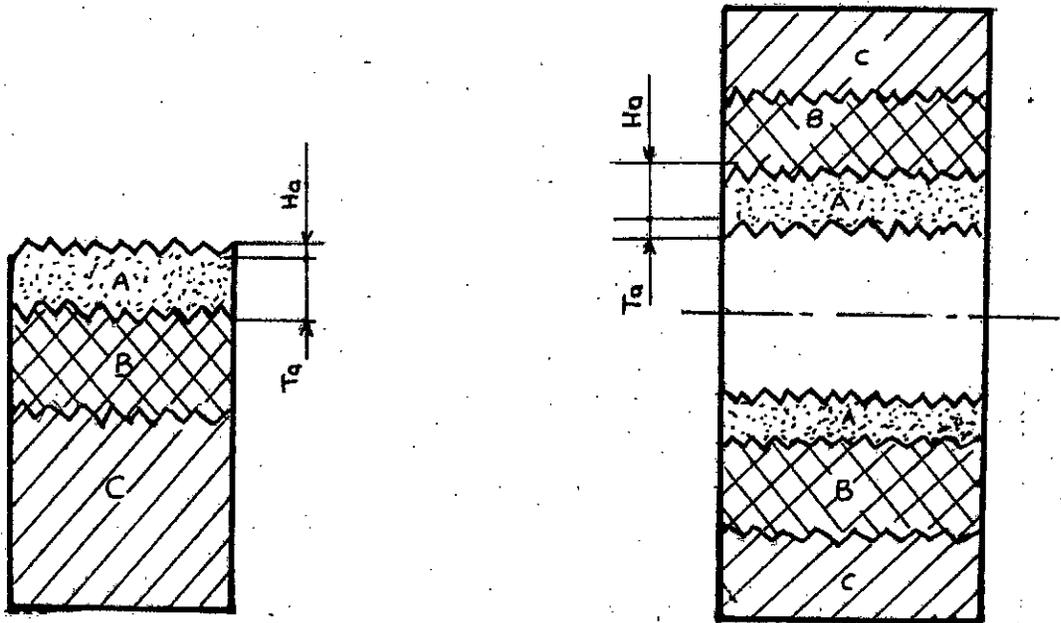
On sait que la précision de l'ébauche et de son usinage ultérieur est définie par les défauts géométriques des formes et les écarts de position relative en plus des écarts des cotes imposées dans les limites de tolérances.

Les défauts géométriques de surface ( ovalité, conicité, ensellement, tonneau, concavité, convexité, etc ..... ) ne sont admissibles que dans les limites de tolérances imposées en général, ils n'en constituent qu'une partie et de là ils ne sont pas pris en considération dans le calcul des surépaisseurs.

Les écarts de position relative ( flèches des axes, gauchissement des surfaces, écartement et défauts de parallélisme des axes, défaut de perpendicularité des axes, et des surfaces, défauts de coaxialité des fusées d'arbres et des trous, excentricité des surfaces extérieures par rapport aux trous etc ..... ) ne sont pas liés à la tolérance sur la cote d'une surface élémentaire et on en tient compte en établissant la surépaisseur minimale sous forme d'un terme additif .

Un défaut de positionnement peut avoir lieu lors de l'exécution d'une reprise peut provoquer un déplacement de l'ébauche et nécessite ainsi l'augmentation de la surépaisseur d'usinage ( Voir fig 11 page 46 )

FIG 10 :



1. Surface layer  
 surface extérieure  
 centre

2. Surface layer  
 surface intérieure  
 centre

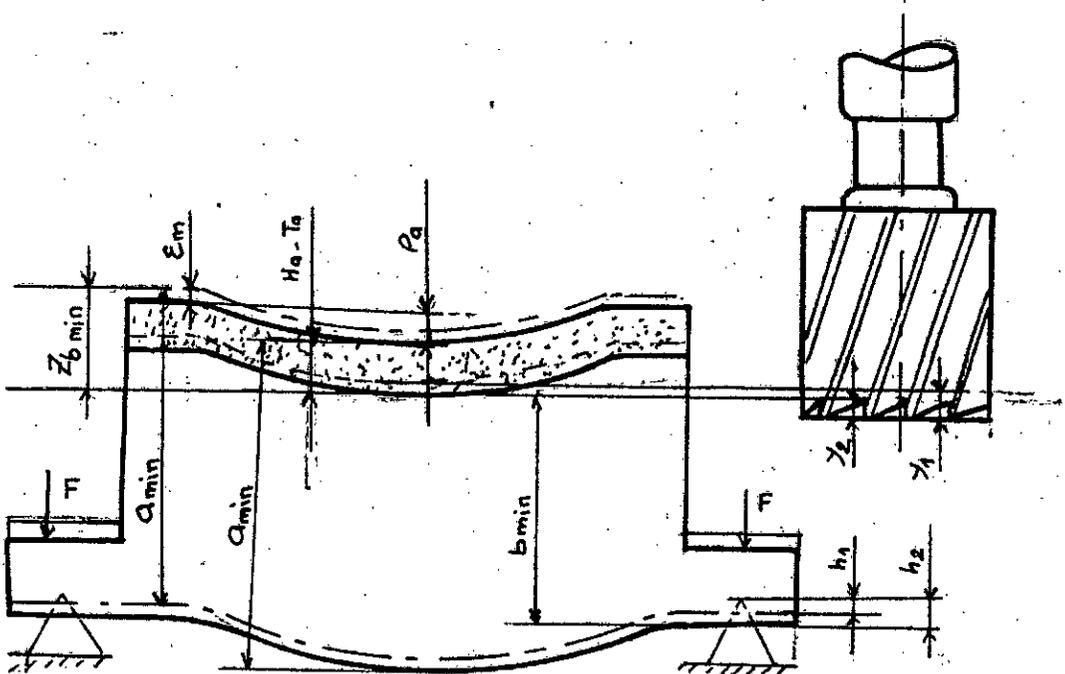
A : Zone affectée par le fluide

B : Zone de transition (couche de transition)

C : Matériau de base

$T_a$  : Épaisseur

$H_a$  : Épaisseur de la couche (surface extérieure)



Surépaisseur d'usinage asymétrique : tirage à l'échelle d'une surface extérieure

- $Y_1$  et  $Y_2$  : Valeurs des refoulements suivent l'axe de la broche
- $h_1$  et  $h_2$  : Valeurs de la déformation de la couche superficielle

Ainsi la surépaisseur minimale doit inclure :

$H_a$  : hauteur de rugosité

$T_a$  : Profondeur de la couche défectueuse superficielle

$\epsilon_m$  : défaut de mise en place ( $\epsilon_m = h_z - h_1$ ) des ébauches lors de l'exécution.

$P_a$  : Valeur totale des écarts de position produit par l'usinage antérieur

cette valeur sera donnée par

$$Z_b \min = a_{\min} - b_{\min} = (H_a + T_a) + P_a + \epsilon_m$$

En est considéré dans ce cas comme le produit de l'affaissement de l'ébauche sous l'effet de la déformation de la couche superficielle de sa surface d'assise ; cette erreur de mise en place sera compensée par une surépaisseur accrue.

L'usinage antérieur d'un trou a défini  $H_a$  et  $T_a$  ainsi que le décalage  $P_a$  de l'écartement  $P_{ec}$  de l'axe du trou par rapport à l'axe de la surface extérieure la somme de ces deux valeurs constitue le défaut de position a produit par la reprise antérieure, lors du perçage par exemple ( voir fig 12 page )

Supposons que lors de l'ablocage d'une ébauche dans un mandrin à serrage concentrique, son axe soit déplacé de l'axe de rotation à la valeur  $\epsilon_m$  alors /

$$\frac{d_{b \max}}{2} = (H_a + T_a) + \frac{d_{a \max}}{2} + |P_a + \epsilon_m|$$

$$\frac{d_{b \max} - d_{a \max}}{2} = (H_a + T_a) + |P_a + \epsilon_m| = Z_b \min$$

$$d_{b \max} - d_{a \max} = 2 Z_b \min = 2 \left[ (H_a + T_a) + |P_a + \epsilon_m| \right]$$

Le défaut de position la résultant de l'usinage antérieur et le défaut de mise en place relatifs à l'opération en cours rendent la surface extérieure de l'ébauche excentrique par rapport au trou usiné suivant la côte  $d_{b \max}$ . On doit tenir compte de cette excentricité lors du calcul de

la surepaisseur, pour le façonnage de la surface extérieure qui constitue alors un défaut de position relative.

