

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

66/87

وزارة التعليم و البحث العلمي
Ministère de l'Enseignement et de la Recherche Scientifique

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
BIBLIOTHEQUE — المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

DEPARTEMENT GENIE MECANIQUE

1 EA

PROJET DE FIN D'ETUDES

SUJET

**ELABORATION D'UN LOGICIEL
POUR L'USINAGE DES AUBES
DES ROUES CENTRIFUGES OUVERTES**

Proposé par :

M. BOUAZIZ

Etudié par :

M. SI - AHMED

Dirigé par :

M. BOUAZIZ

PROMOTION : JUIN 1987

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE D'ALGER
DEPARTEMENT DE GENIE MECANIQUE
PROMOTEUR : M. BOUAZIZ
ELEVE INGENIEUR : SI-AHMED Mohamed

وزارة التعليم العالي

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
دائرة الهندسة الميكانيكية

الموضوع :- إعداد برنامج معلوماتي لاستصناع ريشات العجلات
النصف مفتوحة ذات الطرد المركزي

الملخص :- يتمثل هذا العمل في إعداد برنامج معلوماتي للحساب
من شأنه ان يسمح لنا بتعيين مختلف النقاط
التي تحدد لنا شكل ريشة بالنسبة للمضخات
ذات الطرد المركزي للتمكن من
إعداد برنامج الاستصناع بواسطة
آلة ادوية ذات تحكم عددي .

Sujet : Elaboration d'un logiciel pour l'usinage des aubes
des roues centrifuge semi-ouvertes

Résumé : Ce travail porte sur la conception d'un logiciel
de calcul permettant de déterminer les différents
points donnant le profil d'une aube de pompes
centrifuges, afin de pouvoir élaborer un programme
d'usinage de ces dernières sur machine -outil
à commande numérique (MOCN).

Subject : Elaboration of an software for machining the
blade of centrifugal wheel

Abstract: This topic deals with the conception of an
calculus software for determination of different
points of blade profile of centrifugal wheel in
order to elabore machining programme of this one
on the MOCN .

REMERCIEMENTS

Je remercie Monsieur M. BOUAZIZ, chargé de cours à l'Ecole Nationale Polytechnique d'Alger, pour l'aide et les conseils qu'il m'a prodigués tout au long de ce projet. Que tous ceux qui ont contribué à ma formation d'ingénieur s'assurent de ma profonde reconnaissance.

Je remercie particulièrement,

Monsieur Boualem OUAZIA, Ingénieur d'état diplômé de L'ENPA pour l'aide précieuse.

DEDICACES

A mes parents

A mon frère et mes sœurs

A ma bien aimée S.B

A toute ma famille, mes amis (es)

A tout ce qui vivent pour un idéal

Mohamed
↙

SOMMAIRE

CHAPITRE I INTRODUCTION

- I.1 Objet
- I.2 Généralités
 - I.2.1 Les pompes centrifuges
 - I.2.2 La commande numérique.

CHAPITRE II LES ROUES CENTRIFUGES

- II.1 Roues à flasques rapportées
- II.2 Roues ouvertes
 - II.2.1 Avantages et inconvénients des roues ouvertes
- II.3 Roues fermées
- II.4 Différentes courbures pour les aubes des roues centrifuges
 - II.4.1 Roues à aubes à simple courbures
 - II.4.2 Roues à aubes à double courbures
- II.5 Tracé des aubes à simple courbure
 - II.5.1 Tracé par arc de cercle
 - II.5.2 Tracé ponctuel (méthode de PFLEIDERER)
 - II.5.3 Tracé par triangles d'arcs
(transformation conforme)

II.6 procédé d'obtention

CHAPITRE III STRUCTURE DU LOGICIEL

- III.1 Domaine d'application du logiciel
- III.2 Methode utilisée pour la détermination des paramètres de tracé de l'aube.
 - III.2.1 Tracé d'une aube par arc de cercle
 - III.2.2 Détermination des coordonnées du centre du cercle donnant le profil de l'aube.
 - III.2.3 Calcul des paramètres du tracé de l'aube
 - III.2.4 Calcul des différents points donnant le contour de toutes les aubes.
- III.3 Explication du logiciel

CHAPITRE IV APPLICATION ET USINAGE SUR MOCN

- IV.1 Présentation de la fraiseuse d'enseignement CNC 4440/4441
 - IV.1.1 Station de programmation CNC 4426
 - IV.1.2 Accessoires
 - IV.1.3 Directeur de commande CNC 4000
- IV.2 Application

Conclusion

CHAPITRE I

INTRODUCTION



I.1 OBJET

L'objet essentiel de ce travail consiste à élaborer un logiciel de calcul, permettant de déterminer les coordonnées des différents points donnant le profil des aubes des roues semi-ouvertes des pompes centrifuges.

Une deuxième partie de ce travail sera consacrée à l'application des résultats du logiciel pour la rédaction d'un programme d'usinage de ces aubes sur la machine-outil à commande numérique MU 200 CNC dans sa version fraiseuse existant au département de génie mécanique.

Afin que l'usinage de ces aubes par MOCN soit possible, les roues centrifuges étudiées doivent être ouvertes c'est-à-dire sans flasque avant ayant des aubes cylindriques à simples courbures (aubes cylindriques) profilées par un arc de cercle de rayon unique.

I.2 GENERALITES

I.2.1 LES POMPES CENTRIFUGES

Faisant partie des pompes à torque, dans la classification des turbo-pompes, les pompes centrifuges servent à élever les liquides ou les mélanges d'un liquide avec des solides d'un niveau inférieur à un niveau supérieur.

Dans les pompes centrifuges l'élément le plus important est la roue, par sa rotation et grâce à la forme appropriée des aubes, elle fait passer le liquide de la région d'aspiration à la région de refoulement.

I.2.2 LA COMMANDE NUMERIQUE

La commande numérique est un processus d'automatisation, dans lequel les déplacements des organes mobiles sont commandés à partir d'instructions composées de caractères numériques.

Cette méthode de conduite de machine s'impose de plus en plus dans la fabrication de petite et moyenne série, on lui reconnaît un certain nombre d'avantages tant sur le plan technique que sur le plan économique.

AVANTAGES TECHNIQUES

- Grande rapidité dans l'exécution du travail
- Qualité indépendante de l'habilité de l'opérateur humain.
- La surveillance de plusieurs machines peut-être assurée par un seul opérateur.

AVANTAGES ECONOMIQUES.

- Diminution des temps mort par l'absence de réglage préalable.
- Diminution des rebuts provenant généralement des erreurs faites par l'opérateur
- Une meilleure organisation de l'atelier

CHAPITRE II

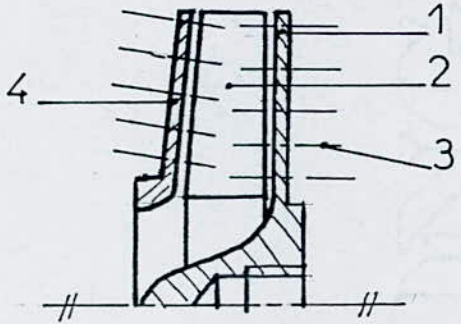
ROUES CENTRIFUGES

Dans les pompes centrifuges, la roue centrifuge est l'élément le plus important, par sa rotation. et grâce à la forme appropriée de ses aubes fait passer le liquide de la région d'aspiration à la région de refoulement, transformant ainsi l'énergie cinétique acquise par le liquide lors de la rotation de la roue en une énergie de pression.

Les roues centrifuges peuvent être fermées, ouvertes, ou avec flasques rapportés sur les aubes.

II.1 ROUES A FLASQUES RAPPORTES

Les roues à flasques rapportés sont construites dans le cas où la largeur de sortie est particulièrement étroite. Pour ce type de pompes les flasques (avant et arrière) sont fixés par vis ou par rivets sur les ailes qui doivent avoir une épaisseur suffisante.



- 1 flasque arrière
- 2 aube
- 3 Axe des vis ou des rivets
- 4. Flasque avant

Fig II.1 : Roue à flasques rapportés.

II.2 ROUES OUVERTES

Visant l'amélioration des caractéristiques de fonctionnement des pompes centrifuges à vitesses spécifiques moyennes et élevées, l'introduction de la construction en roue ouverte, au cours des dernières années a été l'un des principaux éléments de travail.

En plus des avantages hydrauliques, les roues ouvertes sont capables de transporter des matières solides avec un minimum d'engorgement, et elles permettent de rattraper le jeu entre les aubes et la paroi fixe donc de conserver le rendement initial, les canaux de la roue sont accessibles pour l'ébarbage, le coût de fabrication est plus faible en raison de l'accessibilité des surfaces au modelage de fonderie. Dans les pompes équipées de ce type de roue, le flasque avant fait partie du corps de la pompe.

- 1 aube
- 2 flasque arrière

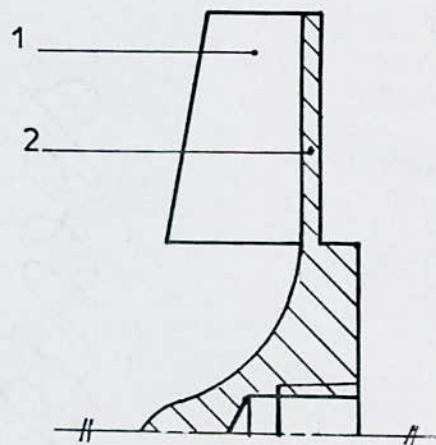


Fig II.2 : Roue ouverte

II.2.1 AVANTAGES ET INCONVENIENTS DES ROUES OUVERTES

L'élimination du flasque avant dans les roues ouvertes réduit les pertes par frottement du disque, qui sont les plus importantes parmi les pertes mécaniques extérieures, permettant ainsi l'amélioration du rendement.

Dans les roues fermées, les pertes par frottement dues à l'écoulement relatif sur la paroi interne du flasque avant sont proportionnelles à $w_2^2/2g$ (w_2 : vitesse relative dans la roue). Dans les roues ouvertes cette perte est remplacée par la perte par frottement contre une paroi immobile pendant le passage du liquide d'un canal à un autre, cette perte est proportionnelle à $C_2^2/2g$ (C_2 : vitesse absolue de l'écoulement dans la roue).

II.3 ROUES FERMEES

Les roues fermées sont les roues les plus répandues dans la construction des pompes centrifuges.

Les pompes équipées de ce type de roue ont un débit allant de 1 l/s à $1 \text{ m}^3/\text{s}$, et des hauteurs d'élevation pouvant atteindre 125 m .

1. - Flaque arrière
2. - flaque avant
3. - aube

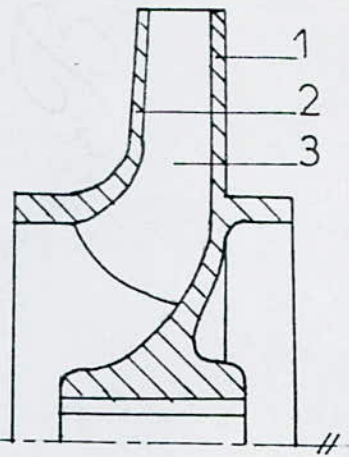


Fig II 3 Roue Fermée //

II.4 DIFFERENTES COURBURES POUR LES AUBES DES ROUES CENTRIFUGES

En fonction de la vitesse spécifique, les aubes des roues centrifuges peuvent être à simple courbure ou à doubles courbures.

II.4.1 ROUES AVEC AUBES A SIMPLES COURBURES

Les roues avec aubes à simple courbure sont employées dans les turbo pompes ayant une faible vitesse spécifique ($N_s \leq 30$), destinée à refouler sur une grande hauteur avec un faible débit.

Le plus souvent, pour ce type de roue l'arête d'entrée et de sortie de l'aube sont parallèles à l'axe de la roue ($D_1/D_0 = 1,05$ à $1,1$), de plus ces roues ont un diamètre de sortie D_2 assez grand par rapport au diamètre de l'ouïe D_0

$$(D_2/D_0 = 2 \text{ à } 3,5).$$

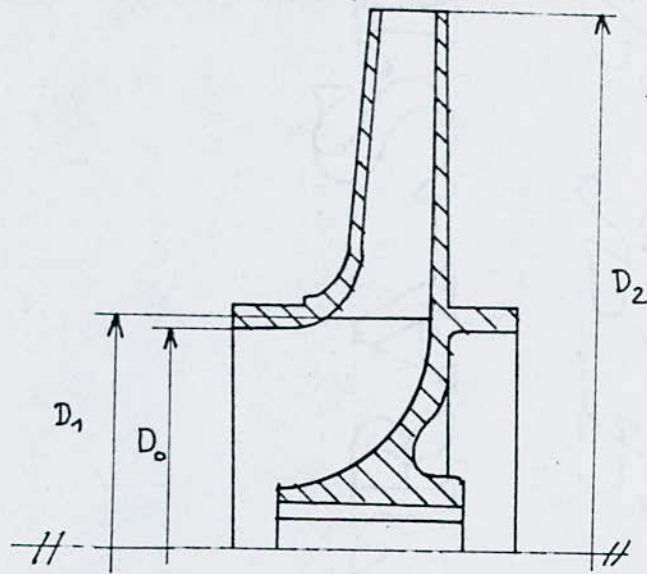


Fig II.4 Roue avec aubes à simples courbures

II.4.2 ROUES AVEC AUBES A DOUBLES COURBURES

Avec l'accroissement de la vitesse spécifique, le rapport du diamètre extérieur de la roue D_2 au diamètre de l'ouïe D_0 diminue, de telle sorte que les aubes dont l'arête d'entrée est parallèle à l'axe de la roue deviennent de plus en plus courtes.

Pour éviter l'influence négative de cette diminution, sur le rendement et sur les capacités d'aspiration de la pompe, l'arête d'entrée de l'aube est déplacé vers l'ouïe, de sorte que les points particuliers de l'arête d'entrée se trouvent sur des diamètres différents et tournent à des vitesses périphériques différentes.

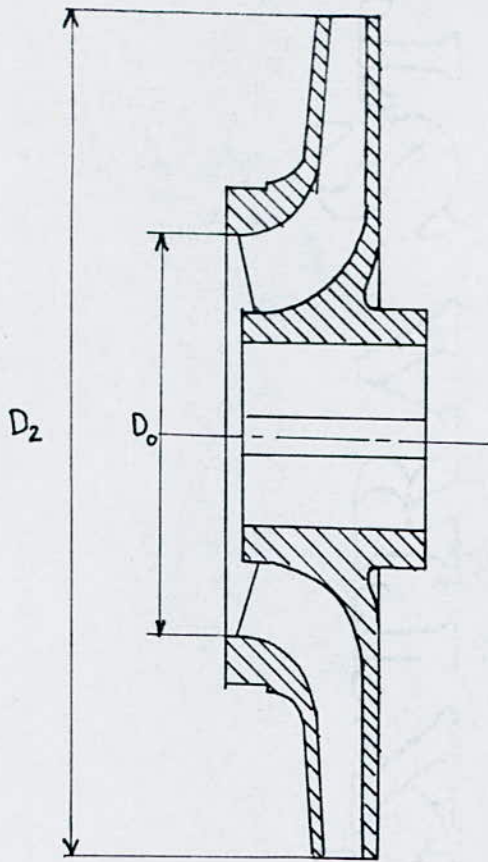


Fig II.5 Roue avec aubes à double courbures.

II 5 TRACE DES AUBES A SIMPLES COURBURE

La détermination de la forme des aubes se fait au moyen de trois (03) méthodes principales qui sont:

- tracé par arc de cercle
- tracé ponctuel (tracé de PFLEIDERER)
- tracé par transformation conforme,

(généralement réservé pour le tracé des aubes gauches).

Le tracé des aubes nécessite la connaissance des principales dimension de la roue c'est-à-dire

d_1, d_2, b_1, b_2 ainsi que les angles β_1, β_2 .

d_1 et d_2 : diamètres à l'entrée et à la sortie de la roue
 b_1 et b_2 : largeur de la roue à l'entrée et à la sortie
 β_1 et β_2 : angle d'entrée et de sortie.

II.5.1 TRACE PAR ARC DE CERCLE

Dans ce cas le profil de l'aube est obtenu soit par un arc de cercle soit par 2 arcs de cercle.

