

6/87

وزارة التعليم و البحث العلمي
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

Alex

ÉCOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

المكتبة
BIBLIOTHÈQUE —
Ecole Nationale Polytechnique

DEPARTEMENT GENIE MECANIQUE

PROJET DE FIN D'ETUDES

S U J E T

DEVELOPEMENT D'UNE METHODE
DE CALCUL DU VOLANT
D'INERTIE A L'AIDE
DE LA C.A.O.

Proposé par :

BOUKAABACHE

Etudié par :

DRIQUECH

Dirigé par :

ELEOD

PROMOTION : JANVIER 1987

ÉCOLE NATIONALE **المعهد الوطني للدراسات والبحوث** POLYTECHNIQUE

BIBLIOTHÈQUE — المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

DEPARTEMENT GENIE MECANIQUE

PROJET DE FIN D'ETUDES

S U J E T

DEVELOPEMENT D'UNE METHODE
DE CALCUL DU VOLANT
D'INERTIE A L'AIDE
DE LA C.A.O.

Proposé par :

BOUKAABACHE

Etudié par :

DRIOUECH

Dirigé par :

ELEOD

PROMOTION : JANVIER 1987

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR

وزارة التعليم العالي

ÉCOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

للدراسة الوطنية المتعددة التخصصات

DÉPARTEMENT : GENIE MÉCANIQUE

المكتبة - المكتبة
BIBLIOTHEQUE - المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

PROFESSEUR : ELÉON

إليو

ÉLÈVE INGÉNIEUR : DRIOUECH.

الطالب للهندسة : دريوتش

الموضوع : إن هدف هذه الدراسة هو تطوير طريقة حساب أبعاد عجلة البطالة لمحرك ومن ثم إعداد برنامج معلوماتي بواسطة المناظير الآلي الذي يمكننا من رسم هذه العجلة وذلك بعد إدخال بعض المعطيات الأساسية

Subject: Le but de l'étude est le développement d'une méthode de calcul des dimensions du volant d'inertie d'un moteur et l'élaboration d'un logiciel permettant de construire ce volant après l'introduction de quelques données de base.

Subject: the object of this study is the development of a method to calculate the dimensions of the flywheel of an engine and to elaborate a software to permit the construction of the flywheel after having introduced the basic data.

REMERCIEMENTS



X
A Monsieur ELEÖD, ainsi qu'à Tous
ceux qui ont participé de près ou de loin
à mes Etudes, je tiens à leur exprimer
mes sincères remerciements et ma profonde
reconnaissance.

DEDICACES

Je Dédie ce modeste Travail à :

- mes Parents
- mes grands parents
- mes Frères et sœurs
- Tous mes Amis.

1 - Notation utilisée. _ _ _ _ _	1
2 - Introduction. _ _ _ _ _	2
3 - L'importance du volaut. _ _ _ _ _	3
4 - But de l'Etude. _ _ _ _ _	5
5 - Données. _ _ _ _ _	6
6 - Dessin du volaut envisagé. _ _ _ _ _	7
7 - Présentation des Données. _ _ _ _ _	8
8 - Schema du Volaut. _ _ _ _ _	7
9 - Calcul Préliminaire. _ _ _ _ _	11
10 - Détermination de l'épaisseur minimale du volaut. _ _ _ _ _	15
11 - Détermination de la forme véritable du volaut. _ _ _ _ _	20
12 - Calcul des Dimensions du volaut. _ _ _ _ _	22
13 - TRACAGE Du Volaut. _ _ _ _ _	25
14 - TRACAGE de la Cotation. _ _ _ _ _	27
15 - Mise en place des valeur de la cotation. _ _ _ _ _	37
16 - ORGANIGRAME. _ _ _ _ _	34
17 - EXEMPLE D'APPLICATION. _ _ _ _ _	39
18 - CONCLUSION. _ _ _ _ _	41
19 - PROGRAMME. _ _ _ _ _	42

NOTATION UTILISEE

σ	Contrainte admissible à la Traction du matériau	N/m^2
W/η	Travail moyen fourni par le moteur	$N/s = J$
δ	Irregularité cyclique	
ρ	masse volumique du matériau	$kg \cdot m^{-3}$
$R\eta$	Rayon moyen du volant	m
N/η	Nombre de Tours moyen du moteur	tr/mn
ω	pulsation	s^{-1}
M	masse du volant	m
B	Epaisseur du volant	m
D_E	Diamètre extérieur du volant	m
V	vitesse linéaire du volant	m/s

1. INTRODUCTION

1.1 GENERALITÉS SUR LA C.A.O

L'introduction de Données de Base, le calcul de paramètres variables d'un exemple à un autre suivant des Données Introduites, l'utilisation des Résultats pour la conception et la construction d'un Élément donné rentre dans le cadre de La C.A.O

C.A.O méthode moderne, très utilisée actuellement dans la nouvelle Industrie, qui permet de généraliser le calcul d'un Élément, et d'avoir accès au Dessin de construction, après simplement avoir introduit Les Données de Base.

1.2 LE VOLANT

TRÈS Tôt dans le domaine de la construction mécanique et surtout au niveau des machines contemporaines, le volant d'inertie s'est avéré d'une nécessité absolue.

La présence du volant d'inertie dans tout moteur qui comporte plus de un cylindre est souhaitable si elle n'est pas nécessaire.

En effet le volant d'inertie comme son nom laisse prétendre est une roue faite en général en fonte ayant subi un traitement thermique ou en acier, d'une masse relativement importante par rapport aux autres éléments en mouvement, ce qui lui donne pendant la rotation une énergie cinétique assez appréciable.

Le volant d'inertie est utilisé pratiquement dans toutes les machines contemporaines utilisant son énergie cinétique pour la transformer en travail. Exemple : presse mécanique, guillotine, etc..

Rapidement remarquable il se situe suivant l'utilité en haut ou en bas de la machine

le volant sert surtout à emmagasiner une certaine quantité d'énergie de rotation qu'il restitue sous forme

de Travail au besoin .

Comme il fallait s'y attendre le volant d'Inertie a rapidement pris une place importante dans l'industrie surtout au niveau des moteur a combustion interne .

De nos jours le volant d'Inertie est surtout utilisé (dans l'industrie automobile) pour l'absorption des vibrations induites au fonctionnement du moteur et aussi pour entretenir la vitesse de rotation du moteur, de même qu'il sert parfaitement de relais (intermédiaire) entre le moteur et la Boite a vitesse au moyen de l'embrayage .

L'Embrayage suivant le cas est fixé par une cloche au volant, ou non .

But de l'Etude

Notre Etude consiste en l'Elaboration d'un logiciel qui permettra, moyennant l'introduction de quelques données, le Dessin de construction, le Dimensionnement du Volant d'Inertie pour n'importe quel moteur en V ou en ligne.

Nous traiterons à la fin le cas du moteur F4L912 Construit par la SONACOME de Constantine.