En procédant de même manière on établit la surepaisseur asymétrique pour la surface intérieure et la surepaisseur symétrique pour la surface extérieure, on obtiendra les mêmes formules sauf que les surepaisseurs d'usinage des surfaces extérieures sont définies comme étant la différence des cotes limites minimales, alors que celles d'usinage des surfaces intérieures, comme la différence entre les cotes limites maximales, produites par deux reprises voisines.

On ne tiendra pas compte des écarts de cote et des défauts de forme de la surface usinée, car lors de l'usinage des surfaces extérieures, la cote de référence pour le calcul des surepaisseurs minimales  $Z_{b \text{ min}}$  et  $2 Z_{b \text{ min}}$  est la cote limite minimale, et lors de l'usinage des surfaces intérieures, la cote de référence est la cote maximale ; tous les écarts à partir de ces cotes ne font qu'augmenter la surepaisseur réelle par rapport à la surepaisseur minimale pratique.

Pour compléter le calcul des surepaisseurs on doit avant tout définir la somme vectorielle  $(\vec{P}_a + \vec{E}_a)$  on distingue alors les cas suivants :

- cas de l'usinage des plans  $\vec{P}_a$  et  $\vec{E}_a$  sont collinéaires :

$$\vec{P}_a + \vec{E}_a = P_a + E_a \quad (\text{somme arithmétique})$$

- Usinage des surfaces de révolution extérieures et intérieures

Dans ce cas  $\vec{P}_a$  et  $\vec{E}_a$  peuvent prendre des positions angulaires quelconques impossibles de les prévoir d'avance ; alors on fait l'approximation :

$$|\vec{P}_a + \vec{E}_a| \approx \sqrt{P_a^2 + E_a^2}$$

On obtient donc les formules définissant les surepaisseurs :

- Surepaisseur asymétrique pour l'usinage successif des plans opposés :

$$Z_{b \text{ min}} = (H_a + T_a) + (P_a + E_a)$$

- Surepaisseur symétrique pour l'usinage simultané des plans opposés :

$$2 Z_{b \text{ min}} = 2 \left[ (H_a + T_a) + (P_a + E_a) \right]$$

Surépaisseur symétrique pour l'usinage des surfaces de révolution extérieures et intérieures :

$$2 E_{\text{B min}} = 2 \left[ (E_{\text{a}} + T_{\text{a}}) + \sqrt{R^2 + E_{\text{a}}^2} \right]$$

La caractéristique de la qualité des surfaces d'ébauche à des stades divers de la fabrication permet avec une précision suffisante pour des buts pratiques d'adopter pour le calcul des surépaisseurs d'usinage des grandeurs approximatives des rugosités superficielles et de la profondeur de la couche superficielles défectueuse.

La profondeur de la couche décarburée est définie par la nuance de l'acier employé pour la fabrication de la pièce forgée, mais en calculant la surépaisseur de dégrossissage on peut remplacer cette valeur de la profondeur de couche établie en fonction des nuances variées de l'acier par des valeurs plus grandes  $H_{\text{a}}$  et  $T_{\text{a}}$ .

Les défauts de la couche superficielle sont également influencés dans une certaine mesure par les dimensions des pièces brutes, on a établi dans ce but pour les pièces venues brutes de fonderie plusieurs groupes dimensionnels en fonction de leurs dimensions maximales.

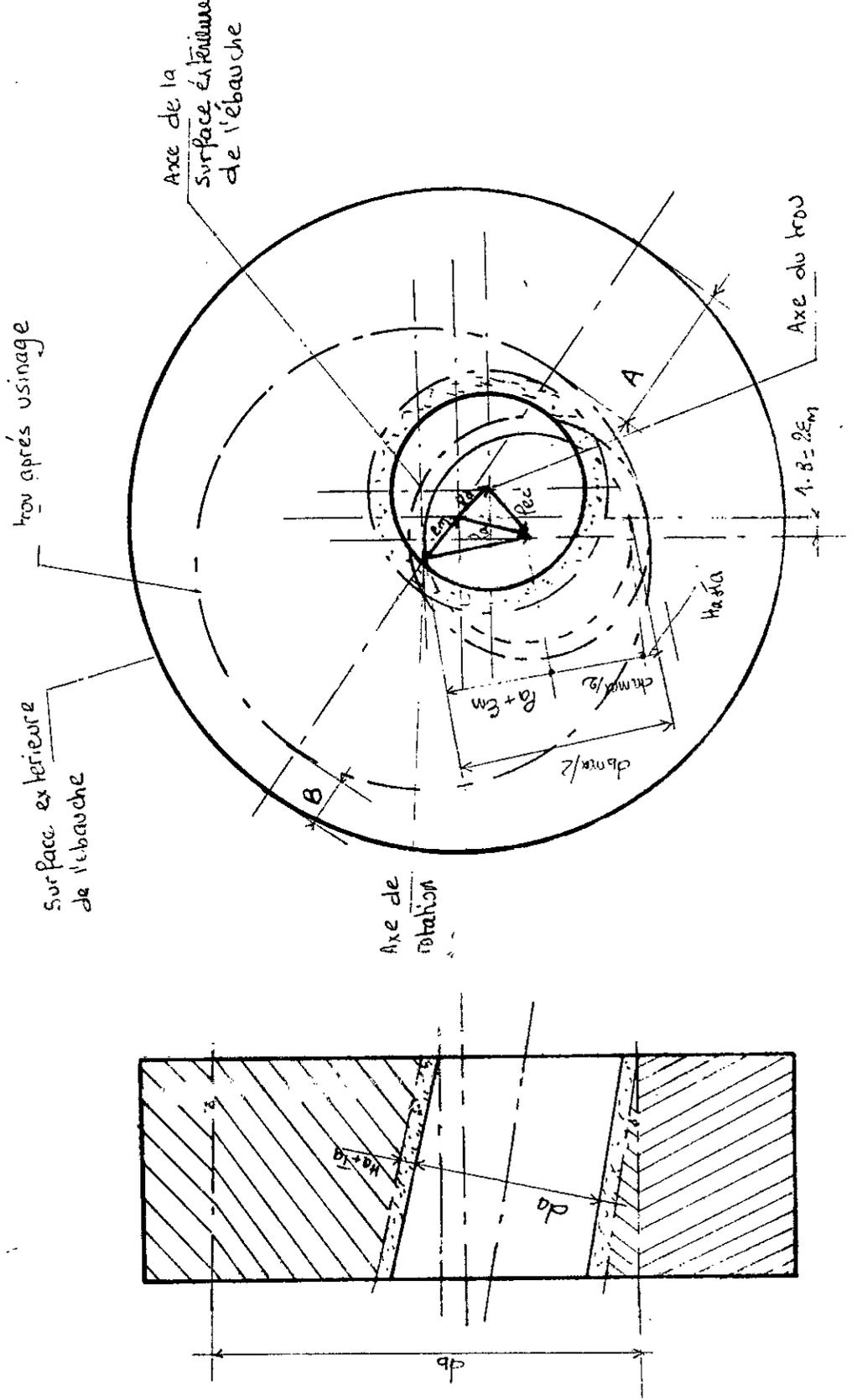
Pour les estampées on établit également plusieurs groupes en fonction du poids.