* Tracé par un seul arc de cercle : (fig II.6)

Le centre du cercle donnant le profil de l'aube se trouve en portant sur le diamètre d_1 l'angle β_1 et sur le diamètre d_2 l'angle de sortie β_2

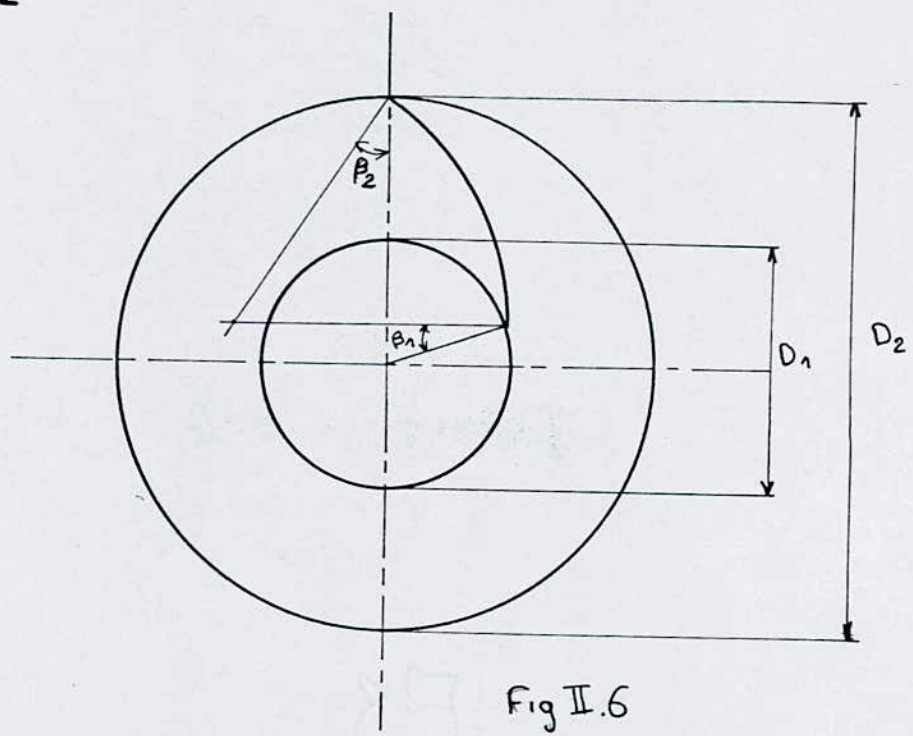


Fig II.6

Le détail complet de cette construction sera donné dans le chapitre III

* tracé par 2 arcs de cercle. (fig II.7)

Divisons le cercle d'entrée d_1 en z parties égales ($z = \text{nombre d'aubes}$). A partir des points A_i obtenus, traçons les tangentes aux points E_i du cercle de centre O et de diamètre $S = d_1 \sin \beta_1$.

En prenant les points E_i pour centres, nous tracerons des arcs de cercle de rayon $\rho_1 = E_1 A_1 = E_2 A_2 = \dots$ Constituant ainsi le premier arc de cercle donnant le profil de l'aube.

La suite du profil est constituée par un arc de cercle de rayon ρ_2 tel que :

$$\rho_2 = GF = GB = \frac{1}{2} \frac{r_2^2 - r_f^2}{r_2 \cos \beta_2 - r_f \cos \beta_f}$$

Le centre G de cet arc de cercle se trouve sur le prolongement de la droite EF

$r_f = \overline{OF}$, β_f : l'angle au point limite des arcs de cercle de rayon ρ_1 et ρ_2

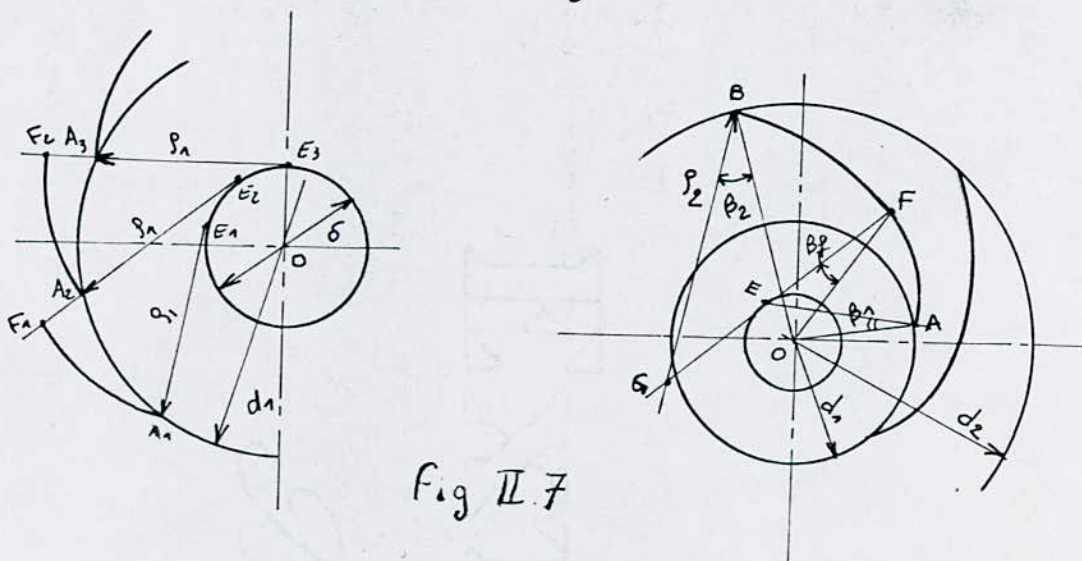


Fig II.7

II.5.2 TRACE PONCTUEL (METHODE DE PFLEIDERER)

Cette méthode permet de déterminer les coordonnées polaire r et v de certains points dont le lieu géométrique forme la ligne moyenne de l'aube. Pour un rayon r donné compris entre r_1 et r_2 l'angle au centre v est donné par la relation

$$v = \frac{180}{\pi} \int_{r_1}^r \frac{dr}{r \tan \beta}$$

où l'angle β est tel que $\sin \beta = \frac{C_m}{W}$

Avec C_m = composante méridienne de la vitesse absolue, dont on admet la variation en fonction de r ($C_m = f(r)$)

W : vitesse relative, dont on admet la variation en fonction de r $W = f(r)$.

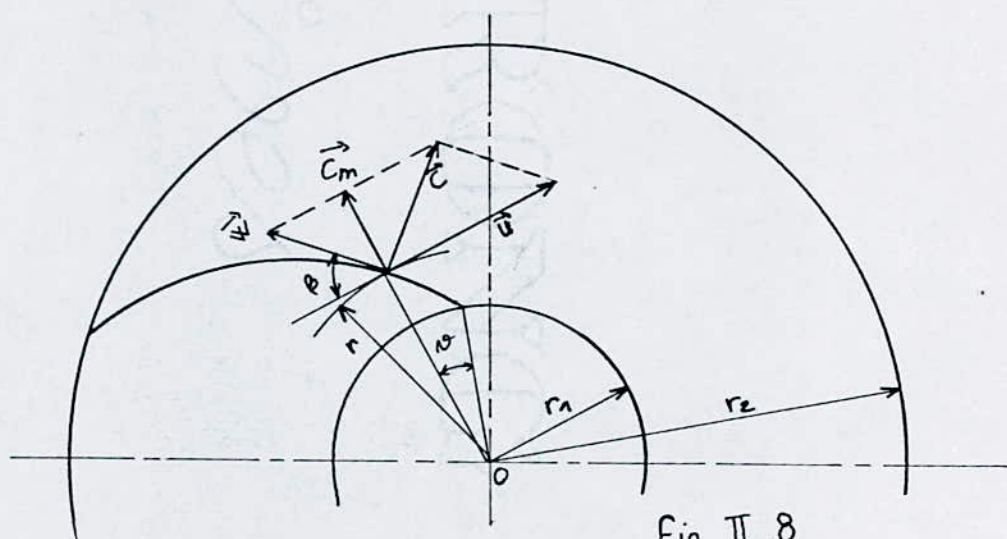
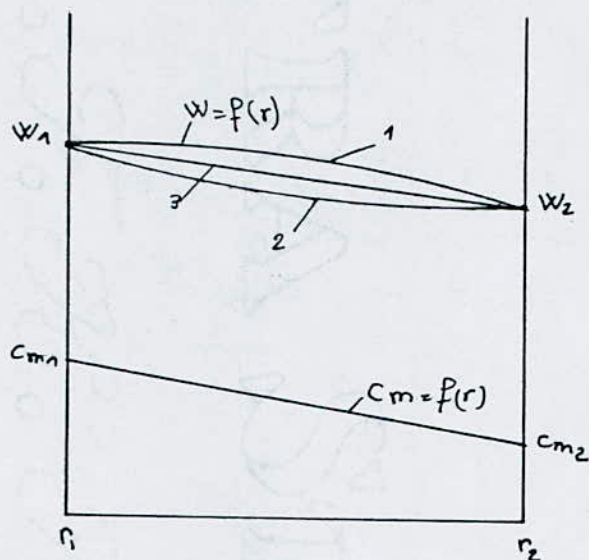


Fig II.8

La variation de W entre W_1 et W_2 peut-être :

- Concave vers le haut
- ligne droite
- Concave vers le bas

ici pour une variation de C_m entre C_{m1} et C_{m2} en ligne droite



- 1 concave vers le haut
- 2 concave vers le bas
- 3 ligne droite

Fig II.9 Variation des grandeurs W et C_m en fonction de r

II.5.2 TRACE PAR TRANSFORMATION CONFORME

Cette méthode sort du cadre de ce travail, car elle est exclusivement réservée au tracé des aubes des roues à doubles courbures (aubes gauches).

II.6 PROCÉDE D'OBTENTION

Les roues centrifuges sont essentiellement obtenues par moulage.

En fonction des dimensions de la roue et de la nature du fluide qu'elle refoule, la roue peut être moulée soit en :

- Laiton
- bronze
- Fonte (fonte inoculée)
- Acier de moulage (acier au carbone, acier allié)

Malgré le fait que ce procédé soit le plus économique il présente cependant de nombreux inconvénients qui sont :

- Mauvais état de surface (grande rugosité)
- Difficultés de conserver une épaisseur constante de l'aube sur toute sa longueur.
- Lors du refroidissement il peut arriver que l'aube ne reste pas parfaitement perpendiculaire au flasque.
- Difficulté de conserver les angles β_1 et β_2 à l'entrée et à la sortie des aubes.

tous ces inconvénients font de manière défavorable sur le rendement et ceci en augmentant les pertes par frottement.

Le moyen d'usinage proposé dans cette étude a pour but d'éliminer ces inconvénients en donnant à l'aube une épaisseur constante sur toute sa longueur, un bon état de surface une bonne perpendicularité par rapport aux flasques, et des angles à l'entrée et à la sortie des aubes corrects.

Le logiciel que nous présentons est composé de deux parties :

La première partie nous permet de déterminer les caractéristiques de la pompe étudiée en fonction des paramètres de base.

Pour les pompes centrifuges ces paramètres sont :

- Hauteur d'élevation
- débit volumique
- vitesse de rotation de la roue.

Les caractéristiques de la pompe à déterminer sont :

- diamètre d'entrée de la roue d_1
- diamètre de sortie de la roue d_2
- angle d'entrée de l'aube β_1
- angle de sortie de l'aube β_2
- largeur d'entrée de la roue b_1
- largeur de sortie de la roue b_2
- Nombre d'aubes Z
- Epaisseur de l'aube S

Comme on peut le remarquer, nous n'avons pas déterminé toutes les caractéristiques de la pompe, les autres éléments découlent directement des

caractéristiques précédemment déterminées.

La deuxième partie du logiciel consiste à déterminer les paramètres du tracé de l'aube relative au type de pompe étudiée.

Par paramètres du tracé de l'aube, on entend la détermination des différents coordonnées des points délimitants le profil des aubes constituant la roue. Les données nécessaires à la détermination de ces points sont :

- diamètre d'entrée de la roue d_1
- diamètre de sortie de la roue d_2
- angle d'entrée de l'aube β_1
- angle de sortie de l'aube β_2
- nombre d'aubes z
- Epaisseur des aubes δ

III.1. DOMAINE D'APPLICATION DU LOGICIEL

Le logiciel ne s'applique que pour des pompes centrifuge ayant une vitesse spécifique faible N_s , c'est-à-dire comprise entre 10 et 30.

Pour ce type de pompe la roue est à aubes à simple courbures profilées par un arc de cercle, dont l'arête d'entrée est parallèle à l'axe de la

roue et qui sont destinées à refouler sur une grande hauteur à faible débit.

III.2 METHODE UTILISEE POUR LA DETERMINATION DES PARAMETRES DU TRACE DE L'AUBE

III.2.1 TRACE D'UNE AUBE PAR ARC DE CERCLE

Pour un angle d'entrée β_1 et un angle de sortie β_2 , il est toujours possible de tracer une aube avec un arc de cercle de rayon unique.

A partir d'un point arbitraire A de la circonférence extérieure de la roue traçons la ligne AI faisant un angle β_2 avec le rayon OA , du point O construisons une droite OB faisant un angle $(\beta_1 + \beta_2)$ avec le rayon OA , cette droite coupe la circonférence de l'œilard au point B , traçons AB qui recoupe la circonférence de l'œilard au point C . La médiatrice de AC coupe la droite AI au point I ; IA sera alors le rayon de l'arc de cercle donnant un angle β_1 à l'entrée et β_2 à la sortie (Voir fig III.1)

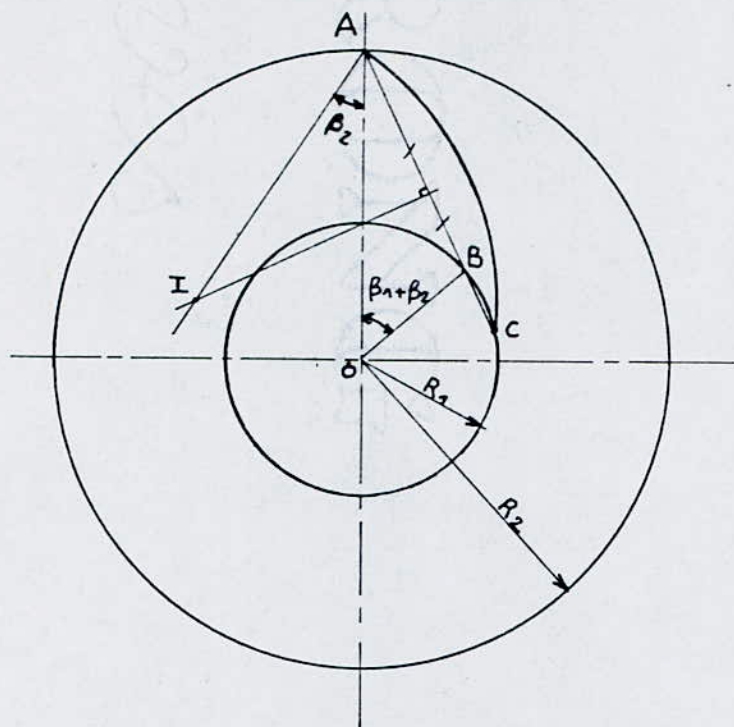


Fig III.1 : Tracé de l'aube par arc de Cercle.

III 2 2 DETERMINATION DES COORDONNEES DU CENTRE DU CERCLE DONNANT LE PROFIL DE L'AUBE

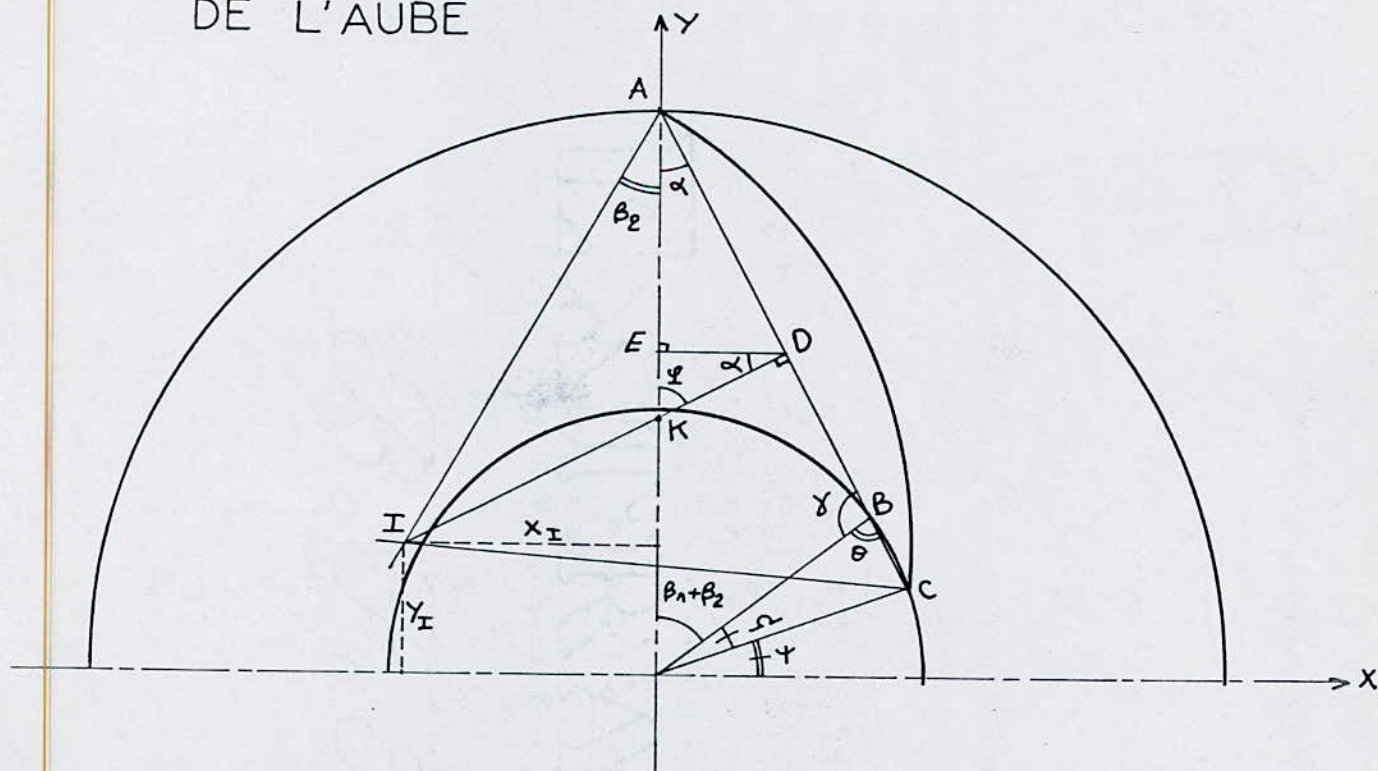


Fig III.2

Si on fixe le point A sur l'axe Oy, d'un repère ox_1y_1 lié à la roue centrifuge, il est possible de déterminer les coordonnées du point I (centre du cercle donnant le profil de l'aube) dans ce repère.