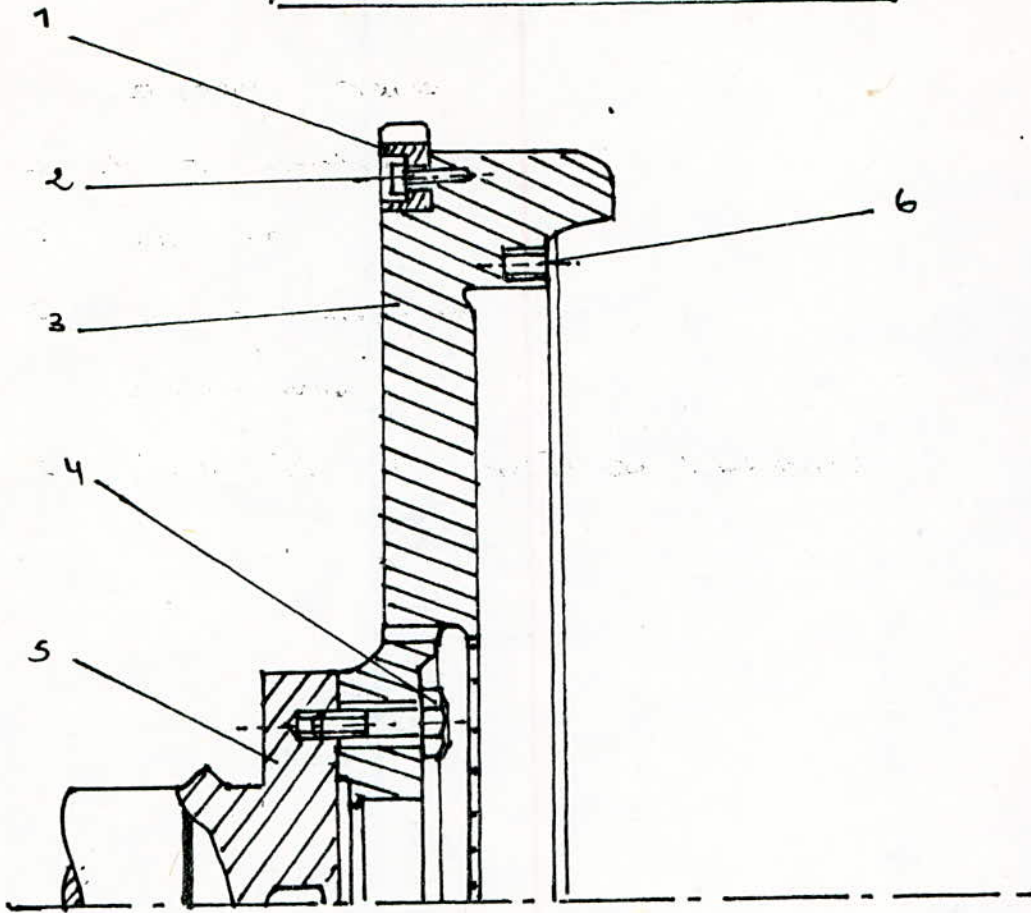
La présente Etude fait intervenir et ceci pour la première fois au département de Génie Mécanique la méthode de la C.A.O, moyen qui connaît un grand essor dans l'industrie moderne, mais qui malheureusement n'en est qu'à ses premiers pas au niveau national. Aussi il est sûr que notre présente Etude comportera des maladresses qui s'aminciront au fil des Etudes futures qui comporteront la méthode de la C.A.O nous en sommes sûrs.

Données.

Les Données sont liées en particulier aux dimensions de l'embrayage (donc de l'avis) qui sont normalisées. (suivant la boîte à vitesse) ainsi que quelques données sur le moteur qui sont :

- le nombre de Tour moyen par cycle par minute
- le couple moyen exercant sur le vilebrequin par cycle
- la valeur de l'irregularité cyclique
- la valeur de la limite à la rupture du matériau du volant.

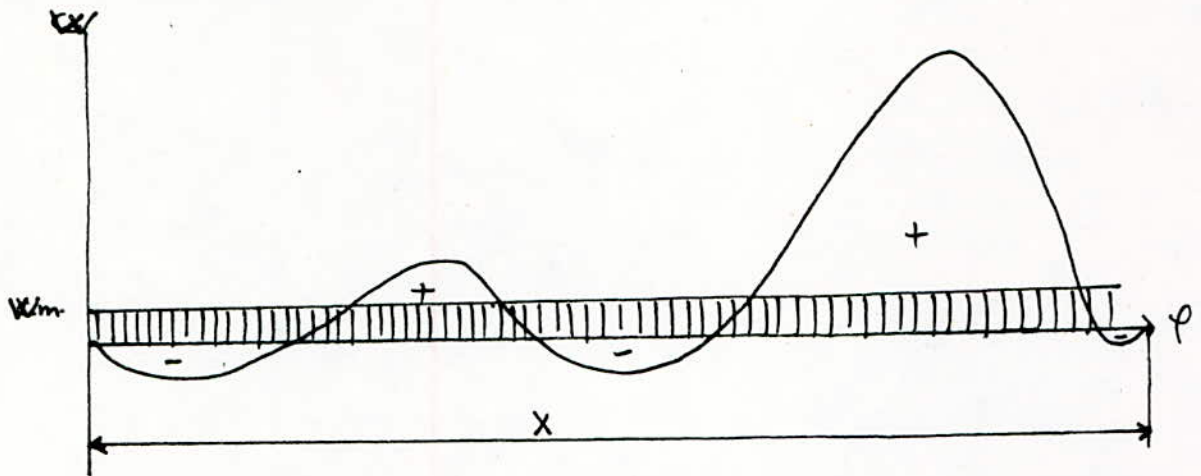
DESSIN DU VOLANT EN VISAGE



- 1 . couronne dentée
- 2 . vis de fixation
- 3 . volant
- 4 . vis de fixation
- 5 . villebrequin
- 6 . Trou pour la fixation de l'embrayage.

PRESENTATION DES DONNÉES

Le couple moyen.



cette figure représente le couple moyen total agissant sur le vilebrequin durant les quatre phases du cycle thermodynamique. La planimétrie nous permet de déterminer le couple moyen total

$$W_{mp} = W(+)\rho + W(-)\rho$$

$$W_{\eta} = \frac{W_{mp}}{x}$$

si 'x' est la distance sur laquelle se mesure le couple total

Nombre de Tours moyen.

Considérons la vitesse angulaire

Soit ω_{moy} la vitesse angulaire moyenne au cours d'un cycle

$$\omega_{\text{moy}} = \frac{\omega_{\text{max}} + \omega_{\text{min}}}{2}$$

d'où le nombre de Tours moyen

$$NM = \frac{30}{\pi} \cdot \omega_{\text{moy}}$$

Irregularité cyclique

par définition le coefficient de l'irregularité cyclique

$$\delta = \frac{\omega_{\text{max}} - \omega_{\text{min}}}{\omega_{\text{moy}}}$$

Les spécifices du moteur sont supposées connues

donc les valeurs du couple moyen, du nombre de Tour moyen

ainsi que de l'irregularité cyclique sont supposées connues.