Lors du calcul des surépaisseurs d'usinages des surfaces des pièces coulées, on doit tenir compte du déplacement de l'axe du trou par rapport aux surfaces de référence. La valeur de ce déplacement doit être choisie en fonction de la distance entre l'axe du trou et la surface de référence, elle est donnée par des tableaux des écarts admissibles suivant les cotes des pièces de fonderie.

Lors du calcul des surépaisseurs d'usinage (pour un trou ou une surface de référence) le déplacement de son axe) doit être prévue par la surépaisseur d'usinage à la surface considérée. Dans le cas d'exécution d'un trou brut associé à une surface de référence, la valeur de  $E_{\text{B}}$  doit être prévue par la surépaisseur imposée au trou. ( Voir figure 12 Page ( 50 ) )

Illustration du calcul d'une surépaisseur symétrique minimale lors de

l'exécution d'un trou.



La surépaisseur devant composer le gauchissement d'une pièce est en fonction de la construction et des spécifications dimensionnelles de la pièce, c'est-à-dire sa rigidité.

L'élimination des couches supérieures à l'ébauché perturbe l'équilibre des contraintes internes et provoque la déformation de l'ébauche. Ainsi, on doit tenir compte de l'ensemble de gauchissement résiduel et du gauchissement dû à la redistribution des contraintes internes; lors du calcul de la surépaisseur de semi-finition ou finition.

On pose que la résultante des défauts de position est approximativement égale à la double valeur du gauchissement résiduel :

$$P_{cal} = 2 K_{pr} \times P_g = 2 P_{res}$$

$K_{pr}$  : coefficient de précision défini par :

$$K_{pr} = \frac{P_r}{P_a} = \frac{\text{Ecart de position résiduel}}{\text{Ecart de position initial}}$$

Gauchissement de la pièce brute pour les pièces venues de fonderie

$$P_g = \Delta g \times L$$

où  $\Delta g$  : valeur spécifique de gauchissement en  $\mu/\text{mm}$

$L$  : la cote de la surface ( longueur d'ébauche ) pour laquelle on calcule la surépaisseur en mm

- pour des pièces coulées constituées de surfaces planes étendus :

$$\Delta g = 0,7 \text{ à } 3 \mu / \text{mm}$$

- Pour des plaques :

$$\Delta g = 2 \text{ à } 3 \mu / \text{mm}$$

- Pour les supports :

$$\Delta g = 0,7 \text{ à } 1 \mu / \text{mm}$$

Dans certains cas concrets, on exclut tels ou tels termes des formules pratiques déterminant la surépaisseur d'usinage :

- En rectification sans centre, le défaut de mise en place n'est pas en considération et on obtient :

$$2 Z_b \min = 2 \left[ ( H_a + T_a ) + P_g \right]$$

On néglige les termes traduisant des défauts impossible à corriger par la reprise en cours ; ainsi pour le travail avec un alésoir à lame flottante et le brechage des trous ne corrigent pas l'excentricité et l'écartement de l'axe : le défaut de mise en place n'apparaît donc pas et la formule s'écrit :

$$2 Z_b \min = 2 ( H_a + T_a )$$

La surépaisseur de surperfection et de polissage ne fait qu'améliorer l'état de surface, elle sera définie que par hauteur de rugosités :

$$2 T_b \min = 2 H_a$$

U.1.6 : Ordre de calcul de surépaisseurs de fabrication et des cotes limites en fonction des reprises d'une gamme de fabrication.

SURFACES EXTERIEURES	SURFACES INTERIEURES.		
<p>1. Etablir les surfaces de départ et routage de l'ébauche</p> <p>2. Porter sur lafiche d'instructions détaillées des surfaces élémentaires repérées et l'ordre successif des reprises pour chacune des surfaces.</p> <p>3. Noter les valeurs de <math>H_a</math>, <math>T_a</math>, <math>R_a</math>, <math>E_m</math>, <math>S_a</math></p> <p>4. Calculer les surépaisseurs d'usinage <math>Z_{b \text{ min}}</math> pour toutes les reprises</p>			
<p>5. Noter pour la reprise terminale dans la rubrique " cote de travail " la cote limite minimale de la pièce établie suivant le dessin.</p>	<p>5. Noter pour la reprise terminale dans la rubrique " cote de travail " la cote limite maximale de la pièce établie suivant le dessin.</p>		
<p>6. Calculer la cote de travail pour la reprise antérieure à la reprise terminale de la cote de travail en :</p> <table><tr><td data-bbox="21 1078 614 1260">Additionnant à la cote limité minimale donnée par le dessin la surépaisseur calculée <math>Z_{b \text{ min}}</math>.</td><td data-bbox="614 1078 1220 1260">Soustrayant de la cote limité maximale de la cote limité maximale donnée par le dessin la surépaisseur calculée <math>Z_{b \text{ min}}</math>.</td></tr></table>		Additionnant à la cote limité minimale donnée par le dessin la surépaisseur calculée $Z_{b \text{ min}}$ .	Soustrayant de la cote limité maximale de la cote limité maximale donnée par le dessin la surépaisseur calculée $Z_{b \text{ min}}$ .
Additionnant à la cote limité minimale donnée par le dessin la surépaisseur calculée $Z_{b \text{ min}}$ .	Soustrayant de la cote limité maximale de la cote limité maximale donnée par le dessin la surépaisseur calculée $Z_{b \text{ min}}$ .		
<p>7. Calculer successivement les côtes de travail pour chaque reprise antérieure en :</p> <table><tr><td data-bbox="21 1370 614 1602">additionnant à la cote de travail imposée à la reprise qui la suit la surépaisseur calculée <math>Z_{b \text{ min}}</math></td><td data-bbox="614 1370 1220 1602">Soustrayant de la cote de travail imposée à la reprise qui la suit la surépaisseur calculée <math>Z_{b \text{ m}}</math></td></tr></table>		additionnant à la cote de travail imposée à la reprise qui la suit la surépaisseur calculée $Z_{b \text{ min}}$	Soustrayant de la cote de travail imposée à la reprise qui la suit la surépaisseur calculée $Z_{b \text{ m}}$
additionnant à la cote de travail imposée à la reprise qui la suit la surépaisseur calculée $Z_{b \text{ min}}$	Soustrayant de la cote de travail imposée à la reprise qui la suit la surépaisseur calculée $Z_{b \text{ m}}$		
<p>8. Noter les cotes minimales maximales pour toutes les reprises en arrondissant par excès défauts les cotes de travail : pousser la simplification jusqu'à la décimale avec laquelle est donnée la tolérance sur la cote de chaque reprise.</p>			

surfaces Extérieures

Surfaces Intérieures

9. Etablir les côtes limites :

maximale en ajoutant

minimale en retranchant

la tolérance à la cote limite

minimale arrondie

maximale arrondie.

10. Noter les valeurs limites des surépaisseurs  $Z_b \max$  en tant que différence entre les cotes limites :

maximales

minimales

et  $Z_b \min$  en tant que différence entre les cotes limites

minimales

maximales

des reprises antérieurs et en cours.

11. Calculer les surépaisseurs totales  $Z_D \max$  et  $Z_o \min$  en additionnant les surépaisseurs intermédiaires.12. Vérifier les calculs effectués en confrontant les différences entre les surépaisseurs  $Z_b \max - Z_b \min$  et les tolérances  $S_a - S_b$  suivant la formule ( 20 ), la différence entre les surépaisseurs de fabrication doit être égale à celle qui existe entre les tolérances sur les cotes de fabrication, alors que la différence entre les surépaisseurs totales, à celle existant entre les tolérances imposées sur les cotes de la pièce brutes et la pièce finie.

Notes :

1. Du fait que les opérations diffèrent suivant qu'il s'agit de surfaces extérieures ou intérieures, pour prévenir les erreurs il est recommandé de ne pas les noter au fur et à mesure de la réalisation des calculs mais de grouper successivement les chiffres relatifs aux surfaces extérieures, d'une part, et aux surfaces intérieures d'autre part.