Sur la construction Fig III.2

Le point A a pour coordonnées $(x_A=0 ; y_A=\frac{d_2}{2}=R_2)$

Le point B a pour coordonnées :

$$x_B = R_1 \sin(\beta_1 + \beta_2) ; y_B = R_1 \cos(\beta_1 + \beta_2)$$

Equation de la droite AI : $y_1 = \frac{x_1}{\tan \beta_2} + R_2$

Equation de la droite AB :

$$y_2 = \left[\frac{1}{\tan(\beta_1 + \beta_2)} - \frac{R_2}{R_1 \sin(\beta_1 + \beta_2)} \right] x_2 + R_2$$

En effet, la droite AB d'équation $y_2 = ax_2 + b$ passe par les points $A \begin{pmatrix} 0 \\ R_2 \end{pmatrix}$ et $B \begin{pmatrix} R_1 \sin(\beta_1 + \beta_2) \\ R_1 \cos(\beta_1 + \beta_2) \end{pmatrix}$

Donc leurs coordonnées doivent vérifier l'équation de la droite AB.

$$A \in AB \Rightarrow y_A = ax_A + b \Rightarrow b = R_2$$

$$B \in AB \Rightarrow y_B = ax_B + R_2 \Rightarrow a = \frac{y_B - R_2}{x_B}$$

$$a = \frac{R_1 \cos(\beta_1 + \beta_2)}{R_1 \sin(\beta_1 + \beta_2)} - \frac{R_2}{R_1 \sin(\beta_1 + \beta_2)}$$

D'où l'équation de la droite AB.

$$y_2 = \left[\frac{1}{\operatorname{tg}(\beta_1 + \beta_2)} - \frac{R_2}{R_1 \sin(\beta_1 + \beta_2)} \right] x_2 + R_2$$

- Coordonnées du point C :

Le point C appartient à la circonférence de l'aillard, OC fait un angle ψ avec Ox

Cherchons l'expression de ψ en fonction de β_1 et β_2

$$\left. \begin{aligned} \beta_1 + \beta_2 + \gamma + \alpha &= \theta + \gamma \Rightarrow \theta = \beta_1 + \beta_2 + \alpha \\ \alpha + 2\theta &= 180 \Rightarrow \alpha = 180 - 2\theta \end{aligned} \right\} \Rightarrow \alpha = 180 - 2(\beta_1 + \beta_2 + \alpha)$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{x_B}{y_A - y_B} = \frac{R_1 \sin(\beta_1 + \beta_2)}{R_2 - R_1 \cos(\beta_1 + \beta_2)} \Rightarrow \alpha = \operatorname{Arctg} \frac{R_1 \sin(\beta_1 + \beta_2)}{R_2 - R_1 \cos(\beta_1 + \beta_2)}$$

$$\psi = \frac{\pi}{2} - \alpha - (\beta_1 + \beta_2) = 90 - (180 + 2\beta_1 + \beta_2 + 2\alpha) - (\beta_1 + \beta_2)$$

$$\psi = \beta_1 + \beta_2 + 2\alpha - 90$$

$$\psi = \beta_1 + \beta_2 + 2 \operatorname{Arctg} \left[\frac{R_1 \sin(\beta_1 + \beta_2)}{R_2 - R_1 \cos(\beta_1 + \beta_2)} \right] - \frac{\pi}{2}$$

Finalement le point C aura pour coordonnées

$$x_C = R_1 \cos \psi, \quad y_C = R_1 \sin \psi$$

- Coordonnées du point D milieu de AC

$$\text{Le point D a pour coordonnées : } x_D = \frac{x_C - x_A}{2}$$

$$y_D = \frac{y_A - y_C}{2} + y_C$$

$$x_D = \frac{R_1 \cos \psi}{2}$$

$$y_D = \frac{R_2 - R_1 \sin \psi}{2} + R_1 \sin \psi = \frac{R_2}{2} + \frac{R_1 \sin \psi}{2}$$

* Equation de la droite ID.

L'équation de la droite ID est de la forme $y_3 = a_3 x_3 + b_3$
 cherchons a_3 et b_3 , soit K le point d'intersection de
 la droite ID avec la droite OA, cherchons les
 coordonnées du point K.

$$x_K = 0 \text{ car } K \in \vec{OA} \text{ et } O_y$$

$$y_K = y_D - EK$$

cherchons EK : l'angle $\widehat{EAD} = \widehat{KOE}$ (angles à cotés
 perpendiculaire).

$$\left. \begin{aligned} \operatorname{tg} \alpha &= \frac{EK}{ED} = \frac{EK}{x_D} \Rightarrow EK = x_D \operatorname{tg} \alpha \\ \operatorname{tg} \alpha &= \frac{ED}{AE} = \frac{x_B}{y_A - y_B} \end{aligned} \right\} \Rightarrow EK = x_D \cdot \frac{x_B}{y_A - y_B}$$

$$\text{Donc } y_K = y_D - x_D \frac{x_B}{y_A - y_B} = \left[\frac{R_2}{2} + \frac{R_1 \sin \psi}{2} - \frac{R_1 \cos \psi}{2} \cdot \frac{R_1 \sin(\beta_1 + \beta_2)}{R_2 - R_1 \cos(\beta_1 + \beta_2)} \right]$$

- Le point K appartient à la droite ID donc ses
 coordonnées doivent vérifier l'équation de la droite ID

$$K(0, y_K) \in ID \Rightarrow y_K = b_3$$

$$\text{d'où } b_3 = \frac{R_2 + R_1 \sin \psi}{2} - \frac{R_1 \cos \psi}{2} \cdot \frac{R_1 \sin(\beta_1 + \beta_2)}{R_2 - R_1 \cos(\beta_1 + \beta_2)}$$

Le point D appartient à la droite ID, les coordonnées doivent vérifier l'équation de la droite ID

$$D \left(\frac{R_1 \cos \psi}{2}, \frac{R_2 + R_1 \sin \psi}{2} \right)$$

$$D \in ID \Rightarrow \frac{R_2 + R_1 \sin \psi}{2} = \frac{R_1 \cos \psi}{2} \cdot a_3 + \frac{R_2 + R_1 \sin \psi}{2} - \frac{R_1 \cos \psi}{2} \times \frac{R_1 \sin(\beta_1 + \beta_2)}{R_2 - R_1 \cos(\beta_1 + \beta_2)}$$

après simplification :

$$a_3 \frac{R_1 \cos \psi}{2} = \frac{R_1 \cos \psi}{2} \cdot \frac{R_1 \sin(\beta_1 + \beta_2)}{R_2 - R_1 \cos(\beta_1 + \beta_2)}$$

$$a_3 = \frac{R_1 \sin(\beta_1 + \beta_2)}{R_2 - R_1 \cos(\beta_1 + \beta_2)}$$

Nous avons obtenu :

L'équation de la droite IA : $y_1 = \frac{x_1}{\tan \beta_2} + R_2$

L'équation de la droite DI : $y_3 = a_3 x_3 + b_3$

avec $a_3 = \frac{R_1 \sin(\beta_1 + \beta_2)}{R_2 - R_1 \cos(\beta_1 + \beta_2)}$

$$b_3 = \frac{R_2 + R_1 \sin \psi}{2} - \frac{R_1 \cos \psi}{2} \cdot \frac{R_1 \sin(\beta_1 + \beta_2)}{R_2 - R_1 \cos(\beta_1 + \beta_2)}$$

Le point I appartient aux deux droites IA et ID

$$\left\{ \begin{array}{l} I(x_I, y_I) \in IA \Rightarrow y_I = \frac{x_I}{\tan \beta_2} + R_2 \quad (1) \\ I(x_I, y_I) \in ID \Rightarrow y_I = a_3 x_I + b_3 \quad (2) \end{array} \right.$$

Les équations (1) et (2) donnent : $\frac{x_I}{\operatorname{tg} \beta_2} + R_2 = a_3 x_I + b_3$

$$\text{d'où } x_I \left(a_3 - \frac{1}{\operatorname{tg} \beta_2} \right) = R_2 - b_3$$

$$\text{Donc } x_I = \frac{R_2 - b_3}{a_3 - \frac{1}{\operatorname{tg} \beta_2}}$$

$$y_I = \frac{R_2 - b_3}{a_3 - \frac{1}{\operatorname{tg} \beta_2}} \cdot \frac{1}{\operatorname{tg} \beta_2} + R_2 = \frac{R_2 - b_3}{a_3 \operatorname{tg} \beta_2 - 1} + R_2$$

Nous avons obtenu les coordonnées du point I centre du cercle donnant le profil de l'aube, ces coordonnées ne dépendent que $d_1, d_2, \beta_1, \beta_2$.

$$x_I = \frac{R_2 - b_3}{a_3 - \frac{1}{\operatorname{tg} \beta_2}}, \quad y_I = \frac{R_2 - b_3}{a_3 \operatorname{tg} \beta_2 - 1} + R_2$$

$$\text{Avec } a_3 = \frac{R_1 \sin(\beta_1 + \beta_2)}{R_2 - R_1 \cos(\beta_1 + \beta_2)}$$

$$b_3 = \frac{R_2 + R_1 \sin \psi}{2} - \frac{R_1 \cos \psi}{2} \cdot \frac{R_2 \sin(\beta_1 + \beta_2)}{R_2 - R_1 \cos(\beta_1 + \beta_2)}$$

$$\psi = \beta_1 + \beta_2 + 2 \operatorname{Arctg} \left[\frac{R_1 \sin(\beta_1 + \beta_2)}{R_2 - R_1 \cos(\beta_1 + \beta_2)} \right] - \frac{\pi}{2}$$

$$R_1 = \frac{d_1}{2}, \quad R_2 = \frac{d_2}{2}$$

Le rayon IA de cet arc de cercle est :

$$R = \left(x_I^2 + (y_A - y_I)^2 \right)^{1/2}$$

L'arc de cercle de centre $I (x_i, y_i)$ et de rayon $R = [x_i^2 + (y_4 - y_i)^2]^{1/2}$, nous donne le profil de la ligne moyenne de l'aube, en fait l'aube à une certaine épaisseur que l'on supposera répartie de manière égale de part et d'autre de la ligne moyenne.

Si S est l'épaisseur de l'aube, le profil intérieur de l'aube (intrados) serait donné par un arc de cercle de centre I et de rayon $R_{in} = R - \frac{S}{2}$ et le profil extérieur de l'aube (extrados) serait donné par un arc de cercle de centre I et de rayon $R_{ex} = R + \frac{S}{2}$

III.2.3 CALCUL DES PARAMETRES DU TRACE DE L'AUBE

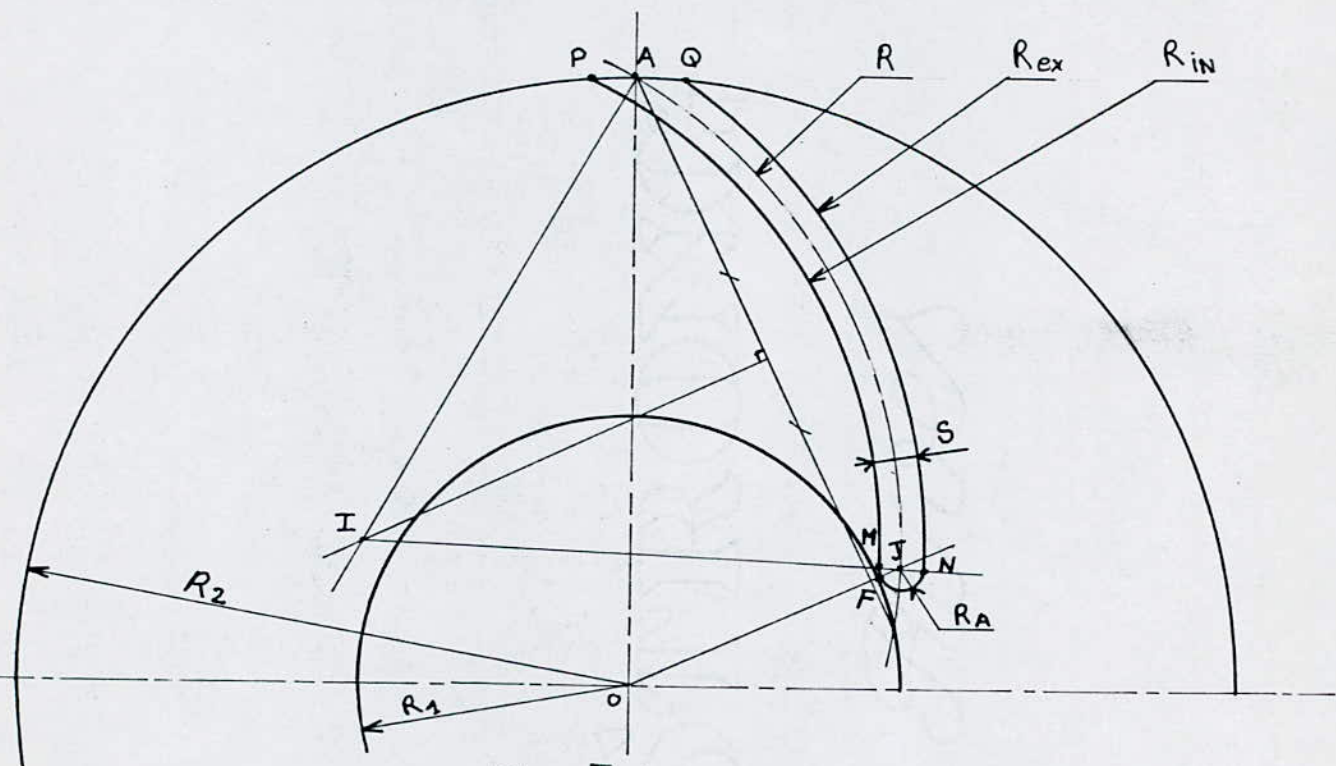


Fig III.3

Calcul du rayon de l'arrondi à l'entrée de l'aube:

Nous savons qu'afin d'assurer l'arrivée du liquide sans choc sur l'aube, le bord d'attaque de celle-ci doit-être aminci et arrondi.

On suppose que cet amincissement est obtenu par un arrondi de rayon R_A dont on déterminera les coordonnées de son centre dans le repère lié à la roue.

Soit I le centre de l'arrondi de rayon $R_A = \frac{s}{2}$ (s épaisseur de l'aube).

Soit F le point d'intersection du cercle de centre I et de rayon R_{in} , avec le cercle de centre O et de rayon R_1 , traçons la droite OF , elle coupe le cercle de centre I et de rayon R au point J

* Coordonnées du point F :

On sait que - l'angle d'entrée de l'aube β_1 , et compris entre 15 et 30°

- l'angle de sortie de l'aube β_2 et compris entre 25 et 30°

La somme des 2 angles $\beta_1 + \beta_2$ est comprise entre 40 et 60°

On peut remarquer par construction que quelque soit la valeur de $\beta_1 + \beta_2$ comprise entre 40 et 60° , le point F a toujours une abscisse positive $x_F > 0$.