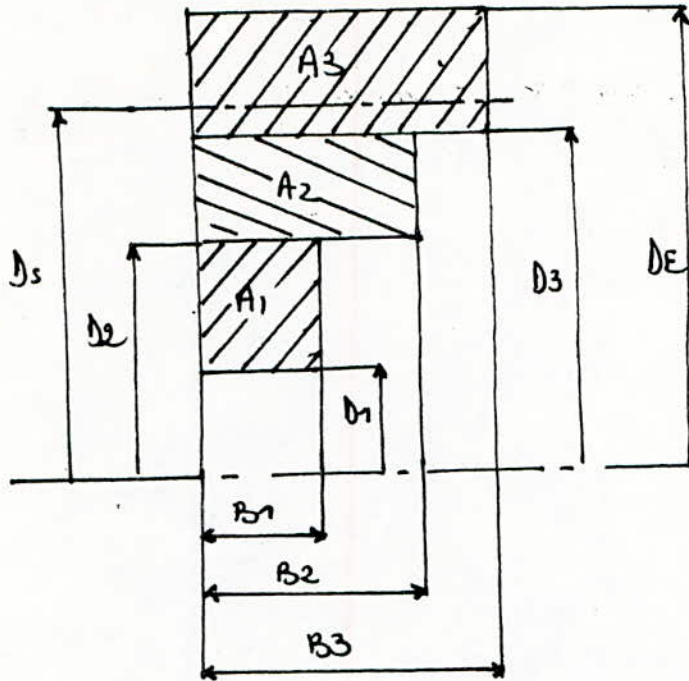
Contrainte admissible σ

C'est la contrainte admissible à la traction du matériau, au delà de laquelle le matériau cède.

Pour la fonte

$$\sigma_{adm} = 8 \text{ MPa} = 8 \cdot 10^6 \text{ N/m}^2$$

CALCUL PRELIMINAIRE



D_s étant le Diamètre d'équilibre du volant.

Soit la forme du volant ci-dessus.

$$A_1 = \frac{D_2 - D_1}{2} \cdot B_1$$

$$A_2 = \frac{D_3 - D_2}{2} \cdot B_2$$

$$A_3 = \frac{D_E - D_3}{2} \cdot B_3$$

On prend $D_E = 1,3 D_1$

d'autre part si θ est le moment d'inertie du volant

$$H \cdot \theta = \pi D_s^2$$

M étant la masse du volant On peut écrire :

$$M = \rho V = \rho (V_1 + V_2 + V_3)$$

avec :

$$V_3 = \pi (D_E^2 - D_3^2) B_3$$

$$V_2 = \pi (D_3^2 - D_2^2) B_2$$

$$V_1 = \pi (D_2^2 - D_1^2) B_1$$

et :

$$B_3 = \frac{2 \cdot A_3}{(D_E - D_3)}$$

$$B_2 = \frac{2 \cdot A_2}{(D_3 - D_2)}$$

$$B_1 = \frac{2 \cdot A_1}{(D_2 - D_1)}$$

d'où :

$$V_3 = \pi (D_E^2 - D_3^2) \cdot \frac{2 \cdot A_3}{D_E - D_3}$$

$$V_2 = \pi (D_3^2 - D_2^2) \cdot \frac{2 \cdot A_2}{D_3 - D_2}$$

$$V_1 = \pi (D_2^2 - D_1^2) \cdot \frac{2 \cdot A_1}{D_2 - D_1}$$

d'où :

$$M = \rho 2\pi \left(\frac{(D_E^2 - D_3^2) \cdot A_3}{D_E - D_3} + \frac{(D_3^2 - D_2^2) \cdot A_2}{D_3 - D_2} + \frac{(D_2^2 - D_1^2) \cdot A_1}{(D_2 - D_1)} \right)$$

Soit : On prends $D_5 = D_3$

en remplaçant dans la Formule -1-

$$2\pi \left((DE^2 - D_3^2) \frac{A_3}{DE - D_3} + (D_3^2 - D_2^2) \frac{A_2}{D_3 - D_2} + (D_2^2 - D_1^2) \frac{A_1}{(D_2 - D_1)} \right) \cdot A_3^2 = 4 \cdot \theta \quad -2-$$

Des paramètres A_1, A_2, A_3 La connaissance de deux d'entre eux permettra la détermination de la troisième.

On prend : $B_2 = 2 B_1$

Il nous suffirait des lors de déterminer B_1 pour avoir toutes les dimensions cherchés.

En effet car $A_1 = \frac{(D_2 - D_1)}{2} \cdot B_1$

$$A_2 = \frac{(D_3 - D_2)}{2} \cdot B_2$$

Si B_1 est connue donc B_2 aussi, ce qui donnera A_1 et A_2 et en remplaçant dans la formule -2-

On obtiendra A_3 donc B_3 .

$$B_3 = \frac{2 \cdot A_3}{DE - D_3}$$

L'équation (2) devient :

$$\pi \theta D_3^2 \left((DE^2 - D_3^2) \frac{A_3}{DE - D_3} + (D_3^2 - D_2^2) \frac{A_2}{D_3 - D_2} + (D_2^2 - D_1^2) \frac{A_1}{(D_2 - D_1)} \right) = 2 \cdot \theta \quad -3-$$

d'autres part on sait que :

$$\theta = \frac{W}{\delta W \eta^2} = \frac{900 \text{ W}}{\delta \pi^2 \cdot N \eta^2}$$

$$\theta = \frac{900 \text{ W}}{\delta \pi^2 \cdot N \eta^2}$$

On remplace θ dans - 3 -

$$\pi \rho D_3^2 \left(\frac{(D_E^2 - D_3^2) A_3}{D_E - D_3} + \frac{(D_3^2 - D_2^2) A_2}{D_3 - D_2} + \frac{(D_2^2 - D_1^2) A_1}{(D_2 - D_1)} \right) = \frac{1800 \text{ W}}{\delta \pi^2 \cdot N \eta^2}$$

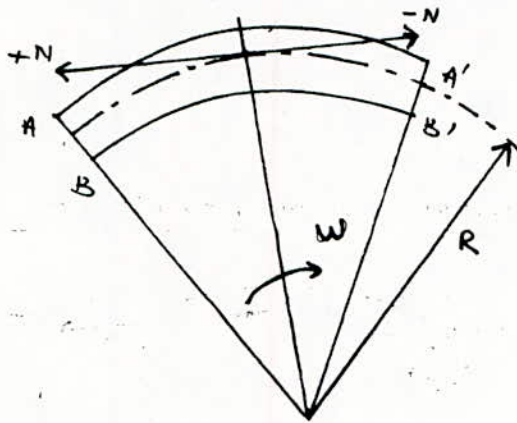
$$\frac{(D_E^2 - D_3^2) A_3}{D_E - D_3} = \frac{1800 \text{ W}}{\delta \pi^2 \cdot N \eta^2 \cdot \pi \rho D_3^2} - \frac{(D_3^2 - D_2^2) A_2}{(D_3 - D_2)} - \frac{(D_2^2 - D_1^2) \cdot A_1}{(D_2 - D_1)}$$

$$\text{d'où: } A_3 = \left(\frac{1800 \text{ W}}{\delta \pi^2 \cdot N \eta^2 \cdot \pi \rho D_3^2} - \frac{(D_3^2 - D_2^2) \cdot A_2}{D_3 - D_2} - \frac{(D_2^2 - D_1^2) \cdot A_1}{D_2 - D_1} \right) \cdot \frac{D_E - D_3}{D_E^2 - D_3^2}$$

DETERMINATION de B_1

Avant de déterminer B_1 , nous calculerons d'abord l'épaisseur minimale, après on choisira B_1 suivant notre convenance.

Détermination du rayon moyen maximal d'un volaut.



partie d'un volaut tournant à une vitesse angulaire w de rayon moyen R

Soit W le travail effectué par le volaut

Soit $F = -\frac{\pi v^2}{R}$ la force centrifuge qui tend à arracher des morceaux du volaut.

π étant la masse du volaut

v étant la vitesse périphérique du volaut.