2. Lors de l'usinage des plans associés à partir des points d'appui variables, il est recommandé d'établir les séries dimensionnelles définissant l'association de la surface en oeuvre avec la surface de référence.
3. Lors de l'usinage simultané des plans opposés ( fraisage des plans dressage des faces etc...) pour améliorer la précision il est recommandé d'égaliser les surépaisseurs en doublant celle qui est grande.

---

#### 4.2 : Calcul des surépaisseurs pour l'obtention unitaire des cotes

##### 42.1 Particularités du calcul des surépaisseurs dans les travaux unitaire.

Le calcul des surépaisseurs pour l'obtention unitaire des cotes est régi par les mêmes principes que celui de l'obtention automatique des cotes, sauf que dans ce cas en mise en place et le dégauchissement s'opèrent par rapport aux éléments de travail de la machine, et la cote est respectée grâce à des vérifications effectuées après chaque enlèvement d'un copeau d'essai.

D'où le défaut de mise en place  $\xi_u$  est remplacé par le défaut de dégauchissement  $\xi_B$ .

##### 42.2 Usinage des grosses pièces et traçage

En usinage d'une ébauche unitaire la cote de la surface obtenue ne peut pas être absolument uniforme sur toute l'étendue ; elle varie dans certaines limites d'une valeur minimale à une valeur maximale.

En grosse mécanique, le calcul des surépaisseurs à une importance particulière, car dans le cas d'usinage de pièces très grosses, des surépaisseurs exagérés ne font pas qu'augmenter les pertes de métal par enlèvement de copeau, mais accroissent en plus nettement la durée de l'usinage, par contre le rebut résultant des surépaisseurs insuffisantes est inadmissible, c'est pourquoi on doit trouver un compromis entre ces deux cas afin d'obtenir une pièce saine en tenant des particularités de l'exécution de l'ébauche et de son façonnage ultérieur.

La vérification de la validité d'une pièce brute se fait par le traçage qui permet de mettre en évidence les défauts de forme réels et les défauts de position. Le traçage rend possible le calcul, avec une précision suffisante pour des buts pratiques, de la diminution graduelle des défauts et permet de corriger les surépaisseurs de dégrossissage, d'ébauche et de semi-finition établies au début.

#### 4.2.3: Formules pratiques pour le calcul des surépaisseurs :

Le calcul préalable des surépaisseurs et leurs corrections après la fabrication et le traçage de la pièce brute sont effectués suivant les formules :

- Surépaisseurs asymétriques lors de l'exécution des plans :

$$Z_b \text{ min} = ( H_a + T_a ) + ( \epsilon_a + \epsilon_B )$$

- Surépaisseur symétrique lors de l'usinage de surfaces de révolution :

$$2 Z_b \text{ min} = 2 \left[ ( H_a + T_a ) + \sqrt{\epsilon_a^2 + \epsilon_B^2} \right]$$

$Z_b \text{ min}$  : Surépaisseur minimale de l'usinage ( par côte ) rapportée à la cote minimale de l'ébauche par les surfaces extérieures et, à la cote maximale de l'ébauche pour les surfaces intérieures

$H_a$  : la hauteur (  $H_{\text{moy}}$  ) de rugosités superficielles.

$T_a$  : la profondeur de la couche superficielles défectueuse

$\epsilon_a$  : la valeur totale des défauts de position de la surface en oeuvre.

$\epsilon_B$  : le défaut de mise en place avec dégauchissement de l'ébauche pour la reprise en cours.

Les ébauches employées généralement dans les travaux unitaires sont :

- Des laminés
- Des pièces fabriquées par forgeage libre.
- Des pièces obtenue par moulage en sable, moules exécutés à la main ou par sablage.

Dans les petites séries on :

- Pièces formées dans les matrices volantes
- Des pièces obtenues par moulage en sable, moules exécutés à la machine et par coulée centrifuge.

4.2.4 : Données approximatives pour le calcul des surépaisseurs

\* Valeurs de  $(H_a + T_a)$  pour les pièces brutes :

- Pour les laminés  $H_a + T_a = 0,3$  mm
- Pour les pièces exécutées par forgeage libre :

COTES TRANSVERSALES ( mm )	50 ÷ 180	180 ÷ 500	500 ÷ 1000	1000 ÷ 2000
$(H_a + T_a)$ ( mm )	2	3	4	5

- Pour le moulage en sable : moules exécutés à la main.

cotes maximales ( mm )	jusqu'à 500	500 à 1250	1250 à 3150	3150 à 6700	6700 à 10 <sup>4</sup>
$H_a + T_a$ (mm)	0.8	0.9	1	1.5	2

Pour la surface supérieure en position lors de la coulée, on augmente  $(H_a + T_a)$  pour obtenir après le façonnage une surface de qualité imposée. Cet excès de la valeur de  $(H_a + T_a)$  pour la partie supérieur de l'ébauche en position conforme à la coulée du métal dans le moule varie en fonction des dimensions.

0,5 ÷ 3mm

Pour les pièces en fonte grise

0,5 ÷ 7mm

" " " de fonte en acier

\* Valeurs des défauts de positions relatives des surfaces des ébauches brutes.

- Pour les laminés, les défauts de positions relatives se traduisent par des courbures, les normes admettent une courbure locale de 5 mm par 1 m de longueur.

Le dressage des ébauches mises à longueur réduit de la manière suivante la valeur de la courbure spécifique :

Diamètre de la barre ( mm )	jusqu'à 30	30 $\div$ 80	+ 80
Courbure spécifique de mm/mm	1,0	0,8	0,5

- Pour les pièces coulées, le gauchissement et le déplacement des noyaux générateurs des trous et des surfaces intérieure sont les défauts de position essentiels

Le gauchissement d'une pièce brute  $P_g$  est donnée par

$$P_g + D_g L$$

$D_g$  : Valeur spécifique du gauchissement en mm/m

$L$  : Cote maximale de la surface usinée en m

$D_g = 0,7 \div 3$  mm /m pour les plaques et les disques

$D_g = 0,7 \div 1$  mm /m pour les corps.

- Pour le calcul des surépaisseurs d'usinage des pièces coulées comportant des trous, il faut tenir compte du déplacement de l'axe du trou par rapport à la surface de référence.

Lors du positionnement par le trou brut la surépaisseur d'usinage de la surface en oeuvre tient compte de  $P_d$ .

Lors de l'usinage d'un trou brut à partir d'une surface d'appui associée, c'est la surépaisseur d'usinage du trou qui doit rendre compte de la valeur de  $P_d$ .

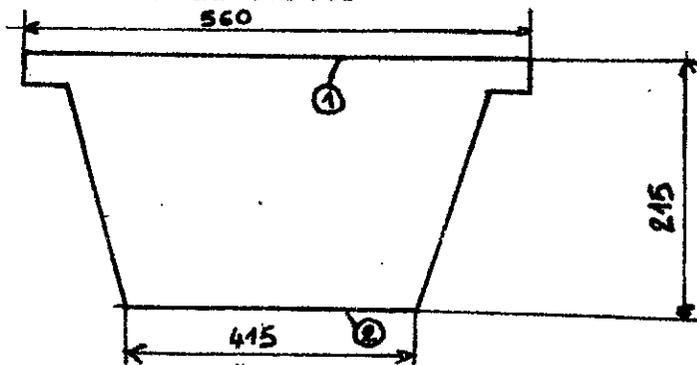
- Défaut de mise en place d'une ébauche avec de gauchissement.