- Equation du cercle de centre I et de rayon R_{IN} : \mathcal{C}_1

$$\mathcal{C}_1(I, R_{IN}) : (x - x_I)^2 + (y - y_I)^2 = R_{IN}^2$$

- Equation du cercle \mathcal{C}_2 de centre O et rayon R_1 :

$$\mathcal{C}_2(O, R_1) : x^2 + y^2 = R_1^2$$

Le point F de coordonnées x_F et y_F appartient à l'intersection des 2 cercles \mathcal{C}_1 et \mathcal{C}_2

$$\text{donc } F \in \mathcal{C}_1 \cap \mathcal{C}_2 \Rightarrow \begin{cases} (x_F - x_I)^2 + (y_F - y_I)^2 = R_{IN}^2 \\ x_F^2 + y_F^2 = R_1^2 \end{cases}$$

$$\begin{cases} x_F^2 - 2x_F x_I + x_I^2 + y_F^2 - 2y_F y_I + y_I^2 = R_{IN}^2 & (1) \end{cases}$$

$$\begin{cases} x_F^2 + y_F^2 = R_1^2 & (2) \end{cases}$$

faisons la différence membre à membre des 2 équations

$$(1) - (2) \Rightarrow -2x_F x_I + x_I^2 - 2y_F y_I + y_I^2 = R_{IN}^2 - R_1^2$$

$$-2x_F x_I - 2y_F y_I = R_{IN}^2 - R_1^2 - x_I^2 - y_I^2$$

$$x_F = -y_F \frac{y_I}{x_I} - \frac{R_{IN}^2 - R_1^2 - x_I^2 - y_I^2}{2x_I}$$

$$\text{posons } A_F = \frac{y_I}{x_I} \text{ et } B_F = \frac{R_{IN}^2 - R_1^2 - x_I^2 - y_I^2}{2x_I}$$

$$\text{On peut écrire que } x_F = -A_F y_F - B_F$$

Dans l'équation (2) remplaçons x_F par sa valeur.

$$\begin{cases} x_F = -A_F y_F - B_F \\ x_F^2 + y_F^2 = R_1^2 \end{cases} \Rightarrow (-A_F y_F - B_F)^2 + y_F^2 = R_1^2$$

$$\text{donc } A_F^2 y_F^2 + 2A_F B_F y_F + B_F^2 + y_F^2 = R_1^2$$

$$Y_F^2 (A_F^2 + 1) + 2A_F B_F Y_F + B_F^2 - R_1^2 = 0$$

Enfinement on aboutit à une equation du second degre' en Y_F , qu'on peut facilement resoudre.

$$\Delta = (A_F B_F)^2 - (A_F^2 + 1)(B_F^2 - R_1^2)$$

Les racines de l'equation du second degre' en Y_F sont:

$$Y_{F_1} = \frac{-A_F B_F - \sqrt{(A_F B_F)^2 - (A_F^2 + 1)(B_F^2 - R_1^2)}}{A_F^2 + 1}$$

$$Y_{F_2} = \frac{-A_F B_F + \sqrt{(A_F B_F)^2 - (A_F^2 + 1)(B_F^2 - R_1^2)}}{A_F^2 + 1}$$

A partir de ces 2 valeurs on calcul les valeurs de X_F

$$X_{F_1} = -A_F Y_{F_1} - B_F$$

$$X_{F_2} = -A_F Y_{F_2} - B_F$$

L'intersection de ces 2 cercles nous a donner 2 points F_1 et F_2 , il nous faut choisir parmi ces 2 points celui qui nous interesse.

On voit d'après la construction que le point F qui nous interesse est celui dont l'abscisse est superieure

$$\text{i.e.d } X_F = \sup (X_{F_1}, X_{F_2})$$

Donc le point F aura pour abscisse $X_F = \sup (X_{F_1}, X_{F_2})$

$$\text{et pour ordonnée } Y_F = \frac{X_F + B_F}{A_F}$$

* Equation de la droite OF :

OF a pour equation $y = ax + b$

$$O \in OF \Rightarrow b = 0$$

$$F \in OF \Rightarrow y_F = a x_F \quad \text{d'où} \quad a = \frac{y_F}{x_F}$$

L'equation de la droite OF serait : $y = \frac{y_F}{x_F} x$.

* Coordonnées du point J.

Le point J appartient à l'intersection de la droite OF et du cercle de centre I et de rayon R (cercle passant par la ligne moyenne).

$$\text{equation de OF} \quad y = \frac{y_F}{x_F} x$$

$$\text{equation de } \mathcal{C}(I, R) \quad (x - x_I)^2 + (y - y_I)^2 = R^2.$$

$$J \in \mathcal{C}(I, R) \cap OF \Rightarrow \begin{cases} y_J = \frac{y_F}{x_F} x_J & (1) \\ (x_J - x_I)^2 + (y_J - y_I)^2 = R^2 & (2) \end{cases}$$

remplaçons (1) dans (2).

$$(x_J - x_I)^2 + \left(\frac{y_F}{x_F} x_J - y_I\right)^2 = R^2$$

$$x_J^2 + x_I^2 - 2x_J x_I + \left(\frac{y_F}{x_F}\right)^2 x_J^2 + y_I^2 - 2 \frac{y_F}{x_F} x_J \cdot y_I = R^2.$$

$$x_J^2 \left[1 + \left(\frac{y_F}{x_F}\right)^2\right] - 2 x_J (x_I + \frac{y_F}{x_F} y_I) + x_I^2 + y_I^2 - R^2 = 0$$

L'equation obtenue est du second degré en x_J

$$\text{posons} \quad A_J = 1 + \left(\frac{y_F}{x_F}\right)^2, \quad B_J = x_I + \frac{y_F}{x_F} y_I,$$

Posons aussi $C_J = x_I^2 + y_I^2 - R^2$

L'équation du second degré en x_J devient :

$$A_J x_J^2 - 2 B_J x_J + C_J = 0$$

$$\Delta = B_J^2 - A_J C_J \quad \text{d'où} \quad x_{J_1} = \frac{B_J - \sqrt{\Delta}}{A_J}$$

$$x_{J_2} = \frac{B_J + \sqrt{\Delta}}{A_J}$$

On fera la même remarque que pour le point F, c'est à dire que parmi les 2 valeurs de x_J trouvées, on ne retiendra que la plus grande valeur des deux.

Le point J aura pour coordonnées : $x_J = \sup(x_{J_1}, x_{J_2})$

J appartient à OF donc $y_J = \frac{y_F}{x_F} x_J$

Finalement le point J a pour coordonnées :

$$J \left(x_J, \frac{y_F}{x_F} x_J \right)$$

DETERMINATION DES COORDONNÉES DES POINTS

DELIMITANTS LE CONTOUR DE L'AUBE

Les points étant M, N, P et Q Voir Fig III.3.

- Coordonnées des points M et N :

Les points M et N sont les points d'intersection de la droite IJ, respectivement avec les cercles donnant les profils intérieur et extérieur de l'aube.

- Equation de la droite IJ : $y = ax + b$

le point $I(x_I, y_I) \in \tilde{a}$ la droite $IJ \Rightarrow y_I = a_1 x_I + b_1$ (1)

le point $J(x_J, y_J) \in \tilde{a}$ la droite $IJ \Rightarrow y_J = a_1 x_J + b_1$ (2)

$$(1) - (2) \Rightarrow y_I - y_J = a_1(x_I - x_J) \quad a_1 = \frac{y_I - y_J}{x_I - x_J}$$

remplaçons a_1 dans l'équation (1)

$$\text{d'où } b_1 = y_I - a_1 x_I$$

- Coordonnées du point M :

Le point M appartient à $IJ \cap \mathcal{C}_1(I, R_{IN})$

$$\begin{cases} y_M = a_1 x_M + b_1 & (3) \end{cases}$$

$$\begin{cases} (x_M - x_I)^2 + (y_M - y_I)^2 = R_{IN}^2 & (4) \end{cases}$$

remplaçons (3) dans (4).

$$(x_M - x_I)^2 + (a_1 x_M + b_1 - y_I)^2 = (R - \frac{d}{2})^2 = R_{IN}^2$$

$$x_M^2 + x_I^2 - 2x_M x_I + (a_1 x_M + b_1)^2 + y_I^2 - 2y_I(a_1 x_M + b_1) = R_{IN}^2$$

$$y_I^2 + x_M^2 + x_I^2 - 2x_M x_I + a_1^2 x_M^2 + b_1^2 + 2a_1 b_1 x_M - 2a_1 x_M y_I - 2b_1 y_I = R_{IN}^2$$

$$x_M^2 (1 + a_1^2) + x_M (-2x_I + 2a_1 b_1 - 2a_1 y_I) +$$

$$x_I^2 + b_1^2 + y_I^2 - 2b_1 y_I - R_{IN}^2 = 0$$

Posons $A_M = (1 + a_1^2)$ ou $a_1 = \frac{y_I - y_J}{x_I - x_J}$

$$B_M = a_1 b_1 - x_I - y_I \quad b_1 = y_I - a_1 x_I$$

$$C_M = x_I^2 + y_I^2 + b_1^2 - 2b_1 y_I - R_{IN}^2$$

L'équation du second degré en x_M sera

$$A_M x_M^2 + 2 B_M x_M + C_M = 0$$

$$\Delta = B_M^2 - A_M C_M \quad \text{d'où} \quad x_{M,1,2} = \frac{-B_M \pm \sqrt{B_M^2 - A_M C_M}}{A_M}$$

On fera la même remarque que pour le point F, c'est-à-dire que la valeur de x_M retenue et la valeur sup ($x_{M,1}, x_{M,2}$)

Le point M appartient à $\bar{IJ} \Rightarrow y_M = x_M a_1 + b_1$

Finalement le point M aura pour coordonnées

$$(x_M, a_1 x_M + b_1) \quad \text{ou} \quad x_M = \sup(x_{M,1}, x_{M,2})$$

- coordonnées du point N.

Le point N appartient à $\bar{IJ} \cap \mathcal{C}_2(I, R_{ex})$ ou

$$R_{ex} = R + \frac{S}{2}$$

$$\begin{cases} y_N = a_1 x_N + b_1 \\ (x_N - y_I)^2 + (y_N - y_I)^2 = R_{ex}^2 \end{cases}$$

Les coordonnées du point N seront calculer de la même manière que celle du point M.

On posera pour le point N.

$$A_N = A_M \quad ; \quad B_N = B_M \quad , \quad C_N = x_I^2 + y_I^2 + b_1^2 + 2b_1 y_I - R_{ex}^2$$

$$x_{N,1,2} = \frac{-B_N \pm \sqrt{B_N^2 - A_N \cdot C_N}}{A_N}$$

Même remarque que précédemment $x_N = \sup(x_{N,1}, x_{N,2})$

Le point N appartient à IJ : $Y_N = X_N a_1 + b_1$

Finalement le point N aura pour coordonnées

$$(X_N, X_N a_1 + b_1) \text{ ou } X_N = \sup(X_{N_1}, X_{N_2})$$

- Coordonnées du point P.

Le point P est le point d'intersection des cercles

C_1 et C_2

$$C_2 (O, R_2) \quad x^2 + y^2 = R_2^2$$

$$C_1 (I, R_{IN}) \quad (x - X_I)^2 + (y - Y_I)^2 = R_{IN}^2$$

Le calcul de ces coordonnées est identique à celui du point F

$$\text{On posera : } A_p = \frac{Y_I}{X_I}, \quad B_p = \frac{R_{IN}^2 - R_2^2 - X_I^2 - Y_I^2}{2X_I}$$

$$X_p = -A_p Y_p - B_p$$

$$X_{p_{1/2}} = \frac{-A_p B_p \pm \sqrt{(A_p B_p)^2 - (A_p^2 + 1)(B_p^2 - R_2^2)}}{A_p^2 + 1}$$

A partir de $Y_{p_{1/2}}$ on déduit $X_{p_{1/2}}$

$$X_{p_1} = -A_p Y_{p_1} - B_p$$

$$X_{p_2} = -A_p Y_{p_2} - B_p.$$

Parmi les deux de X_p on prendra le sup (X_{p_1}, X_{p_2})
finalement le point P aura pour coordonnées

$$X_p = \sup(X_{p_1}, X_{p_2}) ; \quad Y_p = \frac{X_p + B_p}{A_p}$$

- Coordonnées du point Q :

On a vu que l'épaisseur des aubes était équitablement répartie autour de la ligne moyenne, donc d'après la construction de la figure III.3 on peut dire que le point Q et le symétrique par rapport à Oy du point P.

$$\text{On écrira } \begin{cases} x_Q = -x_P \\ y_Q = y_P \end{cases}$$

Cette première partie de calcul nous a permis de déterminer les coordonnées de tout les points délimitants le contour de l'aube et qui sont I, J, M, N, P, Q.

Les points appartiennent à la même aube.

Pour la détermination des coordonnées des points délimitant le contour des aubes suivantes, on fait une rotation d'un angle ξ par rapport à O des points calculés précédemment.

$$\xi = \text{angle de rotation il vaut} = \frac{360^\circ}{z}$$

où z est le nombre d'aubes.

III.2.4 CALCUL DES DIFFERENTS POINTS DONNANT LE CONTOUR DE TOUTES LES AUBES

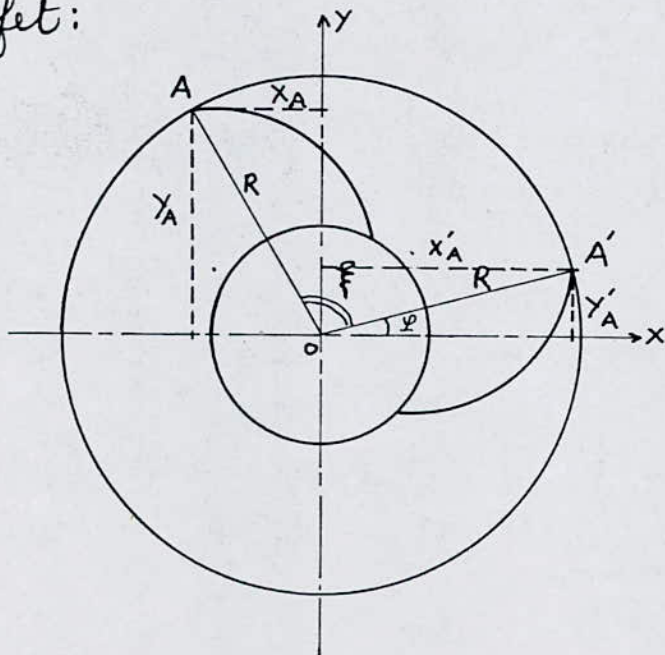
Comme nous l'avons fait remarquer, connaissant les points donnant le contour d'une aube, on peut déterminer les points donnant le contour de l'aube suivante et cela par une rotation d'un angle $\xi = \frac{360}{z}$ par rapport à l'origine O .

Si x et y sont les coordonnées d'un point appartenant à une aube déterminée, les coordonnées x' et y' du même point appartenant à l'aube suivante seront déterminées comme suit :

$$x' = x \cos \xi + y \sin \xi$$

$$y' = y \cos \xi - x \sin \xi$$

En effet :



$$A' \begin{cases} X_A' = R \cos \varphi \\ Y_A' = R \sin \varphi \end{cases} \quad A \begin{cases} X_A = R \cos(\varphi + \xi) \\ Y_A = R \sin(\varphi + \xi) \end{cases}$$

$$\begin{cases} X_A = R \cos \varphi \cos \xi - R \sin \varphi \sin \xi = X_A' \cos \xi - Y_A' \sin \xi \\ Y_A = R \sin \varphi \cos \xi + R \cos \varphi \sin \xi = Y_A' \cos \xi + X_A' \sin \xi \end{cases}$$

$$\begin{cases} X_A = X_A' \cos \xi - Y_A' \sin \xi \\ Y_A = X_A' \sin \xi + Y_A' \cos \xi \end{cases}$$

$$\begin{cases} X_A' = X_A \cos \xi + Y_A \sin \xi \\ Y_A' = Y_A \cos \xi - X_A \sin \xi \end{cases}$$

III.3 EXPLICATION DU LOGICIEL

Le langage utilisé dans ce logiciel est le GW BASIC, après avoir sélectionné ce langage sur le micro-ordinateur OLIVETTI, on fait appel au programme par l'instruction LOAD A: SM. Le défilement du programme commencera après avoir appuyé sur la touche "RUN".

Les résultats de la première partie du logiciel seront obtenus après avoir introduit les différents paramètres de la pompe, ainsi que les différentes caractéristiques déjà connues concernant le type

de roue étudiée.

Dans cette première partie on sélectionnera les caractéristiques suivantes : $d_1, d_2, \beta_1, \beta_2, z, s$ qui seront les données pour l'utilisation de la deuxième partie de ce logiciel

REMARQUES:

Si toute fois on connaît déjà les valeurs de $d_1, d_2, \beta_1, \beta_2, z, s$, il n'est pas nécessaire d'utiliser la première partie du logiciel, il suffit de passer directement à la 2^{ème} partie du logiciel et cela par l'intermédiaire de l'adresse : ALTE RUN 1550.

APPLICATION ET USINAGE SUR MOCN

Le logiciel établi nous a permis de déterminer les coordonnées des différents points délimitant le contour des aubes de la pompe étudiée, et ceci pour pouvoir établir un programme d'usinage de ces aubes sur la machine-outil MU 200 CNC dans sa version fraiseuse, existant au département de génie mécanique.

FRAISEUSE D'ENSEIGNEMENT CNC 4440/4441

La fraiseuse d'enseignement à commande numérique est de nos jours l'élément qui s'adapte le mieux à la formation sur commande numérique.