Dans le cas ainsi défini :

- On n'a pas de torsion : $\pi t = 0$

- On n'a pas de flexion $\eta_f = 0$
- On n'a pas de tranchant $T = 0$
- On dispose de N et $-N'$ pour équilibrer F

Soit A la section droite du volant

$$\text{Volume } ABA'B' = AR \Delta\alpha$$

La masse de ce volume m :

$$m = \rho AR \Delta\alpha$$

ρ : masse volumique du matériau.

soit F la force centrifuge

$$F = m\omega^2 R = m \frac{v^2}{R}$$

donc on doit avoir

$$F = 2N \cdot \sin \frac{\Delta\alpha}{2}$$

$\Delta\alpha$ étant très petit on peut assimiler $\sin \frac{\Delta\alpha}{2}$ à $\frac{\Delta\alpha}{2}$

$$\text{d'où : } F = N \cdot \Delta\alpha$$

$$\text{donc : } \rho AR \Delta\alpha \cdot \frac{v^2}{R} = N \Delta\alpha$$

$$\text{d'où } \frac{N}{A} = \rho v^2$$

$$\boxed{\frac{N}{A} = \rho v^2}$$

$\frac{N}{A}$: Traction sur la surface : Effort qui tend à arracher des morceaux de métal.

$$\boxed{\frac{N}{A} = \rho v^2 \leq \tau_{\max}}$$

$$\rho R^2 \omega^2 \leq \tau_{\max}$$

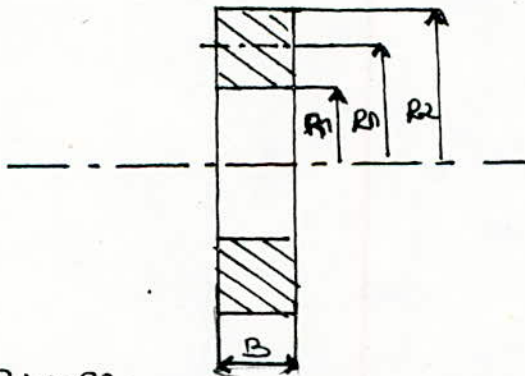
$$R^2 \leq \frac{\tau_{\max}}{\rho \omega^2}$$

donc le rayon moyen maximal est :

$$R_n = \frac{\tau_{\max}}{\rho \omega^2}$$

pour des raisons de sécurité le rayon moyen maximal est déterminé pour la force centrifuge maximale donc pour une vitesse de rotation maximale.

soit notre volant qu'on suppose d'une même épaisseur b



$$R_n = \frac{R_1 + R_2}{2}$$

R_1 étant fixé par construction donc

$$R_2 = 2 \cdot R_n - R_1$$

La masse du volant

$$\begin{aligned} \eta &= \rho \pi (R_2^2 - R_1^2) b \\ &= \rho \pi ((2R\eta - R_1)^2 - R_1^2) b \\ &= 4\rho \pi (R\eta^2 - R\eta R_1) b \end{aligned}$$

$$\boxed{\eta = 4\rho \pi (R\eta^2 - R\eta R_1) b} \quad -4-$$

d'autre part soit θ le moment d'inertie du volant

$$\theta = \pi R\eta^2 \rightarrow \boxed{\eta = \frac{\theta}{R\eta^2}} \quad -5-$$

On égale -4 et -5-

$$4\rho \pi (R\eta^2 - R\eta R_1) b = \frac{\theta}{R\eta^2}$$

$$\boxed{b = \frac{\theta}{4\rho \pi R\eta^2 (R\eta^2 - R\eta R_1)}}$$

R_1 est toujours inférieur à $R\eta$

$$\text{Comme } \theta = \frac{W}{\delta W_m^2}$$

$$b = \frac{W}{\delta W_m^2 \cdot 4\rho \pi R\eta^2 (R\eta^2 - R\eta R_1)}$$

$$\omega n = \pi \frac{Nn}{30}$$

$$b = \frac{900 W}{\delta \pi^3 4. \rho Rn^2 Nn^2 (Rn^2 - Rn R1)}$$

Si Rn est pris égal à $\frac{V_{max}}{\rho \omega^2} = \frac{900 V_{max}}{\pi^2 Nn^2}$

qui est le rayon moyen maximal que peut avoir le volant alors b serait l'épaisseur minimale que peut avoir ce volant.

$$b \geq \frac{900 W}{\delta \pi^3 4. \rho Rn^2 (Rn^2 - Rn R1) Nn^2} = \text{épaisseur minimale.}$$

avec $Rn = \frac{900 V_{max}}{\pi^2 Nn^2}$

soit on prends

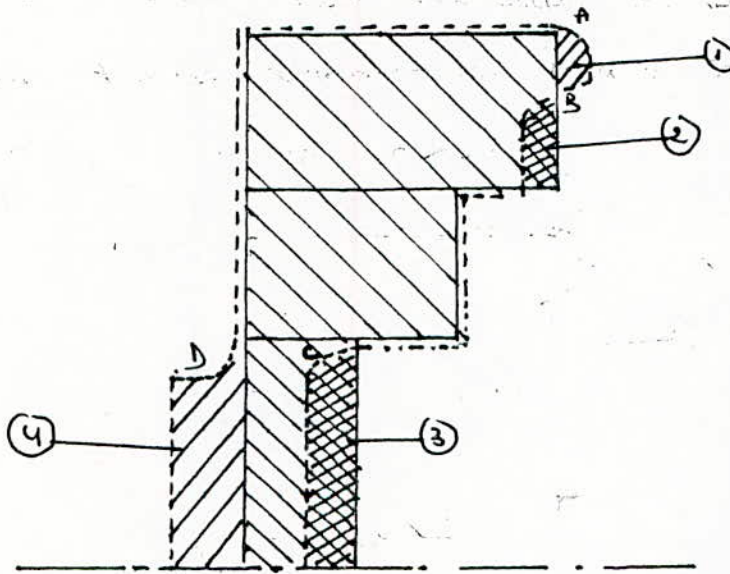
$$B1 = 3 \times b_{\text{mini}} = \frac{3 \times 900 W}{\delta \pi^3 4. \rho Rn^2 (Rn^2 - Rn R1) Nn^2}$$

ce qui donnera comme sus cite $A1$ et $A2$ donc $A3$ et $B3$.

Détermination de la forme véritable du volant.

Pour faire les calculs et la détermination des dimensions optimales nous avons dû présenter une forme grossière du volant, alors qu'en réalité la forme du volant diffère de celle calculée.

Donc nous devons adapter les valeurs calculées à la véritable forme du volant.