Mode de mise en place	Cote d'ébauche en m		
	jusqu'à 3	3 - 6	+ 6
Dégauchissement suivant le traçage	$\pm 0,5$	$\pm 1,0$	$\pm 1,5$
Dégauchissement suivant une surface usinée.	$\pm 0,1$	$\pm 0,2$	$\pm 0,3$
Dégauchissement suivant une surface brute	$\pm 1,5$	$\pm 2,0$	$\pm 3,0$

CHAPITRE V : USINAGE DU CORPS DE REDUCTEUR

Calcul des surépaisseurs des surfaces usinées :

-Partie inférieur du carter



Face 1

On fait un surfaçage sur une longueur de  $LL = 225\text{mm}$   
; Gauchissement de la pièce brute :

$$P_g = \Delta g \cdot L$$

$$= 1 \times 0,225 = 0,225\text{mm} \quad (\text{page } \quad )$$

. Défaut de mise en suivant le traçage :

$$\epsilon_B = 0,5 \text{ mm} \quad (\text{page } \quad )$$

Lors de la coulée la surface usinée se trouve en donc

$$L_a + T_a = 0,8 + 0,6 = 1,4$$

. Surépaisseur enlevée par l'ebauche

$$Z_{\text{min}} = 1,4 + (0,225 + 0,5) = 2,125 \text{ mm}$$

Calculons le gauchissement résiduel qui est donnée

par la formule empirique :

$$P_{\text{res}} = W_{\text{sys}} \cdot A \cdot [p^x - (p^x - P_g)^x]$$

$W_{\text{sys}}$  : flexibilité du système machine -outil-pi

$$W_{\text{sys}} = 1 \text{ u/ kg}$$

$F$  : Profondeur de passe

$x$  : coefficient = 0.9

$A$  : coefficient défini par :

$$A = C_x F^y x^z$$

C : Coefficient définissant les conditions de coupe,

P : Prondeur de passe en mm

a : Avance en mm/tr

On prendra :

$$A = 0.13 \times 2^{0.75} \times 200^{1.3} = 214.2$$

Donc :

$$P_{res} = 1 \times 214.2 [2.13^{0.9} - (2.13 - 0.225)] \\ = 40 \text{ u}$$

Compte tenu de la déformation de l'ébauche résultant de la perturbation de l'équilibre des contraintes internes provoquée par l'enlèvement par l'ébauche de la couche supérieure sollicitée .

On prendra :

$$P'_{res} = 2 P_{res} = 2 \times 40 = 80 \text{ u}$$

Le défaut de dégauchissement avant le surfacage est

$$E_B = 0.1$$

Surépaisseur de finition est alors:

en posant  $H_a = 150 \text{ u}$

$$Z_{bmin} = 150 + (2 \times 80 + 100) \\ = 410 \text{ u} = 0.41 \text{ mm}$$

Surépaisseur totale :

$$Z_{tmin} = 2.13 + 0.41 = 2.54 \text{ mm}$$

On prendra la valeur de 2.55 mm

Face 2 :

On procédera de même façon :

Gaunissement de la pièce brute :

$$P_g = 1 \times 0.225 = 0.225 \text{ mm}$$

Défaut de mise en place suivant le traçage :

$$\epsilon_B = 0.5$$

Lors de la coulée la surface usinée se trouve en bas donc :

$$H_a + T_A = 0.8$$

Surépaisseur enlevée par l'ébauche

$$Z_{bmin} = 0.8 + (0.225 + 0.5) = 1.53 \text{ mm}$$

Gauchissement résiduel :

$$\begin{aligned} P'_{res} &= 1 \times 214.2 [1.53^{0.9} - (1.53 - 0.225)] \\ &\approx 42u \end{aligned}$$

On prendra  $P'_{res} = 2 \times 42 = 84 \text{ u}$

Surépaisseur de finition :

$$Z_{bmin} = 100 + (84 + 100) = 334u = 0.$$

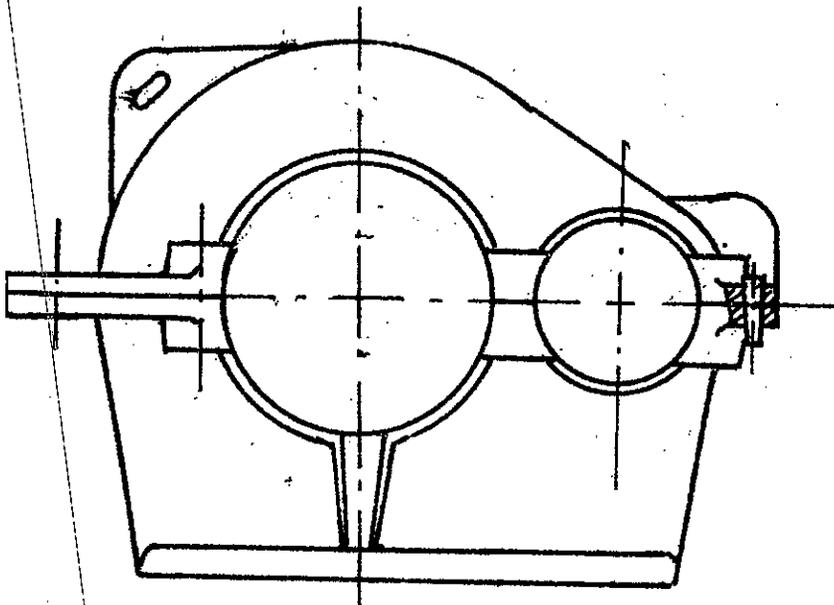
Surépaisseur totale :

$$Z_{tmin} = 1.53 + 0.33 = 1.86 \text{ mm}$$

On prendra :

$$Z_{tmin} = 2 \text{ mm}$$

Usinage des alésages



Alésage de  $\varnothing 140$  mm

$$2Z_{bmin} = 2 \left[ (H_a + T_a) + \sqrt{P_a^2 + \epsilon_0^2} \right]$$

$$H_a + T_a = 0,8$$

Le déplacement de l'axe est donné suivant les cotes de référence d'après les écarts admissibles prévues pour 1 pièces coulées :

$$P_{dep} = \sqrt{P_{dep_1}^2 + P_{dep_2}^2}$$

$P_{dep_1}$ : déplacement de l'axe par le coté gauche ou dr

$P_{dep_2}$ : " " " d'en bas ou de haut

$$P_{dep} = \sqrt{2 \cdot 2^2 + 2 \cdot 2^2} = 3,11 \text{ mm}$$

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

$$2Z_{bmin} = 2 \left[ 0,8 + \sqrt{3,11^2 + 0,5^2} \right] = 7,90 \text{ mm}$$

Pour la surépaisseur de finition  $H_a = 150$  u  $A_{m214}$

Calculons le déplacement résiduel  $P'_{res}$  et défaut de mise en place résiduel avec le dégauchissement  $\epsilon_0$

$$P_{res} = 1 \times 214,2 \times [3,95^{0,9} (3,95 - 3,11)^{0,9}] = 554$$

On introduit un coefficient de précision de l'ébau

$$K'_{pk} = \frac{P_{res}}{P_{dep}} = \frac{554}{3110} = 0,18$$

$$\epsilon'_{Bres} = 0,18 \times 0,5 = 0,09$$

La surépaisseur pour la finition de l'alésage :

$$2Z_{bmin} = 2 \times \left( 150 + \sqrt{554^2 + 90^2} \right) = 1423 \text{ u} = 1,42 \text{ mm}$$

Finition :

$$A = 0,13 \times 0,1^{0,75} \times 200^{1,5} \approx 16,1$$

$$H_a = 20 \text{ u}$$

$$P''_{res} = 1 \times 16,1 \left( 0,71^{0,9} - (0,71 - 0,554)^{0,9} \right) = 8,8 \text{ u}$$

$$K''_{pr} = \frac{P''_{res}}{P'_{res}} = \frac{8,8}{554} = 0,016$$

$$E_{\text{Bre}\bar{s}} = E_{\text{Bres}} \times K_{\text{pr}}^n$$

$$= 0.016 \times 0.09 = 0.0015 = 1.44 \mu$$

La surépaisseur à prévoir pour l'usinage définitif d'un alésage fini

$$2Z_{\text{bmin}} = 2 \left( 20 + \sqrt{8.8^2 + 1.44^2} \right) = 58 \mu$$

La surépaisseur totale d'usinage :

$$2Z_{\text{tmin}} = 7.7 + 0.058 = 9.38 \text{ mm.}$$

## 5.2. Commentaire

Notre usinage en machine-outil à commande numériques commence de la phase (20) de la gamme d'usinage ( voir gamme d'usinage ) c'est-à-dire, après avoir utilisé les machines universelles pour les surfacages des deux (2) surfaces de contact, le perçage des trous de fixation de la partie supérieure du corps sur la partie inférieure. En assemblant les deux (-) parties, on obtient un corps qui sera fixé sur la table de la machine-outil à commande numérique et en coincidant son centre avec le centre de la table.