Composé d'un directeur de commande rattaché à une fraiseuse de conception universelle, malgré les petites dimensions de cette fraiseuse, elle nous permet néanmoins de réaliser la plupart des opérations que l'on effectue sur une machine de plus grandes dimensions.

STATION DE PROGRAMMATION CNC 4426

La station de programmation est basée sur le même microprocesseur que notre directeur de commande et offre les mêmes possibilités de programmation, c'est à dire que l'on peut réaliser des programmes complets qui peuvent ensuite être immédiatement

utilisés sur la machine-outil à commande numérique.
 Cette station est conçue de telle sorte que les éventuelles
 erreurs de programmation sont rapidement détectées
 et facilement corrigées.

ACCESSOIRES

• PERFORATRICE ET LECTEUR DE BANDE :

Automatique, modèle de table

- vitesse de perforation : 30 caractères / seconde

- vitesse de lecture : 150 caractères / seconde

•• ENREGISTREUR - LECTEUR DE CASSETTE :

Pour le stockage de programme sur cassette, vitesse
 d'enregistrement et de lecture : 30 caractères / seconde

••• IMPRIMANTE :

Pour édition de programme, vitesse d'impression :
 30 caractères / seconde, pouvant être raccordée
 à la station de programmation.

•••• TABLE TRAÇANTE MULTICOULEUR :

Pour raccordement direct à la station de programmation,
 pour enregistrement graphique des diverses caractéristiques
 telles que trajectoires d'outils, détails de passages
 rapides et de finition en plusieurs couleurs.

DIRECTEUR DE COMMANDE CNC 4000

Le directeur de commande est placé aussi près que possible de la fraiseuse, il est mis sous tension au moyen d'un interrupteur à clé.

Le directeur de commande comporte :

1. COMMANDE DU SYSTEME : Comporte 8 touches
 - STOP : Arrêt du programme. Le programme redemarre en pressant le bouton "marche".
 - MARCHE : Demarrage du programme après introduction du numéro de bloc.
 - PROGRAMME : Pour la programmation manuelle
 - TEST : Appuyer sur le bouton pour introduire le numéro de bloc à vérifier.
 - CHARGEMENT DE PROGRAMME : Pour entrer un programme en mémoire à partir d'une bande perforée ou d'une cassette.
 - DECHARGE MEMOIRE : Decharge un programme sur bande perforée, cassette ou imprimante.
 - BLOC A BLOC : Exécution du programme bloc à bloc
 - RETOUR ORIGINE : La broche s'arrête et la machine retourne automatiquement au point d'origine, d'abord en Z puis en X-Y

2. COMMANDE DE LA PROGRAMMATION : Comporte 8 touches
- RAZ : Remise à zéro du système, à utiliser qu'en cas d'urgence.
 - INTRO POINT REFERENCE : Introduit le point de référence à la position où se trouve l'outil.
 - LECTURE : Affichage des coordonnées.
 - MODIFICATION : Pour changer les données d'un bloc. Doit être suivi de "Fin de bloc".
 - INSERTION BLOC : Pour insérer un nouveau bloc dans le programme, avant le bloc affiché sur la vue de position. Doit être suivi de "Fin de bloc".
 - FIN DE BLOC : Doit être utilisé après chaque bloc de programmation.
 - EFFACEMENT BLOC : Effacer le bloc affiché sur la vue de programmation.
 - FIN DE PROGRAMME : A utiliser à la fin du programme ou lorsque l'édition du programme est terminée.
3. AUTRES COMMANDES :
- COMMANDE MANUELLE : Ces touches servent au déplacement manuel.
 - FONCTIONS : La fonction doit être affichée avant d'entrer sa valeur.

- ADRESSES : Servent à programmer les coordonnées X, Y et Z et en interpolation circulaire I, J et K.
- VALEURS : Après avoir sélectionné les coordonnées, afficher la course désirée [5 chiffres] et le signe "-" si nécessaire. Tous les chiffres doivent être entrés mais il n'est pas nécessaire d'entrer la virgule.
Exemple ; 07655 signifiera 76,55 mm
- MODULATION D'AVANCE % : La vitesse d'avance programmée peut être modifiée manuellement de 0 à 200% par palier de 20% et ceci même lorsque le programme est en cours.

4. LES FONCTIONS.

- NUMERO DE BLOC : N000 - 999

Pour les blocs inférieurs à 100, on introduit d'abord le ou les zéros puis les chiffres.

Les blocs de 901 à 909 sont réservés à la correction d'outils.

- FONCTIONS PREPARATOIRES : G00 - 99

Servent à programmer le mouvement de l'outil.

G00 : positionnement à vitesse rapide.

G01 : interpolation linéaire, 2 axes

G02 : interpolation circulaire, en sens horaire.

- G03: Interpolation circulaire, en sens anti-horaire
- G04: temporisation de J secondes
- G12: Sous programme fraisage, alésage en sens horaire
- G13: Sous programme fraisage, alésage en sens anti-horaire
- G17: Sélection du plan XY
- G18: Sélection du plan XZ
- G19: Sélection du plan YZ
- G25: Saut à un autre numéro de bloc
- G40: Annulation de la correction d'outil
- G41: Correction de rayon d'outil à gauche du profil
- G42: Correction de rayon d'outil à droite du profil
- G53: Annulation du décalage d'origine programmée
- G58: Décalage d'origine programmée
- G73: Cycle de perçage avec brise copeaux: avance par palier de J mm et remonté de 1 mm
- G81: Cycle de perçage centrage, perçage avec arrêt de J secondes en position basse et retour rapide à zéro
- G82: Cycle de perçage chambrage, Perçage avec arrêt de 0,5 seconde en position basse et retour rapide à zéro.
- G83: Cycle de perçage déburrage: Avance par palier de J mm et retour à zéro.

- VITESSE D'AVANCE PROGRAMMABLE: F 0-250 mm/min
- VITESSE DE BROCHE PROGRAMMABLE: S 0-9

S ₁	500	trous/min
S ₂	750	trous/min
S ₃	1000	trous/min
S ₄	1250	trous/min
S ₅	1500	trous/min
S ₆	1750	trous/min
S ₇	2000	trous/min
S ₈	2250	trous/min
S ₉	2500	trous/min

- NUMEROS D'OUTIL AVEC CORRECTION D'OUTIL:
T 0-9

- FONCTIONS AUXILIAIRES: M 00-99

M 02: Fin du programme avec retour au début du programme.

M 03: Rotation de la broche dans le sens horaire.

M 04: Rotation de la broche dans le sens anti-horaire.

M 05: Arrêt de la broche.

M 06: Changement d'outil.

M 10: Blocage programmé (bride, etau, ...)

M 11: Déblocage programmé

M 60: Commande changement de pièce.

M 96 : Usinage par rayon de raccordement en correction d'outil normal ou profil.

M 97 : Usinage par trajectoire linéaire.

X, Y, Z : Course programmable 000,00 ± 999,99 mm

I, J, K : Positionnement du centre du cercle par rapport au point de départ lors de l'interpolation circulaire.

IV 2 APPLICATION :

Cet exemple consiste à établir un programme d'usinage sur MOON, des aubes d'une roue ouverte de pompe centrifuge ayant un débit $Q = 0,1 \text{ m}^3/\text{s}$, une hauteur d'élevation $H = 42,5 \text{ m}$, et une vitesse de rotation $N = 1470 \text{ tr/mn}$

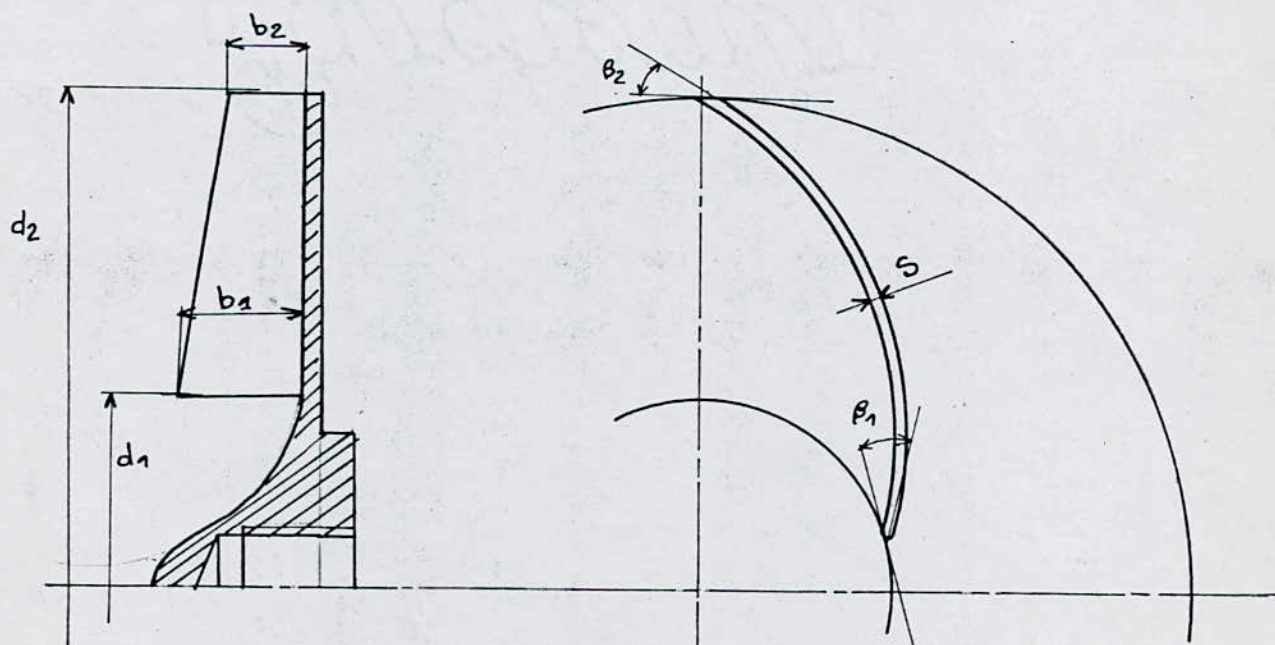


Fig IV.1

Les dimensions d'une telle roue sont :

$$d_1 = 183,71 \text{ on prendra : } 184 \text{ mm}$$

$$d_2 = 353,12 \quad // \quad : 354 \text{ mm}$$

$$\beta_1 = 20,92 \quad // \quad : 21^\circ$$

$$\beta_2 = 27,00 \quad // \quad : 27^\circ$$

$$b_1 = 45,16 \quad // \quad : 45 \text{ mm}$$

$$b_2 = 28,82 \quad // \quad : 30 \text{ mm}$$

$$Z = 7 \quad // \quad : 7$$

$$S = 5,00 \quad // \quad : 5 \text{ mm}$$

Les dimensions peuvent être soit connues, soit à déterminer en utilisant la première partie du logiciel.

À partir de ces dimensions et en utilisant la deuxième partie du logiciel, on détermine les coordonnées des différents points délimitant le contour des aubes, ces points sont :

$$P_i, Q_i, M_i, N_i, I_i, J_i \quad (\text{fig IV.2})$$

Où i varie de 1 à Z

Z : nombre d'aubes

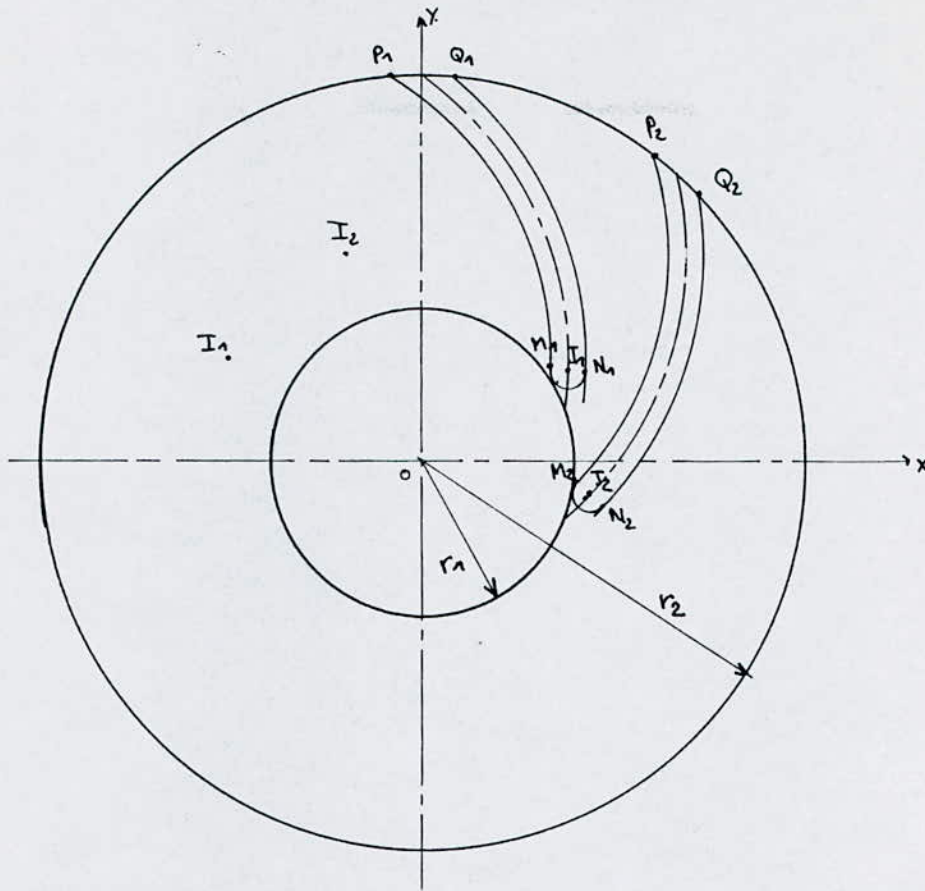


Fig IV.2.

* procédé d'obtention:

La roue étant un brut de fonderie, moulé en fonte.
Lors de la réalisation du dessin de fonderie, on doit pouvoir assurer un enlèvement de matière supérieur ou égal au copeau minimum (C_{pm})

* Détermination de l'épaisseur brute des aubes.

Pour la détermination de ce brut on doit établir une chaîne de côté entre la côté cherché B_{min} , la côté connue S , en prenant comme condition

L'épaisseur du copeau minimum (C_{pm}).

- On suppose que l'épaisseur des aubes S est donnée avec une tolérance de $\pm 0,1 \text{ mm}$

$$S = 5 \pm 0,1$$

- On prend un copeau minimum $C_{pm} = 0,5 \text{ mm}$ afin de pouvoir réaliser l'usinage en une seule passe.