— En Traits pleins : La forme calculée

---- En Tirets : La véritable forme cherchée.



aire qui n'a pas changé



aire qu'on doit ajouter

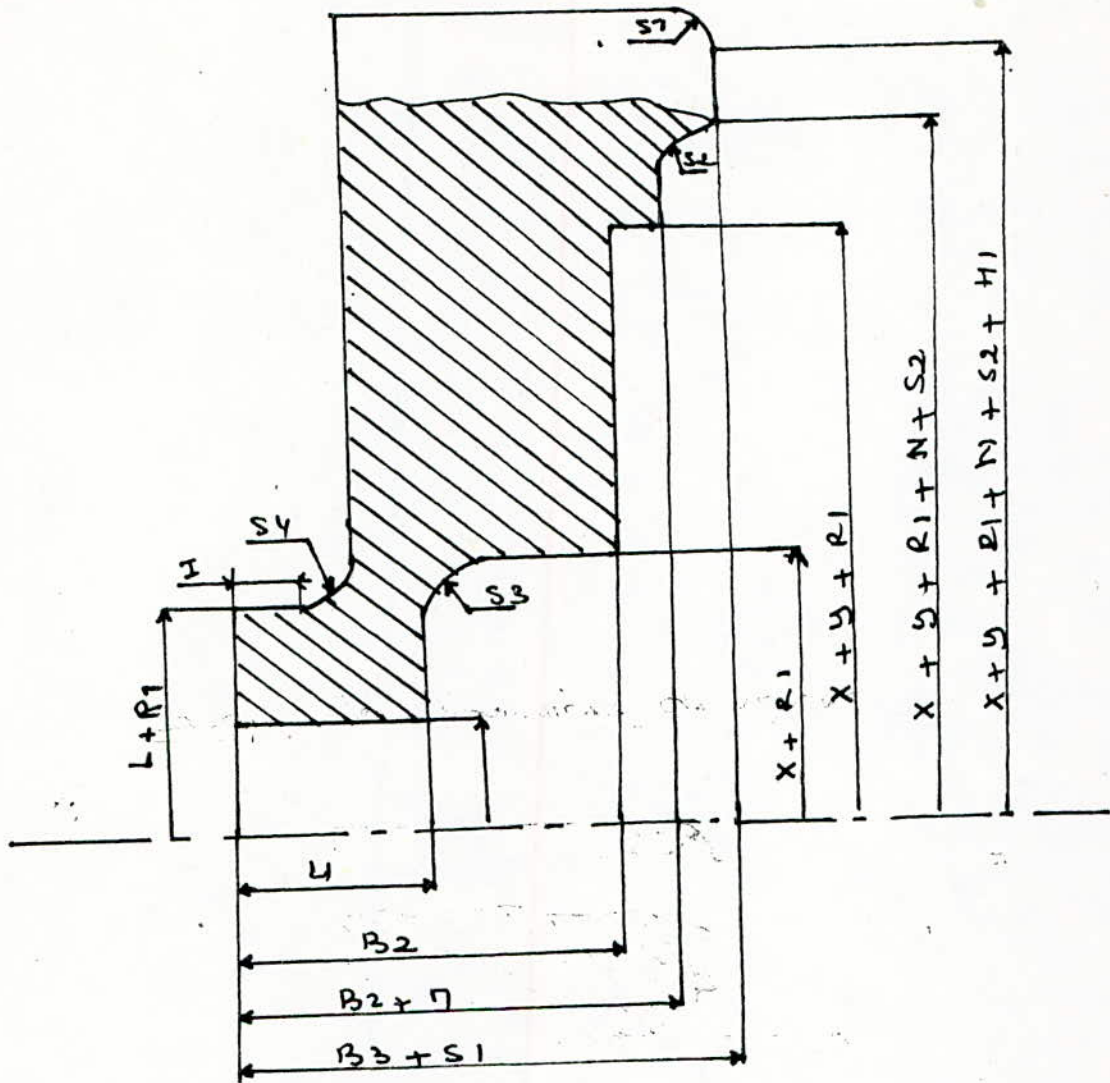


aire qu'on doit enlever.

Pour des raisons de simplicité de calcul, On choisira

Les formes les plus simples ainsi en A, B, C, D On prendra
des quart de cercles. On fera attention à ce que l'épaisseur
minimale CD ne soit pas inférieure à b_{\min}

Calcul des Dimensions du Volant



On doit avoir l'aire qu'on a enlevé
égale à l'aire qu'on a ajouté

$$\text{aire (1)} = \text{aire (2)}$$

$$\text{aire (2)} = \text{aire (4)}$$

On prend $S_2 = 2S_1$

1) case (1) = case (2)

$$0,25\pi S_1^2 + H_1 S_1 = 0,25\pi S_2^2 - S_2 S_1 + (S_2 - S_1) N.$$

$$H_1 S_1 = 3 \cdot 0,25\pi S_1^2 - S_2 S_1 + (S_2 - S_1) N.$$

$$H_1 S_1 = 0,75\pi S_1^2 - 2S_1^2 + S_1 N.$$

$$H_1 = 0,75\pi S_1 - 2S_1 + N.$$

Si on prend $H_1 = S_1$

$$N = S_1 + 2S_1 - 0,75\pi S_1$$

$$= 3S_1 - 0,75\pi S_1$$

$$N = 0,643 S_1$$

determination de S_1

On doit avoir

$$Z = S_1 + H_1 + S_2 + N$$

$$Z = S_1 + S_1 + 2S_1 + 0,643 S_1$$

$$Z = 4,643 S_1$$

$$S_1 = Z / 4,643.$$

$$M = B_3 + S_1 - S_2 - B_2$$

$$M = B_3 - B_2 - S_1$$

On prends $S_3 = S_4$

$$\text{aire } (3) = \text{aire } (4)$$

On prend $S_3 = S_4 = X/2$

$$X = \frac{D_2 - D_1}{2}$$

$$Y = \frac{D_3 - D_2}{2}$$

$$Z = \frac{D_4 - D_3}{2}$$

$$0,25\pi S_3^2 + K(X - S_3) = I \cdot L + S_4^2 - 0,25\pi S_4^2 + L(X - S_4)$$

On prends $K = L = X - S_3$

$$I \cdot L = 0,5\pi S_3^2 - S_4^2$$

$$I = \frac{0,5\pi S_3^2 - S_4^2}{L} = \frac{S_3^2(0,5\pi - 1)}{L} = \frac{1,57 S_3^2}{L}$$

$$L = X - S_3$$

$$S_4 = X/2$$

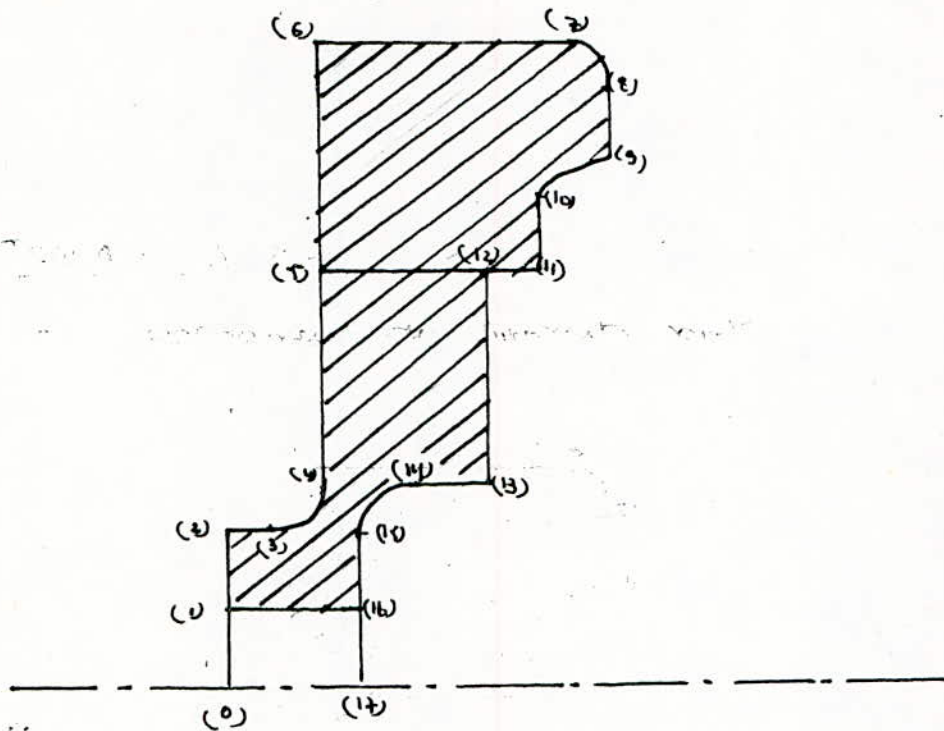
$$K = X - S_3$$

$$S_3 = X/2$$

$$I = \frac{1,57 S_3^2}{L}$$

TRACAGE DU VOLANT

1. COORDONNÉES DES DIFFÉRENTS POINTS



Pour le Tracage on démarre du point (0)

soit (A_0, B_0) les coordonnées du point de départ.