- On fixe sur le porte-outil de la machine un comparateur avec lequel on touche le bord extrême droit de l'alésage  $\varnothing 140$  et la machine affichera sur le cadran le résultat du déplacement parcouru et à l'aide d'une touche sur le clavier on remettra l'affichage à zéro.

- On déplace le comparateur gauche de l'alésage, le cadran affichera la distance parcourue qui représente le diamètre de l'alésage.

- On revient en arrière de moitié de la distance affichée ce qui donnera le centre de l'alésage. En cette position on remet la machine à zéro. On obtient donc :  $(x=0)$

- Puis, on déplace le comparateur vers le haut jusqu'à l'extrémité de l'alésage et de la même façon, on déterminera :  $(y= 0)$

- Puis on touche avec le comparateur le bord extrême de l'alésage pour obtenir :  $(z=0)$

- En procédant ainsi, on détermine l'origine de la machine  $( 0,0,0)$  qui sera le centre de l'alésage  $\varnothing 140$  .

### 5.3. Désignation des outils

- TO 10 : fraise cylindrique  $\varnothing 80$
- TO 20 : Alésoir creux de finition à alésage conique  
NFE 66.00 :  $\varnothing 80$
- TO 30 : Forêt à centre type A  $\varnothing$
- TTO 40 : Forêt hélicoïdal à percer en .ARES  $\varnothing 6$
- TO 50 : Forêt hélicoïdal à percer en .ARES  $\varnothing 10$
- TO 60 : Forêt hélicoïdal à percer en .ARES  $\varnothing 9$
- TTO 70 : Taraud machine polygon M 10
- TO 80 : Taraud machine polygon M 12

## C O N C L U S I O N

Cette étude est un aperçu général sur l'établissement d'une gamme d'usinage, et l'usinage en commande numérique .

Ainsi, pour établir une gamme d'usinage, il faut tenir compte de plusieurs paramètres, combien faut il enlever de matière de façon à avoir un bon état de surface sans perdre de la matière ni de temps .

Pour usiner le corps de réducteur, on a essayé d'établir les différentes surépaisseurs sans pour ce<sup>l</sup>a entrer dans les détails vu le manque de documentation .

La deuxième partie de mon projet, consiste à la réalisation d'un programme d'usinage sur une machine outil à commande numérique dont l'importance joue un rôle prédominant dans l'industrie actuelle .

Pour terminer, souhaitant que mon travail a englobé tous les points essentiels de ce thème .

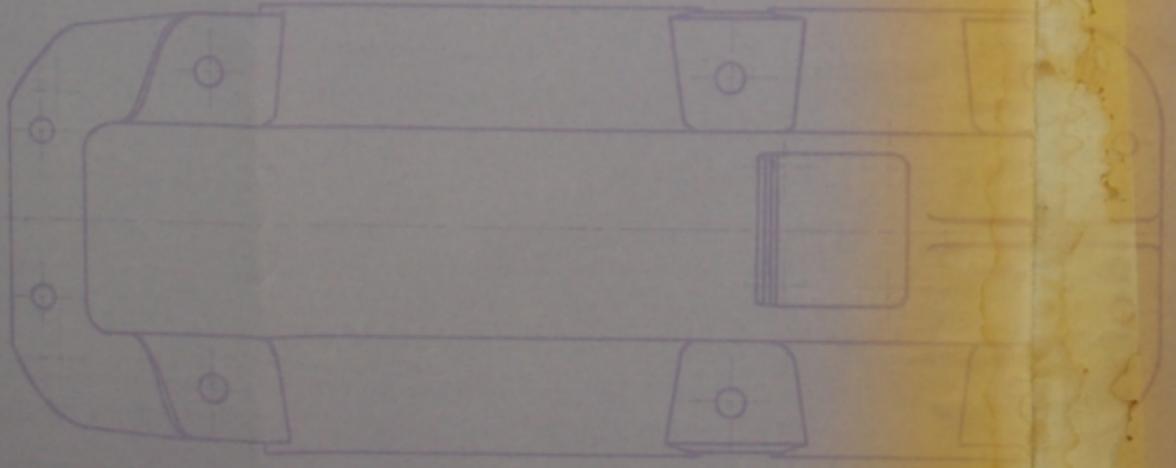
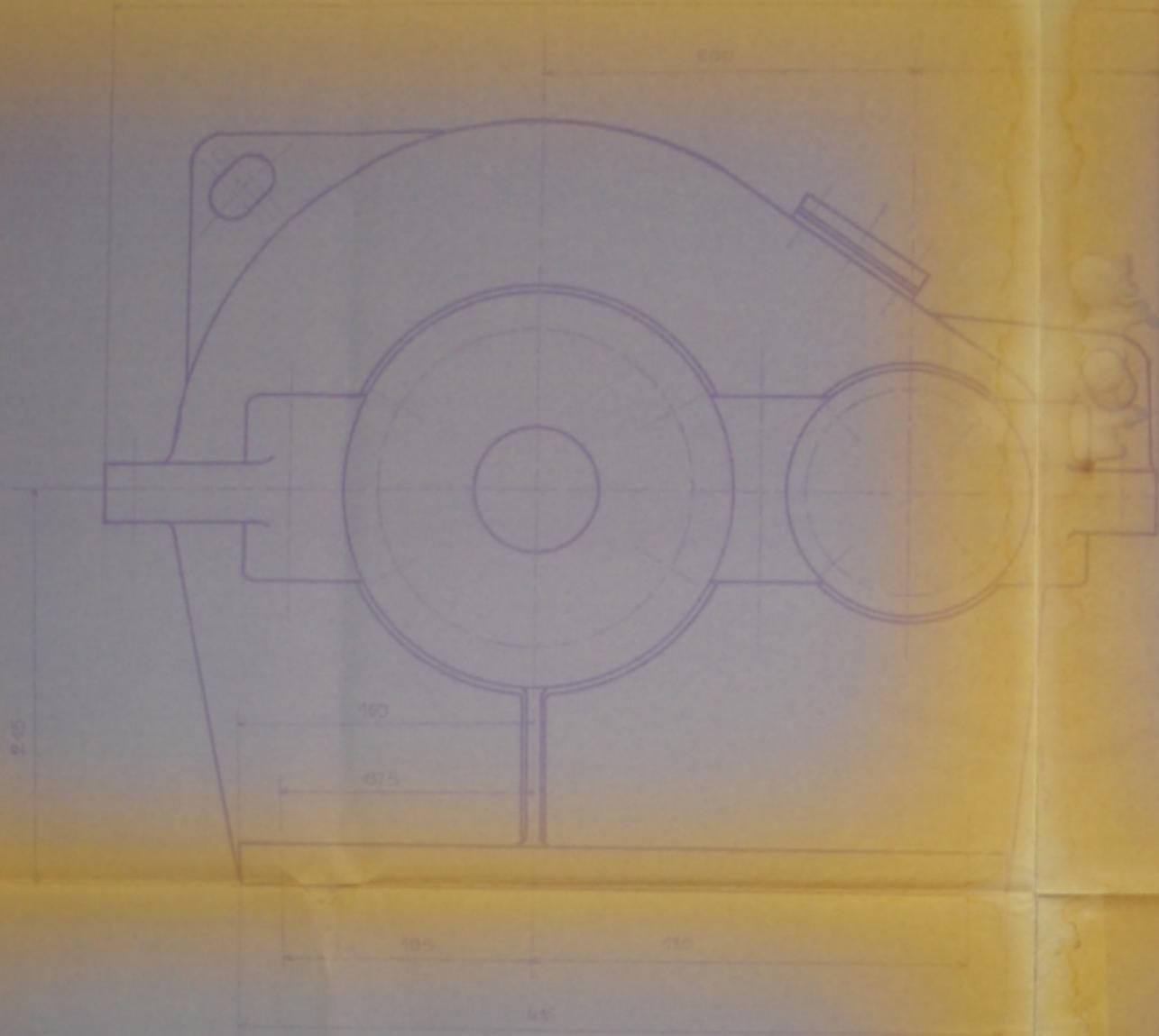