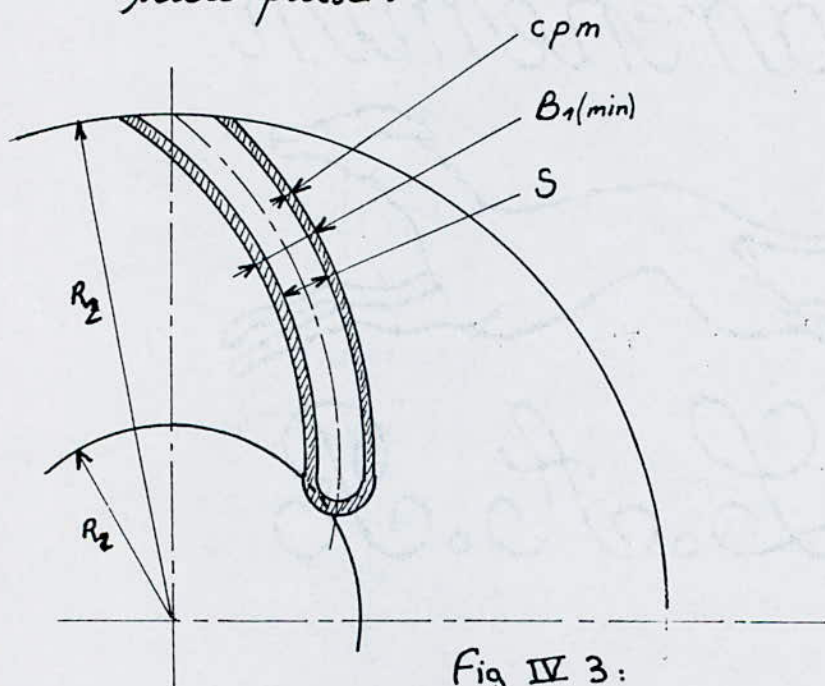
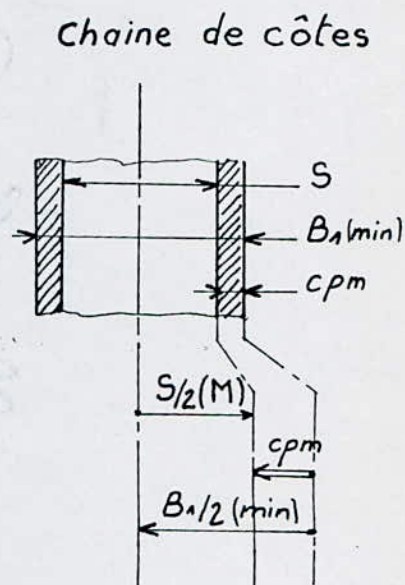


Fig IV 3:

$$\frac{B_1(\text{min})}{2} = \frac{S(M)}{2} + C_{pm}$$

$$B_1(\text{min}) = S(M) + 2C_{pm} = 5,1 + 1 = 6,1 \text{ mm}$$

L'épaisseur minimum brute de l'aube est de $6,1 \text{ mm}$



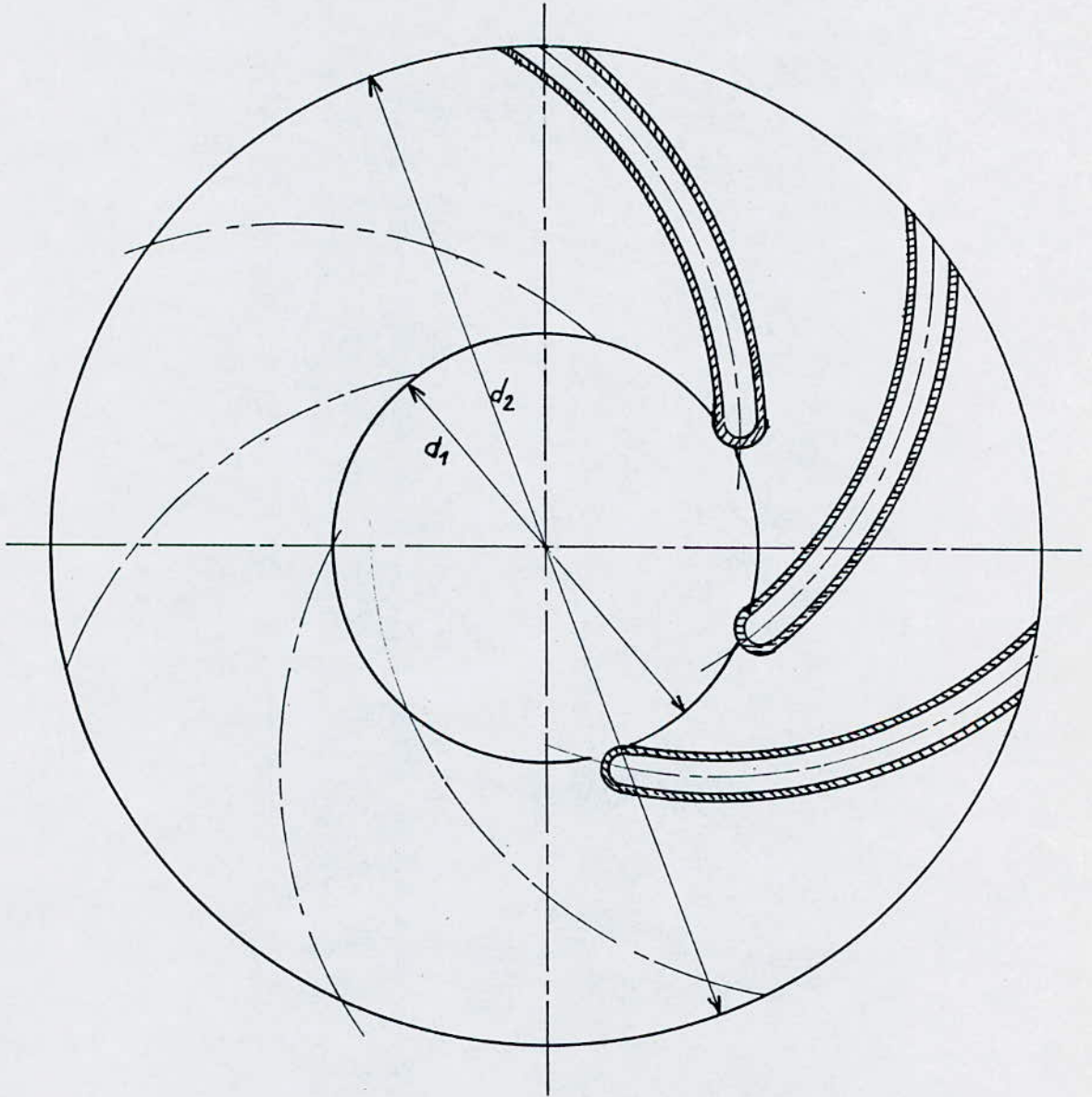


Fig IV.4 : Roue avant usinage des aubes

REMARQUE :

Le programme d'usinage que nous allons établir ne peut être testé sur la machine-outil à commande numérique disponible au département, ceci en raison de ses capacités réduites.

Le programme d'usinage se base sur les fonctions propres à notre machine qui sont identiques à ceux qui utilisent une machine à commande numérique de plus grandes dimensions.

* Planing à mettre en œuvre pour réaliser l'usinage en commande numérique.

À partir du dessin de définition complet (avec sa cotation fonctionnelle, ses tolérances de forme et de position, ses indices de rugosité), le bureau de méthode établit la gamme d'usinage pour :

- Ordonner les opérations et rechercher les opérations pouvant être réalisées en CN
- Choisir la machine-outil
- Faire l'étude de rentabilité
- transformer les côtés fonctionnelles en côtés fabrication, suivant le type de machines utilisées.

Après quoi intervient la phase de conception du programme d'usinage, constituée par les étapes suivantes: (dans le cas de l'usinage en C.N)

- Déterminer le système d'ablocage de la pièce sur la machine outil.
- Etablir la liste de toutes les opérations en respectant l'ordre chronologique.
- Calculer les coordonnées des points à atteindre.
- Prévoir les déplacements des organes mobiles et les changements d'outil.
- Choisir les vitesses de rotation des broches et les vitesses de déplacement des organes mobiles.
- Indiquer les instructions relatives aux fonctions.
- Reporter en utilisant le langage machine toutes les instructions ci-dessous sur feuille de programmation.

Le travail terminé on passe au codage des instructions sur cassette ou sur bande perforée en utilisant les accessoires adéquats.

Avant de passer à l'exécution réelle du programme, on effectue un contrôle en procédant à l'exécution du programme sur la machine outil à vide (sans pièce).

* Programme d'usinage.

Le montage de la pièce sur la MOCN, le choix des paramètres de coupe et des paramètres d'avance, ne faisant pas l'objet de notre travail, seront alors pris de manière quelconque.

Remarque :

Les coordonnées des points délimitants les contours des aubes, calculées à partir du logiciel établi sont exprimées dans le repère O_{OP} lié à la pièce (Voir fig page) pris comme origine programme OP, on supposera l'origine machine O_M et l'origine programme OP confondues

TABLEAUX RECAPITULATIFS

1^{ère} aube

	P ₁	Q ₁	M ₁	N ₁	I ₁	J ₁
X	- 5,50	5,50	84,25	89,25	- 72,16	86,75
Y	176,41	176,41	37,95	38,05	34,88	38,00

2^{ème} aube

	P ₂	Q ₂	M ₂	N ₂	I ₂	J ₂
X	134,49	141,36	82,20	85,40	17,72	83,80
Y	114,30	105,69	- 42,21	- 46,06	78,16	- 44,13

3^{ème} aube

	P ₃	Q ₃	M ₃	N ₃	I ₃	J ₃
X	173,22	170,77	18,25	17,23	50,06	17,74
Y	- 33,89	- 44,62	- 90,59	- 95,48	62,59	- 93,03

4^{ème} aube

	P ₄	Q ₄	M ₄	N ₄	I ₄	J ₄
X	81,50	71,58	- 59,44	- 63,90	80,15	- 61,67
Y	- 156,55	- 161,33	- 70,75	- 73,00	- 0,12	- 71,88

5^{ème} aube

	P ₅	Q ₅	M ₅	N ₅	I ₅	J ₅
X	- 71,58	- 81,50	- 92,38	- 96,92	49,88	- 94,65
Y	- 161,33	- 156,55	2,36	4,44	- 62,74	3,40

6 ^e aube	P ₆	Q ₆	M ₆	N ₆	I ₆	J ₆
X	-170,77	-173,22	55,75	-56,95	-17,95	-56,35
Y	-44,62	-33,89	73,70	78,55	-78,11	76,12

7 ^e aube	P ₇	Q ₇	M ₇	N ₇	I ₇	J ₇
X	-141,36	-134,49	22,86	25,90	-72,26	24,38
Y	105,69	114,30	89,53	93,50	-34,67	91,52

SELECTION DES DONNEES D'USINAGE

Les valeurs adoptées pour la vitesse d'avance et la vitesse de rotation de la broche sont :

- Vitesse d'avance selon les axes X, Y

$$A_{x,y} = 120 \text{ mm/mn} \quad (F 120)$$

- Vitesse de rotation de la broche

$$n = 1250 \text{ tr/mn} \quad (S4)$$

- Vitesse d'avance selon l'axe Z

$$A_z = 60 \text{ mm/mn} \quad (F060)$$

La largeur maximale de l'aube étant de 45mm, on procédera alors à l'usinage par pas de 10mm (en plongée), la fraise étant située 5mm au dessus de la pièce et ayant un diamètre de 10mm.

Remarque ;

Lors de l'interpolation circulaire (fonctions préparatoires G02, G03) On doit programmer les coordonnées du centre par rapport au point de départ.

Le travail effectué est un travail de contourage On doit donc tenir compte du diamètre de la fraise (utilisation de la fonction G41 ou G42)

PROGRAMMATION DE LA PASSE D'OUTIL

- N001 - Déplacement de la fraise à vitesse rapide jusqu'au point $P_1(x_{P_1}, y_{P_1})$
- N002 - Descente de la fraise de 10 mm
- N003 - Correction d'outil à droite du profil (G41)
- N004 - Usinage de l'arc du cercle P_1M_1 (G02)
- N005 - Usinage de l'arc du cercle M_1N_1 (G03)
- N006 - Usinage de l'arc du cercle N_1Q_1 (G03)
- N007 - Déplacement de la fraise à vitesse rapide (G00) jusqu'au point Z 00 000
- N008 - Déplacement de la fraise à vitesse rapide (G00) jusqu'au point $P_1(x_{P_1}, y_{P_1})$
- N009 - Décalage d'origine : (G58) de Z 01000
- N010 - Répétition du programme à partir du bloc N°2 (I 00002), 4 fois (J 00004).

- N011 - Annulation du décalage d'origine Z.05000
- N012 - Déplacement de la fraise à vitesse rapide
jusqu'au point $P_2 (X_{P_2}, Y_{P_2})$
- N013 - Descente de la fraise de 10 mm
- ⋮
- N078 - Retour au point de référence et arrêt de
la broche
- ⋮
- N901 - Valeur de la correction du rayon d'outil
Fraise de diamètre 10 mm (I01000)

LISTING DE PROGRAMMATION :

(Voir feuilles suivantes).

ENPA		Listing de programmation :									N PRO
Dép:MECANIQUE											01
PIECE : ROUE CENTRIFUGE		N° DESSIN RC 001	MACHINE OUTIL FRAISEUSE CNC ^{4440/} / ₄₄₄₁				DUREE PRO 2 HEURES	ETABLI par SI-AHMED	PAGE		
N	G	F	S	T	M	X	Y	Z	I	J	K
001	00					-00505	-00505				
002	42			1							
003	01	60	4		03			-01000			
004	02	120				08425	03795		-07611	-14153	
005	03					09825	03805		00250	00005	
006						00505	17641		16141	-00317	
007	00							00000			
008						00505	17641				
009	58							-01000			
010	25								00003	00004	
011	53							05000			
012	00							00000			
013						13449	11430				

014	010	060						-01000			
015	02	120				08220	-04221		15221	-03614	
016	03					08540	-04606		00160	00192	
017	03					14136	10569		06768	02422	
018	00							00000			
019	00					13449	11430				
020	58							-01000			
021	25								00014	00004	
022	53							05000			
023	00							00000			
024						17322	-03398				
025	01	060						-01000			
026	02	120				018325	-09059		-12316	09648	
027	03					01723	09548		-00054	-00244	
028						10077	-04462		03284	15807	
029	00							00000			
030						17322	-03398				

031	58							-01000			
032	25								00025	00004	
033	53							05000			
034	00							00000			
035						08150	-15655				
036	01	060						-01000			
037	02	120				-05944	-07075		00135	15643	
038	03					-06390	-07300		-00232	-00113	
039						-07158	-16133		14405	07288	
040	00							00000			
041						08150	-15655				
042	058							-01000			
043	25								00036	00004	
044	53							05000			
045	00							00000			
046						-07158	-16133				
047	01	060						-01000			

048	02	120				-09238	00236		12146	09889	09859
049	03					-09692	00444		-00227	00104	
050						-083150	-15655		14680	-067183	
051	00							00000			
052						-07158	-16133				
053	58							-01000			
054	25								00047	00004	
055	53							05000			
056	00							00000			
057						-17077	-04442				
058	01	060						-01000			
059	02	120				-05575	07370		15282	-03349	
060	03					-05695	07855		-00060	00242	
061						-17077	-03389		03900	-15666	
062	00							00000			
063						-17077	-04462				
064	58							-01000			

0 6 5	2 5								00058	00004	
0 6 6	5 3							05000			
0 6 7	0 0							00000			
0 6 8	0 0	0 6 0				-14136	10569				
0 6 9	0 1	0 6 0						-01000			
0 7 0	0 2	1 2 0				0 2 2 8 6	0 8 9 5 3		0 6 9 1 0	- 1 4 0 3 6	
0 7 1	0 3					0 2 5 9 0	0 9 3 5 0		0 0 1 5 2	0 0 1 9 9	
0 7 2						-13449	11430		-09810	- 1 2 8 1 7	
0 7 3	0 0							00000			
0 7 4	0 0					-14136	10569				
0 7 5	5 8							-01000			
0 7 6	2 5								00069	00004	
0 7 7	5 3							05000			
0 7 8	0 0				0 2						
901									01000		

CONCLUSION

Dans le but de faciliter le modelage de fonderie des roues de pompe centrifuge, et afin de donner à l'aube un profil régulier, permettant l'amélioration de l'écoulement des liquides à travers les parois de celle-ci.

Cette étude a permis d'élaborer un logiciel de calcul, permettant de déterminer les différents points délimitants le contour des aubes propre à un tracé par arc de cercle de rayon unique, dans le but de procéder à la rectification de ces aubes sur la machine-outil à commande numérique MU 200 CNC dans sa version fraiseuse. Vu, l'indisponibilité de petite roue pouvant être usiner sur notre fraiseuse, une application pratique ne pouvant être réalisée (la fraiseuse disponible étant de dimensions réduites).

Le programme établi est valable sur des fraiseuses de plus grande dimension.

Mon plus vif souhait serait, la continuation de ce travail par les promotions futures, qui consisterait à compléter le logiciel pour les autres types de tracé des aubes.