$$\begin{cases} A_1 = A_0 \\ B_1 = B_0 - R_1 \end{cases}$$

$$\begin{cases} A_2 = A_0 \\ B_2 = B_1 - L \end{cases}$$

$$\begin{cases} A_3 = A_0 + I \\ B_3 = B_2 \end{cases}$$

$$\begin{cases} A_4 = A_3 + S_4 \\ B_4 = B_3 - S_4 \end{cases}$$

$$\begin{cases} A_5 = A_4 \\ B_5 = B_4 - Y \end{cases}$$

$$\begin{cases} A_6 = A_5 \\ B_6 = B_5 - Z \end{cases}$$

$$\begin{cases} A_7 = A_6 + B_3 \\ B_7 = B_6 \end{cases}$$

$$\begin{cases} A_8 = A_7 + S_1 \\ B_8 = B_7 + S_1 \end{cases}$$

$$\begin{cases} A_9 = A_8 \\ B_9 = B_8 + H_1 \end{cases}$$

$$\begin{cases} A_{17} = A_0 + U \\ B_{17} = B_0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} A_{16} = A_{17} \\ B_{16} = B_0 - R_1 \end{cases}$$

$$\begin{cases} A_{15} = A_0 \\ B_{15} = B_{16} - K \end{cases}$$

$$\begin{cases} A_{14} = A_{15} + S_3 \\ B_{14} = B_{15} - S_3 \end{cases}$$

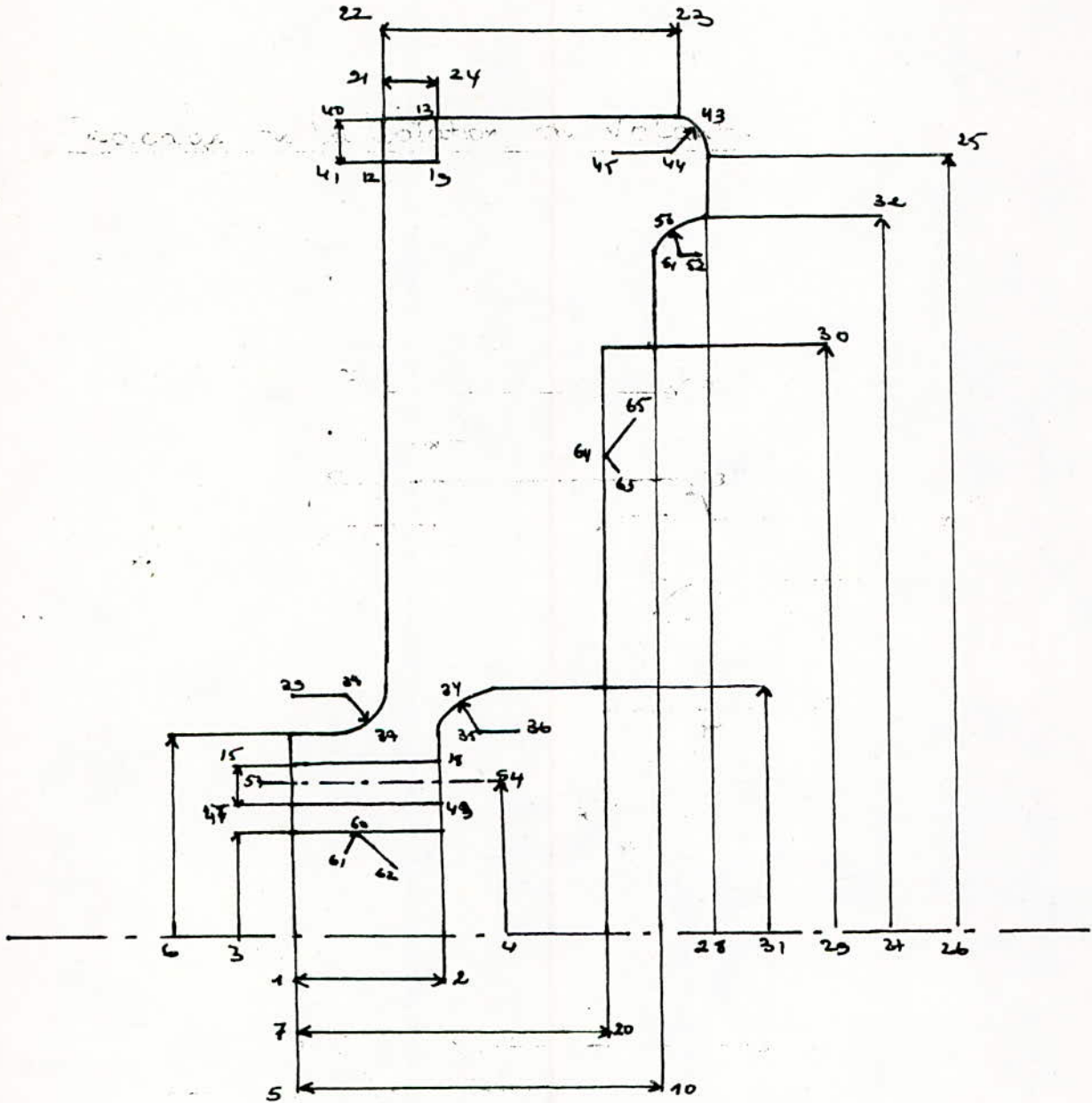
$$\begin{cases} A_{13} = A_{14} + B_{2/2} \\ B_{13} = B_{14} \end{cases}$$

$$\begin{cases} A_{12} = A_{13} \\ B_{12} = B_5 \end{cases}$$

$$\begin{cases} A_{10} = A_{12} + M \\ B_{11} = B_{12} \end{cases}$$

$$\begin{cases} A_{10} = A_{11} \\ B_{10} = B_{11} + N \end{cases}$$

Tracage de la Cotation du Volant.



Pour tracer les lignes de la cotation nous avons dû prendre un numérotage des différents points.