Table des figures

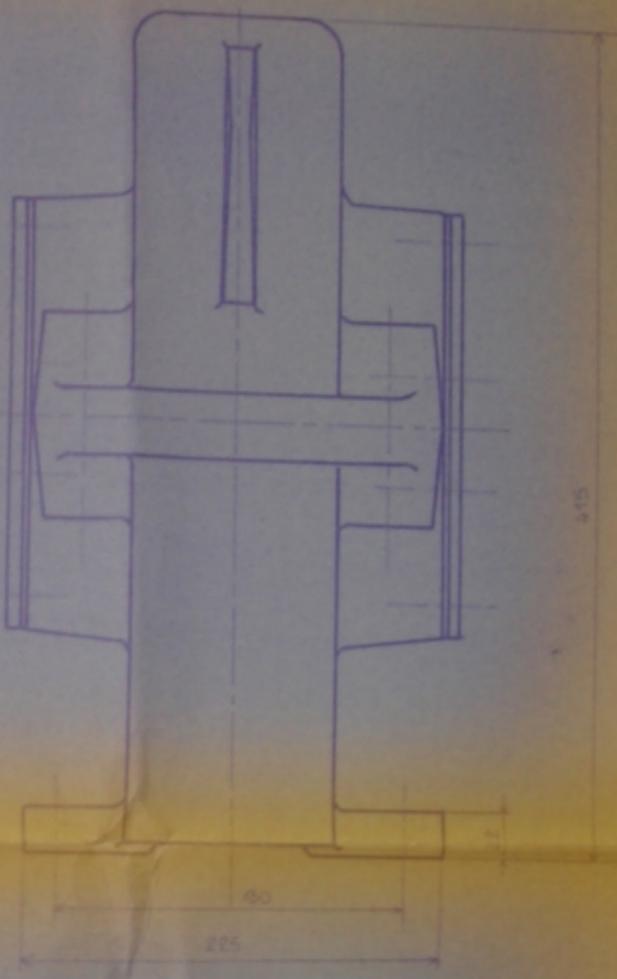
- Fraisage en commande paraxial.....	8
- Changement de sens avec ou sans réduction de vitesse .....	21
- Sélection de plans .....	22
- Image de perçage .....	32
- Surépaisseur d'usinage d'une surface de révolution et d'une surface intérieure .....	36
- Surépaisseur d'usinage symétrique.....	37
- Surépaisseur d'usinage asymétrique.....	38
- Exécution d'une surface externe sur sur une machine réglée à l'avance.....	40
- Exécution d'une surface intérieur sur une machine réglée à l'avance.....	41
- Couche superficielles .....	45
- Surépaisseur d'usinage asymétrique minimale d'exécution d'une surface extérieure.....	46
- Surépaisseur symétrique minimale lors de l'exécution d'un trou .....	50

## S O M M A I R E

Chapitre I : Generalités sur la commande numérique	1
1. 1. Définition de la commande numérique	2
1.1.1 Historique de la commande numérique	3
1. 3 Interêts	4
Chapitre II : Classification des machines-outils à commande numérique	7
2.1. Classification selon le mode de travail	7
2.2. Classification selon le mode de fonctionnement	10
Chapitre III : Le système Sinumérík Sprint 8M	12
3.1. Caractéristiques	12
3.2. Programmation	13
3.3. Code de programmation	18
3.4. Cycle de perçage	29
Chapitre IV : Gamme d'usinage	34
4.1. Calcul de surépaisseur en usinage	34
4.2. Calcul de surépaisseur pour l'obtention des cotes unitaires	55
Chapitre V : Usinage du corps de réducteur	60
5.1. Calcul des surépaisseurs des surfaces usinées	60
5.2. Commentaire du programme	65
5.3. Désignation des outils	65
Table des figures	66
Conclusion	67



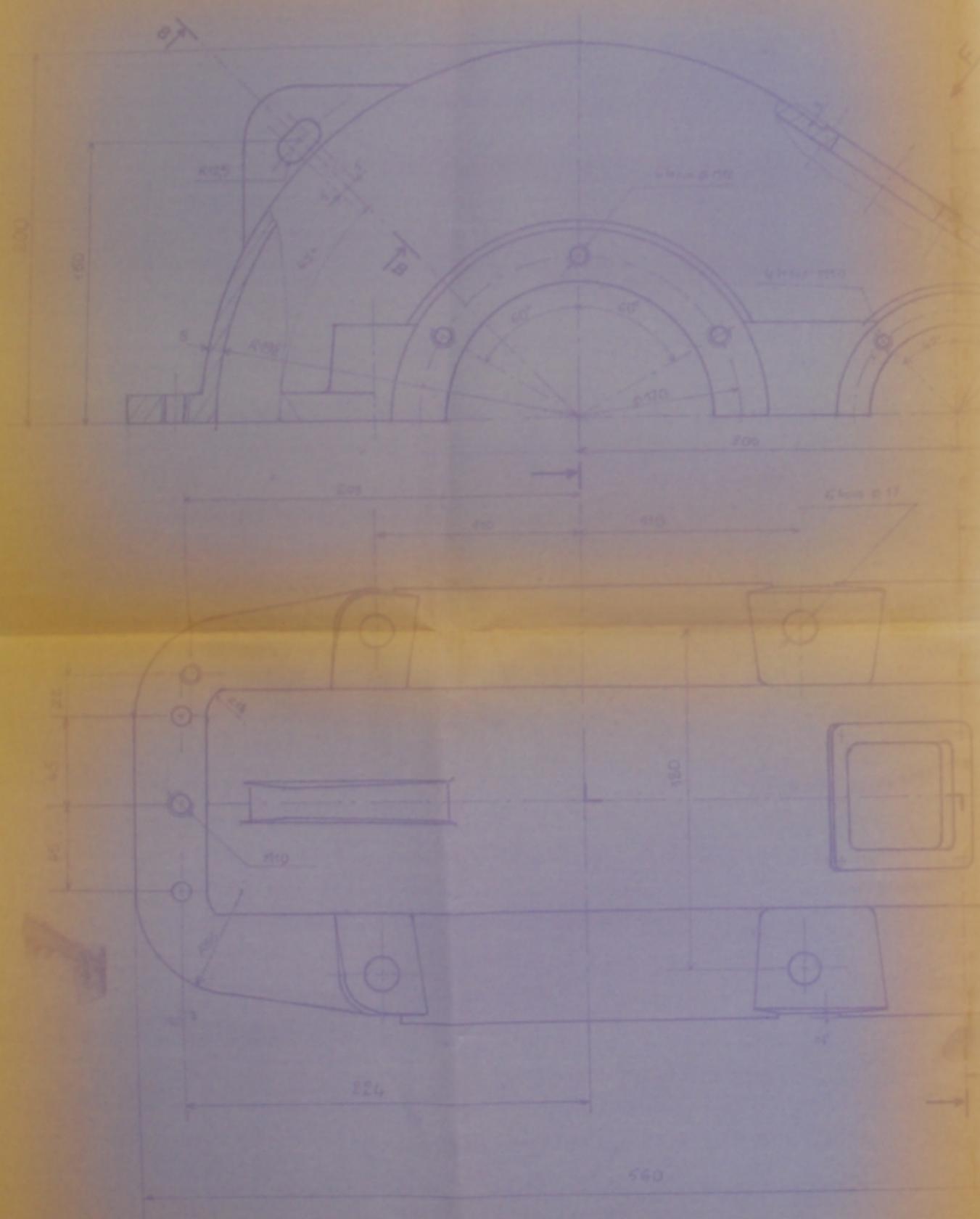
المدرسة الوطنية للتكنولوجيا  
 المكتبة — BIBLIOTHEQUE  
 Ecole Nationale Polytechnique