LISTING DE PROGRAMMATION


```

450 IF INKEY{<} " THEN 450 ELSE CLS
460 CLS:SCREEN 3
470 LOCATE 6,2:INPUT "DONNEZ LA HAUTEUR D'ELEVATION en [m] H = ";H
480 LOCATE 8,2:INPUT "DONNEZ LE DEBIT en [m^3/s] Q = ";Q
490 LOCATE 10,2:INPUT "DONNEZ LA VITESSE DE ROTATION en [trs/mn] N = ";N
500 NS=(N)*SQR(Q)/(H^(3/4))
510 LOCATE 14,2 :PRINT "VITESSE SPECIFIQUE Ns = ";:PRINT USING "###.##";NS
520 IF NS > 10 AND NS < 30 THEN 620
530 LOCATE 17,2:PRINT "VOS DONNEES NE CORRESPONDENT PAS AUX TYPES DE POMPES ETUDIEES ."
540 LOCATE 22,2:INPUT "VOULEZ-VOUS INTRODUIRE DE NOUVELLES DONNEES (O/N) ";R$
550 IF R$="N" THEN 4530
560 IF R$="O" THEN GOTO 460
570 CLS
580 LOCATE 12,10:PRINT "VORE REPONSE EST ERRONEE VEILLER LA REFORMULER"
590 LOCATE 14,10:PRINT "POUR CELA APPUYER SUR LA BARRE D'ESPACE."
600 IF INKEY{<} " THEN 600 ELSE 540
610 CLS
620 LOCATE 20,2:PRINT "VOS DONNEES CORRESPONDENT BIEN AUX TYPES DE POMPES ETUDIEES ."
630 IF INKEY{<} " " THEN 630 ELSE CLS
640 CLS:LOCATE 1,2:PRINT "INTRODUCTION DES DONNEES ."
650 LINE(8,13)-(216,15),1,B:PAINT(100,14)
660 LOCATE 3,2:INPUT "DONNER LA VALEUR DE Kcm1 = ";KCM1
670 LOCATE 4,2:INPUT "DONNER LA VALEUR DE Kcm2 = ";KCM2
680 LOCATE 5,2:INPUT "DONNER LA VALEUR DU RENDEMENT VOLUMETRIQUE Nv = ";NV
690 LOCATE 7,2:PRINT "DONNER LA VALEUR DE L'ANGLE D'ATTAQUE DELTA en [°] : "
700 LINE(8,109)-(410,109)
710 LOCATE 8,2:PRINT "DELTA = 2 à 6 [°] "
720 LOCATE 8,30:INPUT "DELTA =";DEL
730 LOCATE 10,2:PRINT "DONNER LES VALEURS DES RAPPORT CO/CM1,D1/D0 : "
740 LINE(8,158)-(360,158)
750 LOCATE 11,2:PRINT "CO/CM1 0.9 à 1.0 "
760 LOCATE 12,2:PRINT "D1/D0 1.05 à1.10 "
770 LOCATE 11,30:INPUT "CO/CM1 =";C
780 LOCATE 12,30:INPUT "D1/D0 = ";D
790 LOCATE 14,2:PRINT "DONNER LE NOMBRE D'AUBES DE VOTRE ROUE Z : "
800 LINE(8,220)-(350,220)
810 LOCATE 15,2:PRINT "Z = 5 à 12 ":LOCATE 15,30:INPUT "Z =";Z
820 LOCATE 17,2:INPUT "DONNER L'EPAISSEUR DE L'AUBE S en [mm] = ";S
830 LOCATE 19,2:PRINT "DONNER LA VALEUR DU RAPPORT D1/D2 "
840 LINE(8,301)-(264,301):LOCATE 20,2:PRINT "D1/D2 = .3 à .5 ":LOCATE 20,30:
INPUT "D1/D2 = ";C1
850 LOCATE 22,2:INPUT "CHOISIR L'ANGLE DE SORTIE BETA2 COMPRIS ENTRE (25 et 30 [°])";B2
860 H=42.5:Q=.1:N=1470:NS=(N)*SQR(Q)/(H^(3/4)):KCM1=.165:KCM2=.12:DEL=2.3:NV=.97
:C=.9:D=1.05:Z=7:S=5:C1=.5:B2=27
870 PI=3.141592
880 G= 9.810001
890 DER=DEL*PI/180
900 CM1=KCM1*SQR(2*G*H)
910 CM2=KCM2*SQR(2*G*H)

```

```

920 QI=Q/NV
930 CO=C *CM1
940 AO=QI/CO
950 D0=5QR(4*AO/PI)
960 D1=D0*D
970 DD1=D1*1000
980 U1=PI*N*D1/60
990 B1 =ATN(CM1/U1)
1000 BB1 =B1 +DER
1010 BB1D =BB1 *180/PI
1020 T1=PI*D1/Z
1030 SU1=5/SIN(BB1)
1040 SSU1=SU1/1000
1050 FI1=T1/(T1-SSU1)
1060 A1=FI1*QI/CM1
1070 LB1=A1/(PI*D1)
1080 LBM1=LB1*1000
1090 D1R=4250 *((Q/N)^(1/3))
1100 NH=1-(.42/(LOG (D1R)-.172)^2)
1110 XX=.6*(1+B2/60)
1120 PL=2*(XX/Z)*1/(1-(C1)^2)
1130 B2R=B2*PI/180
1140 U2=CM2/(2*TAN(B2R))+5QR((CM2/2*TAN(B2R))^2+G*H*(1+PL)/NH)
1150 DD2=60*U2/(PI*N)
1160 DDD2=DD2*1000
1170 T2=PI*DD2/Z
1180 SU2=5/SIN(B2R)
1190 SSU2=SU2/1000
1200 FI2=T2/(T2-SSU2)
1210 A2=FI2*QI/CM2
1220 LB2=A2/(PI*DD2)
1230 LBM2=LB2*1000
1240 CL5:LOCATE 3,2:PRINT "DIAMETRE D'ENTREE DE LA ROUE D1 = ";:PRINT USING "###
#.##";DD1;:PRINT " [mm]"
1250 LOCATE 5,2:PRINT "ANGLE D'ENTREE DE L'AUBE BETA1 =";:PRINT USING "##.##";B
B1D;:PRINT " [°]"
1260 IF BB1D >= 15 AND BB1D <= 30 THEN 1300
1270 LOCATE 5,2:PRINT "VOTRE VALEUR N'EST PAS DANS L'INTERVALLE DEMANDEE .":
LOCATE 7,2:INPUT "VOULEZ-VOUS REINTRODUIRE D'AUTRES VALEURES (O/N) ";N$
1280 IF N$(">")"0" AND N$(">")"N" THEN 1270
1290 IF N$="0" THEN 640 ELSE END
1300 LOCATE 7,2:PRINT " LARGEUR D'ENTREE DE LA ROUE b1 = ";:PRINT USING "##.##";L
BM1;:PRINT " [mm]"
1310 'LOCATE 19,2:PRINT "U2 = ";U2 :PRINT "D1R= ";D1R:PRINT "NH= ";NH:PRINT "XX=
";XX:PRINT "PL= ";PL:PRINT "DD2= ";DD2
1320 LOCATE 9,2:PRINT "DIAMETRE DE SORTIE DE LA ROUE D2 = ";:PRINT USING "####.#
#";DDD2;:PRINT " [mm]"
1330 LOCATE 11,2:PRINT "ANGLE DE SORTIE DE L'AUBE BETA2 =";B2;:PRINT " [°]"
1340 LOCATE 13,2:PRINT "LARGEUR DE SORTIE DE LA ROUE b2 = ";:PRINT USING "###.##
";LBM2;:PRINT " [mm]"
1350 LOCATE 22,15:PRINT "***APPUYER SUR LA BARRE D'ESPACE POUR CONTINUER ***"
1360 IF INKEY$(">")" " THEN 1360 ELSE CLS

```



```

1770 AF=YI/XI
1780 BF= (RIN^2 - R1^2 - XI^2 - YI^2)/(2*XI)
1790 'PRINT "AF=";AF:PRINT "BF=";BF:PRINT "RIN=";RIN
1800 YF1=(-(AF*BF)-SQR((AF*BF)^2-(AF^2+1)*(BF^2-R1^2)))/(AF^2+1)
1810 YF2=(-(AF*BF)+SQR((AF*BF)^2-(AF^2+1)*(BF^2-R1^2)))/(AF^2+1)
1820 XF1=-AF*YF1-BF
1830 XF2=-AF*YF2-BF
1840 IF XF1>XF2 THEN X1F=XF1 ELSE X1F=XF2
1850 Y1F=(X1F+BF)/-AF
1860 'CLS:PRINT "XI=";XI:PRINT "YI=";YI:PRINT "W=";W:PRINT "BI=";BI:PRINT "AI=";
AI:PRINT "R1=";R1:PRINT "R2=";R2 :PRINT "RI=";RI:PRINT "AF =" ;AF :PRINT "BF =" ;B
F :PRINT "Y1F=";Y1F:PRINT "X1F=";X1F:PRINT "RIN=";RIN:STOP:
1870 ' .....COORDONNEES DU POINT J.....
1880 CJ=XI+((Y1F/X1F)*YI)
1890 EJ=1+(Y1F/X1F)^2
1900 DJ=CJ^2-(EJ*(XI^2+YI^2-RI^2))
1910 XJ1=(CJ-SQR(DJ))/EJ
1920 XJ2=(CJ+SQR(DJ))/EJ
1930 IF XJ1>XJ2 THEN X1J=XJ1 ELSE X1J=XJ2
1940 Y1J=(Y1F*X1J)/X1F
1950 'CLS:PRINT "XI=";XI:PRINT "YI=";YI:PRINT "Y1F=";Y1F:PRINT "X1F=";X1F:PRINT
"RIN=";RIN:PRINT "X1J=";X1J:PRINT "Y1J=";Y1J:STOP:
1960 ' .....COORDONNEES DU POINT M.....
1970 APM=(YI-Y1J)/(XI-X1J)
1980 BPM=YI-APM*XI
1990 AM=1+APM^2
2000 BM=((APM*BPM)-(APM*YI)-XI )
2010 CM=XI^2+BPM^2-(2*BPM*YI)+YI^2-RIN^2
2020 XM1=(-BM-SQR(BM^2-(AM*CM)))/AM
2030 XM2=(-BM+SQR(BM^2-(AM*CM)))/AM
2040 IF XM1>XM2 THEN X1M=XM1 ELSE X1M=XM2
2050 Y1M=APM*X1M+BPM
2060 'CLS:PRINT "APM=";APM:PRINT "BPM=";BPM:PRINT "AM=";AM:PRINT "BM=";BM:PRINT
"CM=";CM:PRINT "X1M=";X1M:PRINT "Y1M=";Y1M:STOP:
2070 ' .....COORDONNEES DU POINT N.....
2080 REX=RIN+5
2090 CN=XI^2+BPM^2-(2*BPM*YI)+YI^2-REX^2
2100 XN1=(-BM-SQR(BM^2-(AM*CN)))/AM
2110 XN2=(-BM+SQR(BM^2-(AM*CN)))/AM
2120 IF XN1>XN2 THEN X1N=XN1 ELSE X1N=XN2
2130 Y1N=APM*X1N+BPM
2140 'CLS:PRINT "APM=";APM:PRINT "BPM=";BPM:PRINT "AM=";AM:PRINT "BM=";BM:PRINT
"CM=";CM:PRINT "X1M=";X1M:PRINT "Y1M=";Y1M:PRINT "X1N=";X1N:PRINT "Y1N=";Y1N:STO
P:
2150 ' .....COORDONNEES DU POINT P.....
2160 BP=(RIN^2-R2^2-XI^2-YI^2)/(2*XI)
2170 YP1=((-AF*BP)-SQR((AF*BP)^2-(AF^2+1)*(BP^2-R2^2)))/(AF^2+1)
2180 YP2=((-AF*BP)+SQR((AF*BP)^2-(AF^2+1)*(BP^2-R2^2)))/(AF^2+1)
2190 IF YP1>YP2 THEN Y1P=YP1 ELSE Y1P=YP2
2200 X1P=-AF*Y1P-BP
2210 'CLS:PRINT "X1M=";X1M:PRINT "Y1M=";Y1M:PRINT "X1N=";X1N:PRINT "Y1N=";Y1N:PR
INT "BP=";BP:PRINT "Y1P=";Y1P:PRINT "X1P=";X1P:PRINT "AF=";AF:STOP

```

```

2220 '.....COORDONNEES DU POINT Q.....
2230 X1Q=-X1P
2240 Y1Q=Y1P
2250 'CLS:PRINT "X1Q=";X1Q:PRINT "Y1Q=";Y1Q:
2260 '.....DETERMINATION DES COORDONNEES DES POINTS.....
2270 XI(1)=XI:YI(1)=YI
2280 XJ(1)=X1J:YJ(1)=Y1J
2290 XM(1)=X1M:YM(1)=Y1M
2300 XN(1)=X1N:YN(1)=Y1N
2310 XP(1)=X1P:YP(1)=Y1P
2320 XQ(1)=X1Q:YQ(1)=Y1Q
2330 KSI=2*PI/Z
2340 FOR I=2 TO Z
2350 XI(I)=XI(I-1)*COS(KSI)+YI(I-1)*SIN(KSI)
2360 YI(I)=YI(I-1)*COS(KSI)-XI(I-1)*SIN(KSI)
2370 XJ(I)=XJ(I-1)*COS(KSI)+YJ(I-1)*SIN(KSI)
2380 YJ(I)=YJ(I-1)*COS(KSI)-XJ(I-1)*SIN(KSI)
2390 XM(I)=XM(I-1)*COS(KSI)+YM(I-1)*SIN(KSI)
2400 YM(I)=YM(I-1)*COS(KSI)-XM(I-1)*SIN(KSI)
2410 XN(I)=XN(I-1)*COS(KSI)+YN(I-1)*SIN(KSI)
2420 YN(I)=YN(I-1)*COS(KSI)-XN(I-1)*SIN(KSI)
2430 XP(I)=XP(I-1)*COS(KSI)+YP(I-1)*SIN(KSI)
2440 YP(I)=YP(I-1)*COS(KSI)-XP(I-1)*SIN(KSI)
2450 XQ(I)=XQ(I-1)*COS(KSI)+YQ(I-1)*SIN(KSI)
2460 YQ(I)=YQ(I-1)*COS(KSI)-XQ(I-1)*SIN(KSI)
2470 NEXT I
2480 'FOR I=1 TO Z
2490 'PRINT "XP(";I;")=";:PRINT USING "####.###";XP(I);:PRINT "      Y
P(";I;")=";:PRINT USING "####.###";YP(I)
2500 'NEXT I
2510 FOR I=1 TO Z
2520 CLS:PRINT "COORDONNEES DU POINT P";I;:PRINT "(::PRINT USING "####.###";XP(
I);:PRINT " , ";:PRINT USING "####.###";YP(I);:PRINT ")"
2530 PRINT "COORDONNEES DU POINT Q";I;:PRINT "(::PRINT USING "####.###";XQ(I);:
PRINT " , ";:PRINT USING "####.###";YQ(I);:PRINT ")"
2540 PRINT "COORDONNEES DU POINT M";I;:PRINT "(::PRINT USING "####.###";XM(I);:
PRINT " , ";:PRINT USING "####.###";YM(I);:PRINT ")"
2550 PRINT "COORDONNEES DU POINT N";I;:PRINT "(::PRINT USING "####.###";XN(I);:
PRINT " , ";:PRINT USING "####.###";YN(I);:PRINT ")"
2560 PRINT "COORDONNEES DU POINT I";I;:PRINT "(::PRINT USING "####.###";XI(I);:
PRINT " , ";:PRINT USING "####.###";YI(I);:PRINT ")"
2570 PRINT "COORDONNEES DU POINT J";I;:PRINT "(::PRINT USING "####.###";XJ(I);:
PRINT " , ";:PRINT USING "####.###";YJ(I);:PRINT ")"
2580 IF INKEY$("<") " THEN 2580
2590 NEXT I
2600 IF INKEY$("<") " THEN 2600 ELSE CLS
2610 SCREEN 1
2620 LOCATE 10,3:PRINT "RAPPEL SUR LES FONCTIONS NECESSAIRES"
2630 LOCATE 12,3:PRINT "      DE LA MOCN MU 200CNC      "
2640 IF INKEY$("<") " THEN 2640 ELSE CLS
2650 REM##### SOUS PROGRAMME DES FONCTIONS #####
2660 REM#####

```

```

2670 'LINE(10,10)-(620,380),,B
2680 SCREEN 3
2690 LOCATE 4,27:PRINT "LES FONCTIONS N,G,F,S,T,M"
2700 LOCATE 7,10:PRINT "N 000-999:NUMERO DE BLOC."
2710 LOCATE 8,20:PRINT "POUR LES BLOCS INFERIEURS A 100,ON DOIT D'ABORD"
2720 LOCATE 9,20:PRINT "ENTRER LE OU LES ZEROS PUIS LE CHIFFRE"
2730 LOCATE 10,20:PRINT "LES BLOCS DE 901 a 909 SONT RESERVES A LA CORRECTION"
2740 LOCATE 11,20:PRINT "D'OUTLS"
2750 LOCATE 13,10:PRINT "G 00-99:FONCTIONS PREPARATOIRES."
2760 LOCATE 14,18:PRINT "SERVANT A PROGRAMMER LE MOUVEMENT DE L'OUTIL."
2770 LOCATE 16,10:PRINT "F [0-250] mm/min:VITESSE D'AVANCE PROGRAMMABLE"
2780 LOCATE 17,10:PRINT "S 0-9:VITESSE DE BROCHE PROGRAMMABLE"
2790 LOCATE 19,10:PRINT "T 0-9:NUMERO D'OUTIL AVEC CORRECTION D'OUTIL."
2800 LOCATE 20,10:PRINT "M 00-99:FONCTIONS AUXILIAIRES"
2810 LOCATE 23,20:PRINT "APPUYER SUR LA BARRE D'ESPACE POUR CONTINUER"
2820 LOCATE 1,1:A$=INKEY$: IF A$="" THEN 2820 ELSE 2830
2830 CLS
2840 REM##### FONCTIONS PREPARATOIRES #####
2850 SCREEN 3
2860 LINE(10,10)-(620,380),,B
2870 LOCATE 3,28:PRINT "FONCTIONS PREPARATOIRES"
2880 LOCATE 6,8:PRINT "G 00:POSITIONNEMENT A VITESSE RAPIDE 500 mm/min"
2890 LOCATE 7,8:PRINT "G 01:INTERPOLATION LINEAIRE,2 AXES"
2900 LOCATE 8,8:PRINT "G 02 INTERPOLATION CIRCULAIRE EN SENS HORAIRE"
2910 LOCATE 9,8:PRINT "G 03:INTERPOLATION CIRCULAIRE EN SENS ANTI-HORAIRE"
2920 LOCATE 10,8:PRINT "G 04:TEMPORISATION DE J SECONDES"
2930 LOCATE 11,8:PRINT "G 12:SOUS PROGRAMME FRAISAGE,ALESAGE EN SENS HORAIRE"
2940 LOCATE 12,8:PRINT"G 13:SOUS PROGRAMME FRAISAGE,ALESAGE EN SENS ANTI-HORAIRE"
"
2950 LOCATE 13,8:PRINT "G 17:SELECTION DU PLAN DE X,Y"
2960 LOCATE 14,8:PRINT "G 18:SELECTION DU PLAN DE X,Z"
2970 LOCATE 15,8:PRINT "G 19:SELECTION DU PLAN DE Y,Z"
2980 LOCATE 16,8:PRINT "G 25:SAUT A UN AUTRE NUMERO DE BLOC"
2990 LOCATE 17,8:PRINT "G 40:ANNULATION DE LA CORRECTION D'OUTIL"
3000 LOCATE 18,8:PRINT "G 41:CORRECTION DE RAYON D'OUTIL A GAUCHE DU PROFIL"
3010 LOCATE 19,8:PRINT "G 42:CORRECTION DE RAYON D'OUTIL A DROITE DU PROFIL"
3020 LOCATE 20,8:PRINT "G 53:ANNULATION DU DECALAGE D'ORIGINE PROGRAMMEE"
3030 LOCATE 21,8:PRINT "G 58:DECALAGE D'ORIGINE PROGRAMMEE"
3040 LOCATE 23,20:PRINT "APPUYER SUR LA BARRE D'ESPACE POUR CONTINUER"
3050 LOCATE 1,1:A$=INKEY$: IF A$="" THEN 3050 ELSE 3060
3060 CLS
3070 LINE(10,10)-(620,380),,B
3080 LOCATE 4,25:PRINT "FONCTIONS PREPARATOIRES(suite)"
3090 LOCATE 8,8:PRINT "G 73:CYCLE DE PERCAGE AVEC BRISE-COPEAUX;"
3100 LOCATE 9,13:PRINT "AVANCE PAR PALIERS DE J mm ET REMONTEE DE 1 mm"
3110 LOCATE 11,8:PRINT "G 81:CYCLE DE PERCAGE CENTRAGE."
3120 LOCATE 12,13:PRINT "PERCAGE AVEC ARRET DE J SECONDES EN POSITION BASSE"
3130 LOCATE 13,13:PRINT "ET RETOUR RAPIDE A ZERO"
3140 LOCATE 15,8:PRINT "G 82:CYCLE DE PERCAGE CHAMBRAGE."
3150 LOCATE 16,13:PRINT "PERCAGE AVEC ARRET DE 0,5 SECONDES EN POSITION BASSE"