A ces points nous avons donné les coordonnées de lettres (C, E)

$$\begin{cases} C_1 = A_0 \\ E_1 = B_0 + 20 \end{cases}$$

$$\begin{cases} C_2 = A_{17} \\ E_2 = B_0 + 20 \end{cases}$$

$$\begin{cases} C_7 = C_1 \\ E_7 = E_2 + 20 \end{cases}$$

$$\begin{cases} C_{20} = A_{13} \\ E_{20} = E_7 \end{cases}$$

$$\begin{cases} C_5 = C_1 \\ E_5 = E_7 + 20 \end{cases}$$

$$\begin{cases} C_{10} = A_{17} \\ E_{10} = E_5 \end{cases}$$

$$\begin{cases} C_{47} = A_0 - 20 \\ E_{47} = E_{53} + w/2 \end{cases}$$

$$\begin{cases} C_{49} = A_{17} + 20 \\ E_{49} = E_{53} + w/2 \end{cases}$$

$$\begin{cases} C_8 = A_0 - 40 \\ E_8 = B_{B1} \end{cases}$$

$$\begin{cases} C_{15} = C_{47} \\ E_{15} = E_{53} - w/2 \end{cases}$$

$$\begin{cases} C_{18} = C_{49} \\ E_{18} = E_{15} \end{cases}$$

$$\begin{cases} C_{53} = C_{47} - 20 \\ E_{53} = B_{B2} + \frac{B_{B1} - B_{B2}}{2} \end{cases}$$

$$\begin{cases} C_{54} = C_{18} + 20 \\ E_{54} = E_{53} \end{cases}$$

$$\begin{cases} C_3 = C_8 \\ E_3 = B_D \end{cases}$$

$$\begin{cases} C_{11} = C_{53} - 20 \\ E_{11} = B_{B2} \end{cases}$$

$$\begin{cases} C_6 = C_{17} \\ E_6 = B_D \end{cases}$$

$$\begin{cases} E_4 = C_{54} \\ E_4 = B_D \end{cases}$$

$$\begin{cases} C_{48} = A_{17} \\ E_{48} = E_8 \end{cases}$$

$$\begin{cases} C_{21} = A_6 \\ E_{21} = B_6 - 15 \end{cases}$$

$$\begin{cases} C_{39} = A_{A3} - 20 \\ E_{39} = E_{38} \end{cases}$$

$$\begin{cases} C_{38} = A_{A3} \\ E_{38} = B_4 \end{cases}$$

$$\begin{cases} C_{37} = A_{A3} + \frac{A_4 - A_{A3}}{2} \\ E_{37} = B_4 + \frac{B_{B3} - B_4}{2} \end{cases}$$

$$\begin{cases} C28 = A9 \\ E28 = B0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} C37 = C28 + 20 \\ E37 = B0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} C17 = C37 \\ E17 = B13 \end{cases}$$

$$\begin{cases} C29 = C17 + 20 \\ E31 = B0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} C30 = C29 \\ E30 = B77 \end{cases}$$

$$\begin{cases} C27 = C29 + 20 \\ E27 = B0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} C32 = C27 \\ E32 = B9 \end{cases}$$

$$\begin{cases} C26 = C32 + 20 \\ E26 = B0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} C25 = C26 \\ E25 = B8 \end{cases}$$

$$\begin{cases} C41 = A6 - 20 \\ E41 = B6 + 20 \end{cases}$$

$$\begin{cases} C12 = A6 \\ E12 = E41 \end{cases}$$

$$\begin{cases} C19 = A6 + 20 \\ E19 = E12 \end{cases}$$

$$\begin{cases} C40 = C41 \\ E40 = B6 \end{cases}$$

$$\begin{cases} C24 = C19 \\ E24 = E21 \end{cases}$$

$$\begin{cases} C22 = C21 \\ E22 = E21 - 20 \end{cases}$$

$$\begin{cases} C23 = C7 \\ E23 = E22 \end{cases}$$

$$\begin{cases} C34 = A15 + \frac{A14 + A15}{2} \\ E34 = B14 + \frac{B15 - B14}{2} \end{cases}$$

$$\begin{cases} C35 = A14 \\ E35 = B15 \end{cases}$$

$$\begin{cases} C36 = C35 + 15 \\ E36 = E35 \end{cases}$$

$$\begin{cases} C45 = C44 - 20 \\ E45 = E44 \end{cases}$$

$$\begin{cases} C44 = A7 \\ E44 = B8 \end{cases}$$

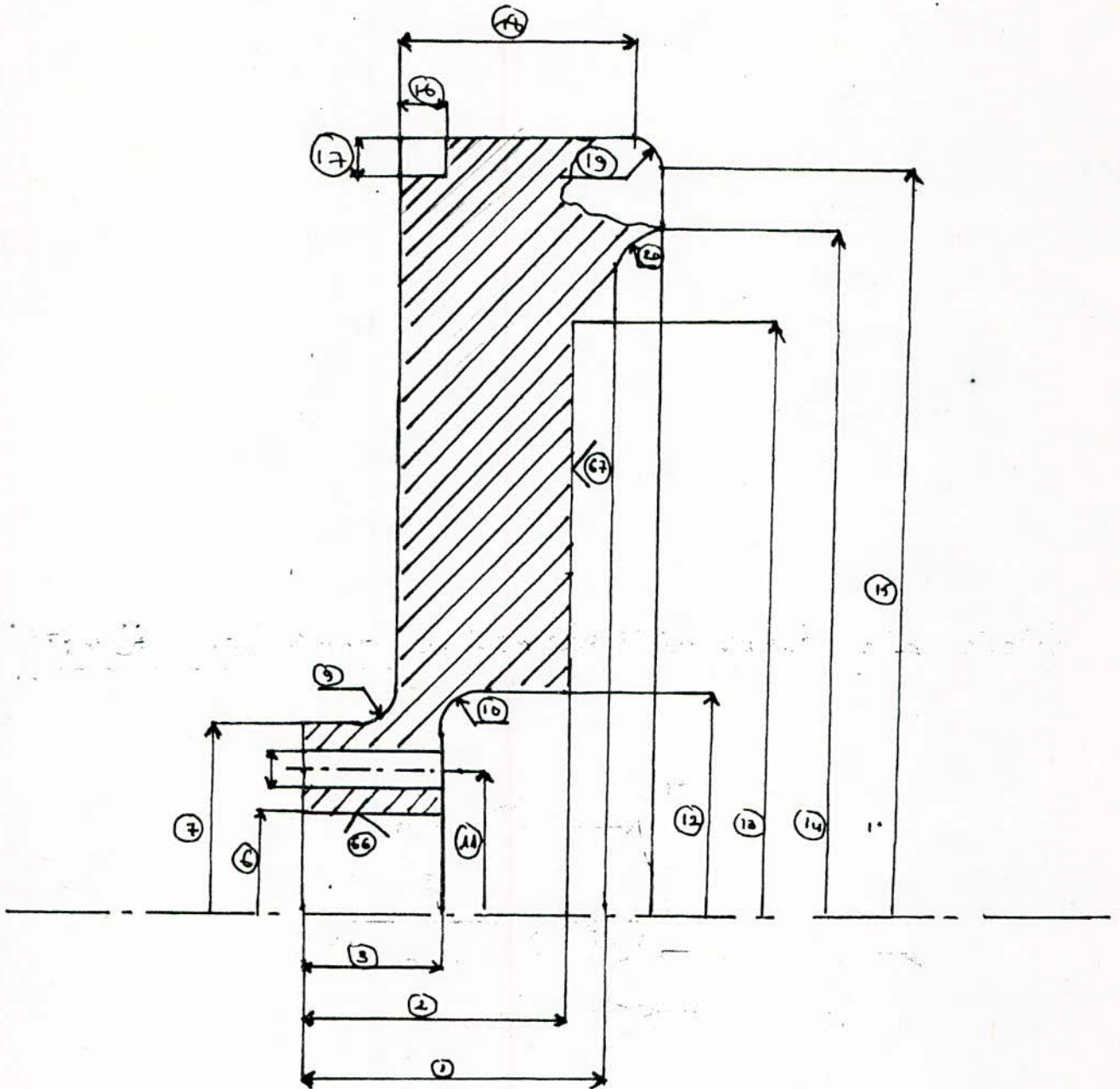
$$\begin{cases} C43 = A7 + \frac{A8 - A7}{2} \\ E43 = B7 + \frac{(B8 - B7)}{2} \end{cases}$$