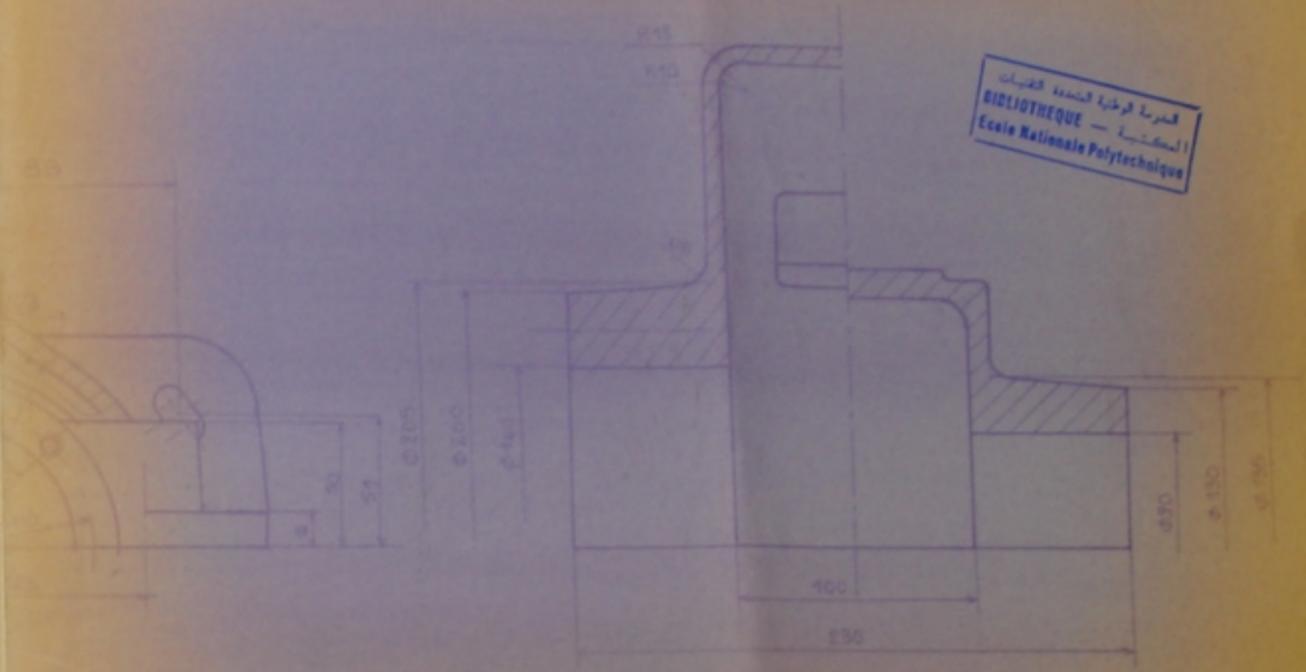
المدرسة الوطنية للتكنولوجيا  
 المكتبة — BIBLIOTHEQUE  
 Ecole Nationale Polytechnique

PM 022 84  
 - 1 -

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE			
Echelle	Masse	CORPS DE REDUCTEUR	ENPA Dép. MECANIQUE
1/25			
Projeteur	BRASINSH		
Etudiant	KHELIL		
Jury	Korawsh	PROO	
1973	KHACK		

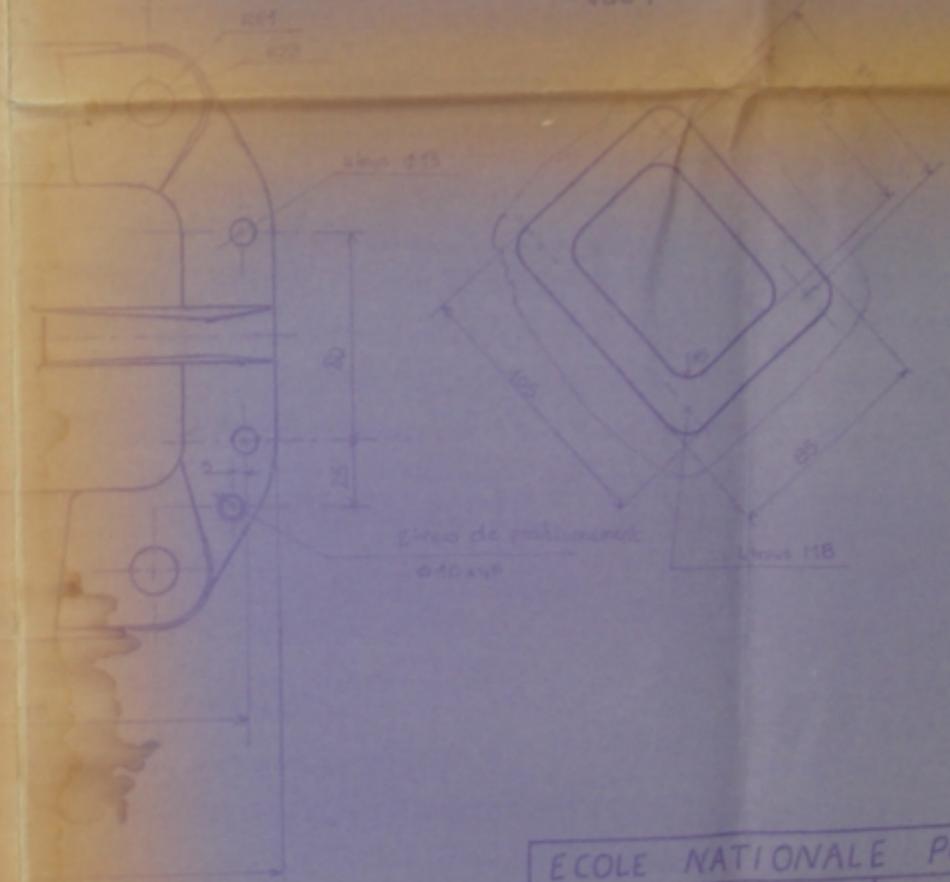


Coupe AA

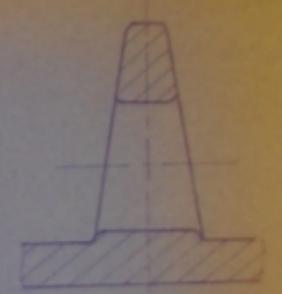


المدرسة الوطنية لتكنولوجيا  
المحاسبة - المكتبة  
BIBLIOTHEQUE  
Ecole Nationale Polytechnique

Vue F



Section BB



المدرسة الوطنية لتكنولوجيا  
المحاسبة - المكتبة  
BIBLIOTHEQUE  
Ecole Nationale Polytechnique

PMo2284

- 2 -

ÉCOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE . ALGER				
Echelle	Masse			PARTIE SUPERIEURE DU CORPS
05				
Étudiant	Khabt	01.24	01	PR01
Projeteur	Kalouak			
Tuteur	Kalouak			
Tuteur	Kalouak			