```

```

3160 LOCATE 17,13:PRINT "ET RETOUR RAPIDE A ZERO"
3170 LOCATE 19,8:PRINT "G 83:CYCLE DE PERCAGE DEBOURRAGE;"
3180 LOCATE 20,13:PRINT "AVANCE PAR PALIERS DE J mm ET RETOUR A ZERO"
3190 LOCATE 23,20:PRINT "APPUYER SUR LA BARRE D'ESPACE POUR CONTINUER"
3200 LOCATE 1,1:A$=INKEY$: IF A$="" THEN 3200 ELSE 3210
3210 CLS
3220 REM##### VITESSE D'AVANCE #####
3230 LINE(10,10)-(620,380),,B
3240 LOCATE 3,28:PRINT "** VITESSE D'AVANCE **"
3250 LOCATE 5,8:PRINT "F 0-250 mm/min:VITESSE D'AVANCE PROGRAMMABLE."
3260 LOCATE 6,16:PRINT "LA VITESSE D'AVANCE PROGRAMMEE PEUT ETRE MODIFIEE"
3270 LOCATE 7,16:PRINT "MANUELLEMENT DE 0 a 200%,PAR PALIERS DE 20%"
3280 REM##### VITESSE DE BROCHE #####
3290 LOCATE 10,28:PRINT "** VITESSE DE BROCHE **"
3300 LOCATE 12,8:PRINT "S 0-9:VITESSE DE BROCHE PROGRAMMABLE"
3310 LOCATE 13,14:PRINT "S1=500 tours/minute"
3320 LOCATE 14,14:PRINT "S2=750 tours/minute"
3330 LOCATE 15,14:PRINT "S3=1000 tours/minute"
3340 LOCATE 16,14:PRINT "S4=1250 tours/minute"
3350 LOCATE 17,14:PRINT "S5=1500 tours/minute"
3360 LOCATE 18,14:PRINT "S6=1750 tours/minute"
3370 LOCATE 19,14:PRINT "S7=2000 tours/minute"
3380 LOCATE 20,14:PRINT "S8=2250 tours/minute"
3390 LOCATE 21,14:PRINT "S9=2500 tours/minute"
3400 LOCATE 23,20:PRINT "APPUYER SUR LA BARRE D'ESPACE POUR CONTINUER"
3410 LOCATE 1,1:A$=INKEY$: IF A$="" THEN 3410 ELSE 3420
3420 CLS
3430 REM##### NUMERO D'OUTIL #####
3440 LINE(10,10)-(620,380),,B
3450 LOCATE 2,28:PRINT "** NUMERO D'OUTIL **"
3460 LOCATE 4,8:PRINT "T 0-9:NUMERO D'OUTIL AVEC CORRECTION D'OUTIL;L'OUTIL EST
MIS EN PLACE"
3470 LOCATE 5,14:PRINT "MANUELLEMENT.LA CORRECTION D'OUTIL COMPREND:"
3480 LOCATE 6,14:PRINT "* UNE COMPENSATION DE RAYON D'OUTIL"
3490 LOCATE 7,14:PRINT "*UNE COMPENSATION DE LONGUEUR D'OUTIL"
3500 REM##### FONCTIONS AUXILIAIRES #####
3510 LOCATE 9,28:PRINT "**FONCTIONS AUXILIAIRES**"
3520 LOCATE 11,8:PRINT "M 00-99:FONCTIONS AUXILIAIRES."
3530 LOCATE 12,16:PRINT "M 02:FIN DE PROGRAMME AVEC RETOUR AU DEBUT DU PROGRAMME
."
3540 LOCATE 13,16:PRINT "M 03:ROTATION DE LA BROCHE DANS LE SENS HORAIRE"
3550 LOCATE 14,16:PRINT "M 04:ROTATION DE LA BROCHE DANS LE SENS ANTI-HORAIRE"
3560 LOCATE 15,16:PRINT "M 05:ARRET DE LA BROCHE"
3570 LOCATE 16,16:PRINT "M 06:CHANGEMENT D'OUTIL"
3580 LOCATE 17,16:PRINT "M 10:BLOCAGE PROGRAMME (BRIDE,ETAU,etc)"
3590 LOCATE 18,16:PRINT "M 11:DEBLOCAGE PROGRAMME"
3600 LOCATE 19,16:PRINT "M 60:COMMANDE CHANGEMENT DE PIECE"
3610 LOCATE 20,16:PRINT "M 96:USINAGE PAR RAYON DE RACCORDEMENT;C'EST A DIRE"
3620 LOCATE 21,21:PRINT "EN CORRECTION D'OUTIL NORMAL OU PROFIL"
3630 LOCATE 22,16:PRINT "M 97:USINAGE PAR TRAJECTOIRE LINEAIRE"
3640 LOCATE 23,20:PRINT "APPUYER SUR LA BARRE D'ESPACE POUR CONTINUER"

```

```

3650 LOCATE 1,1: A$=INKEY$: IF A$="" THEN 3650 ELSE 3670
3660 'CLS:SCREEN 3:RETURN
3670 REM#####
3680 REM##### SOUS PROGRAMME DES DEPLACEMENTS D'OUTIL #####
3690 REM#####
3700 CLS:SCREEN 3
3710 LINE(10,10)-(620,380),,B
3720 LOCATE 4,20:PRINT "**LA PROGRAMMATION DES DEPLACEMENTS**"
3730 LOCATE 6,8:PRINT "POUR PROGRAMMER LE DEPLACEMENT D'UN OUTIL SUR UNE MACHINE
A COMMANDE"
3740 LOCATE 7,8:PRINT "NUMERIQUE, ON DOIT SIMPLEMENT DONNER LES COORDONNEES DU PO
INT D'ARRIVEE"
3750 LOCATE 8,8:PRINT "DE L'OUTIL."
3760 LOCATE 12,8:PRINT "LE SYSTEME DE COORDONNEES UTILISE EST LE SUIVANT:"
3770 LOCATE 13,8:PRINT "AXE DES X:AXE LONGITUDINAL"
3780 LOCATE 14,8:PRINT "AXE DES Y:AXE TRANSVERSAL"
3790 LOCATE 15,8:PRINT "AXE DES Z:MOUVEMENT VERTICAL"
3800 LOCATE 17,8:PRINT "UN DEPLACEMENT PEUT ETRE DE DEUX TYPES:"
3810 LOCATE 22,15:PRINT "APPUYER SUR LA BARRE D'ESPACES POUR CONTINUER"
3820 LOCATE 1,1:A$=INKEY$: IF A$="" THEN 3820 ELSE 3830
3830 CLS:SCREEN 3
3840 LINE(10,10)-(620,380),,B
3850 LOCATE 4,20:PRINT "** DEPLACEMENT (OU INTERPOLATION) LINEAIRE **"
3860 LINE (200,70)-(200,170):LINE (200,170)-(300,170)
3870 LINE (195,110)-(205,110):LINE (195,140)-(205,140)
3880 LINE (230,165)-(230,175):LINE (260,165)-(260,175)
3890 LINE (260,110)-(250,120):LINE (245,125)-(235,135):LINE (230,140)-(220,150)
3900 LINE (215,155)-(205,165)
3910 LINE (255,110)-(265,110):LINE (260,105)-(260,115)
3920 LOCATE 7,36:PRINT "A":LOCATE 5,24:PRINT "Y":LOCATE 12,40:PRINT "X"
3930 LOCATE 14,7:PRINT "1)DEPLACEMENT DU POINT A AU POINT DE REFERENCE,SANS"
3940 LOCATE 15,9:PRINT "AVOIR BESOIN DE PARCOURIR UNE LIGNE PARTICULIERE."
3950 LOCATE 16,9:PRINT "SOIT UN RETOUR RAPIDE AU POINT DE REFERENCE."
3960 LOCATE 17,9:PRINT "LE PROGRAMME EST: N001 G00 X00000 Y00000"
3970 LOCATE 18,9:PRINT "LE DEPLACEMENT SE FERA DONC A VITESSE RAPIDE (G00) "
3980 LOCATE 19,9:PRINT "JUSQU'AU POINT DE REFERENCE SELON LA LIGNE POINTILLEE"
3990 LOCATE 20,9:PRINT "REPRESENTEE SUR LE SCHEMA CI-DESSUS."
4000 LOCATE 22,20:PRINT "APPUYER SUR LA BARRE D'ESPACE POUR CONTINUER"
4010 LOCATE 1,1: A$=INKEY$: IF A$="" THEN 4010 ELSE 4020
4020 CLS:SCREEN 3
4030 LINE(10,10)-(620,380),,B
4040 LINE (200,70)-(200,170):LINE (200,170)-(300,170)
4050 LINE (195,110)-(205,110): LINE (195,140)-(205,140)
4060 LINE (260,110)-(230,170)
4070 LINE (230,169)-(226,169): LINE (223,169)-(217,169)
4080 LINE (214,169)-(208,169): LINE (205,169)-(200,169)
4090 LINE (255,110)-(265,110): LINE(260,105)-(260,115)
4100 LINE (230,165)-(230,175): LINE (260,165)-(260,175)
4110 LOCATE 12,30:PRINT "B": LOCATE 5,24:PRINT "Y": LOCATE 12,40:PRINT "X"
4120 LOCATE 14,7:PRINT "2)DEPLACEMENT EN LIGNE DROITE,A VITESSE DONNEE,"
4130 LOCATE 15,9:PRINT "DU POINT B AU POINT DE REFERENCE."
4140 LOCATE 16,9:PRINT "LE PROGRAMME EST: N001 G01 F100 S8 M03 X00000 Y00000"
4150 LOCATE 17,9:PRINT "LE DEPLACEMENT SE FERA DONC A LA VITESSE DE 100 mm/min,"

```

```

4160 LOCATE 18,9:PRINT "LA BROCHE TOURNERA DANS LE SENS HORAIRE (M03) "
4170 LOCATE 19,9:PRINT "A LA VITESSE DE 2250 tours/min (S8) JUSQU'AU POINT DE"
4180 LOCATE 20,9:PRINT "REFERENCE ET EN LIGNE DROITE (G01) SELON LA LIGNE "
4190 LOCATE 21,9:PRINT "POINTILLEE REPRESENTEE SUR LE SCHEMA CI-DESSUS."
4200 LOCATE 23,20:PRINT "APPUYER SUR LA BARRE D'ESPACE POUR CONTINUER"
4210 LOCATE 1,1: A$=INKEY$: IF A$="" THEN 4210 ELSE 4220
4220 CLS:SCREEN 3
4230 LINE(0,10)-(630,380),,B
4240 LOCATE 3,20:PRINT "** DEPLACEMENT (OU INTERPOLATION) CIRCULAIRE **"
4250 LINE (200,60)-(200,200): LINE (200,200)-(340,200)
4260 LINE (195,100)-(205,100): LINE (195,150)-(205,150)
4270 LINE (250,195)-(250,205): LINE (300,195)-(300,205)
4280 LINE (250,200)-(275,160): LINE (250,160)-(275,160):LINE (250,200)-(250,160)
4290 LINE (275,155)-(275,165): LINE (260,160)-(280,160)
4300 LINE (275,160)-(275,100): LINE (275,160)-(340,160)
4310 LOCATE 5,24:PRINT "Y": LOCATE 14,44:PRINT "X"
4320 LOCATE 7,34:PRINT "J": LOCATE 10,44:PRINT "I"
4330 LOCATE 10,37:PRINT "H": LOCATE 14,24:PRINT "O": LOCATE 14,30:PRINT "C"
4340 CIRCLE (252,200),50,1,0,3,141593
4350 LOCATE 15,2:PRINT "DEPLACEMENT CIRCULAIRE DU POINT H AU POINT DE REFERENCE
0."
4360 LOCATE 16,2:PRINT "POUR PROGRAMMER LE POINT D'ARRIVEE,ON DOIT INDIQUER LA P
OSITION DU CENTRE"
4370 LOCATE 17,2:PRINT "DU CERCLE PAR RAPPORT AU POINT DE DEPART.ON REPERE LES C
OORDONNEES DU CENTRE "C"
4380 LOCATE 18,2:PRINT "DANS UN SYSTEME D'AXE I ET J CORRESPONDANT A X ET Y,MAIS
DONT L'ORIGINE EST"
4390 LOCATE 19,2:PRINT "LE POINT DE DEPART DE L'OUTIL.SI LE PARCOURS DOIT S'EFFE
CTUER DANS LE SENS"
4400 LOCATE 20,2:PRINT "HORAIRE,ON PROGRAMME UNE FONCTION G02,ET UNE FONCTION G
03 POUR LE SENS"
4410 LOCATE 21,2:PRINT "ANTI-HORAIRE."
4420 LOCATE 23,20:PRINT "APPUYER SUR LA BARRE D'ESPACE POUR CONTINUER"
4430 LOCATE 1,1: A$=INKEY$: IF A$="" THEN 4430 ELSE 4440
4440 CLS: SCREEN 3
4450 LINE(10,10)-(620,380),,B
4460 LOCATE 4,30:PRINT "* SUITE *"
4470 LOCATE 8,5:PRINT "LES COORDONNEES DU CENTRE "C" PAR RAPPORT AU REPERE I,J
ETANT:"
4480 LOCATE 10,13:PRINT "I=-30 mm et j=-40 mm"
4490 LOCATE 12,7:PRINT "NOTER BIEN QUE LES VALEURS DE I ET J SONT NEGATIVES"
4500 LOCATE 14,6:PRINT "LE PROGRAMME EST: N001 G03 X00000 Y00000 I-03000 J-04000
"
4510 LOCATE 21,20:PRINT "APPUYER SUR LA BARRE D'ESPACE POUR CONTINUER"
4520 LOCATE 1,1:A$=INKEY$: IF A$="" THEN 4520 ELSE CLS
4530 SCREEN 1
4540 LOCATE 10,15:PRINT "AU PLAISIR "
4550 IF INKEY$("<") " " THEN 4550 ELSE 4560
4560 END

```

BIBLIOGRAPHIE

- "LES TURBOPOMPES".

Adam T. TROSKOLAŃSKI

- "POMPE CENTRIFUGE ET POMPE HÉLICE"

AJ STEPANOFF

- "POMPES - VENTILATEURS - COMPRESSEURS
CENTRIFUGES et AXIAUX"

KOVATS

- "LA COMMANDE NUMÉRIQUE DES MACHINES-OUTILS"

CLAUDE HAZARD

- MANUEL DE LA MACHINE-OUTIL MU 200 CNC

- "COMMANDE NUMÉRIQUE DES MACHINES-OUTILS"

WILHELM SIMON