$$\begin{cases} C50 = A10 + \frac{A9 - A10}{2} \\ E50 = B9 + \frac{(B10 - B9)}{2} \end{cases}$$

$$\begin{cases} CS1 = AS + 5 \\ ES1 = E31 - 3 \end{cases}$$

$$\begin{cases} CS2 = CS1 + 10 \\ ES2 = ES1 \end{cases}$$

TRACÉ DES POINTS OU L'ON ECRIT LA VALEUR DE LA COTATION



Les points où l'on écrit les valeurs des cotations sont repérés dans le mode graphique (639, 399)

On les appellera (x_i, y_i) , pour les introduire dans

Le programme en mode SCREEN 3 ou il y a 24 lignes et 48 colonnes on multipliera les x_i et les y_i par des coefficients déterminés.

$$\begin{cases} x_1 = c_5 + \frac{c_{10} - c_5}{2} \\ y_1 = E_5 \end{cases}$$

$$\begin{cases} x_2 = c_7 + \frac{c_{20} - c_7}{2} \\ y_2 = E_7 \end{cases}$$

$$\begin{cases} x_3 = c_1 + \frac{c_2 - c_1}{2} \\ y_3 = E_1 \end{cases}$$

$$\begin{cases} x_6 = c_3 - 17 \\ y_6 = E_8 + \frac{E_3 - E_8}{2} \end{cases}$$

$$\begin{cases} x_7 = c_6 - 17 \\ y_7 = E_{11} + \frac{E_6 - E_{11}}{2} \end{cases}$$

$$\begin{cases} x_8 = c_{47} - 30 \\ y_8 = E_{47} + 15 \end{cases}$$

$$\begin{cases} x_9 = c_{39} \\ y_9 = E_{39} - 2 \end{cases}$$

$$\begin{cases} x_{10} = c_{35} + 3 \\ y_{10} = E_{35} - 2 \end{cases}$$

$$\begin{cases} x_{11} = c_4 + 2 \\ y_{11} = c_{54} + \frac{c_4 - c_{54}}{2} \end{cases}$$

$$\begin{cases} x_{12} = c_{31} - 17 \\ y_{12} = E_{17} + \frac{E_{31} - E_{17}}{2} \end{cases}$$

$$\begin{cases} x_{13} = c_{29} - 17 \\ y_{13} = E_{30} + \frac{E_{29} - E_{30}}{2} \end{cases}$$

$$\begin{cases} x_{14} = c_{27} - 17 \\ y_{14} = E_{32} + \frac{E_{27} - E_{32}}{2} \end{cases}$$

$$\begin{cases} X_{15} = C_{26} - 17 \\ Y_{15} = E_{25} + \frac{E_{26} - E_{25}}{2} \end{cases}$$

$$\begin{cases} X_{16} = C_{21} + 2 \\ Y_{16} = E_{21} - 2 \end{cases}$$

$$\begin{cases} X_{17} = C_{41} - 17 \\ Y_{17} = E_{40} + \frac{E_{41} - E_{40}}{2} \end{cases}$$

$$\begin{cases} X_{18} = C_{22} + 20 \\ Y_{18} = E_{22} - 2 \end{cases}$$

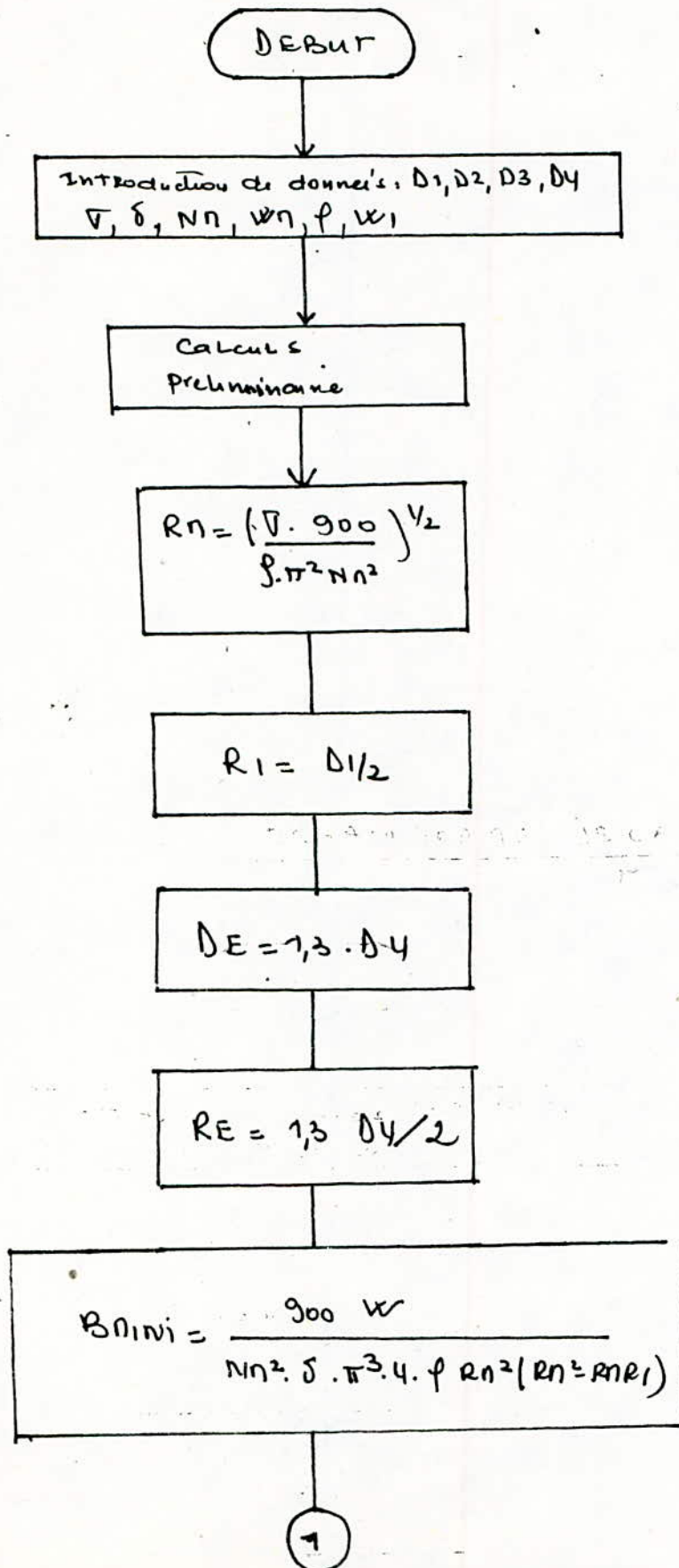
$$\begin{cases} X_{19} = C_{45} + 2 \\ Y_{19} = E_{45} - 2 \end{cases}$$

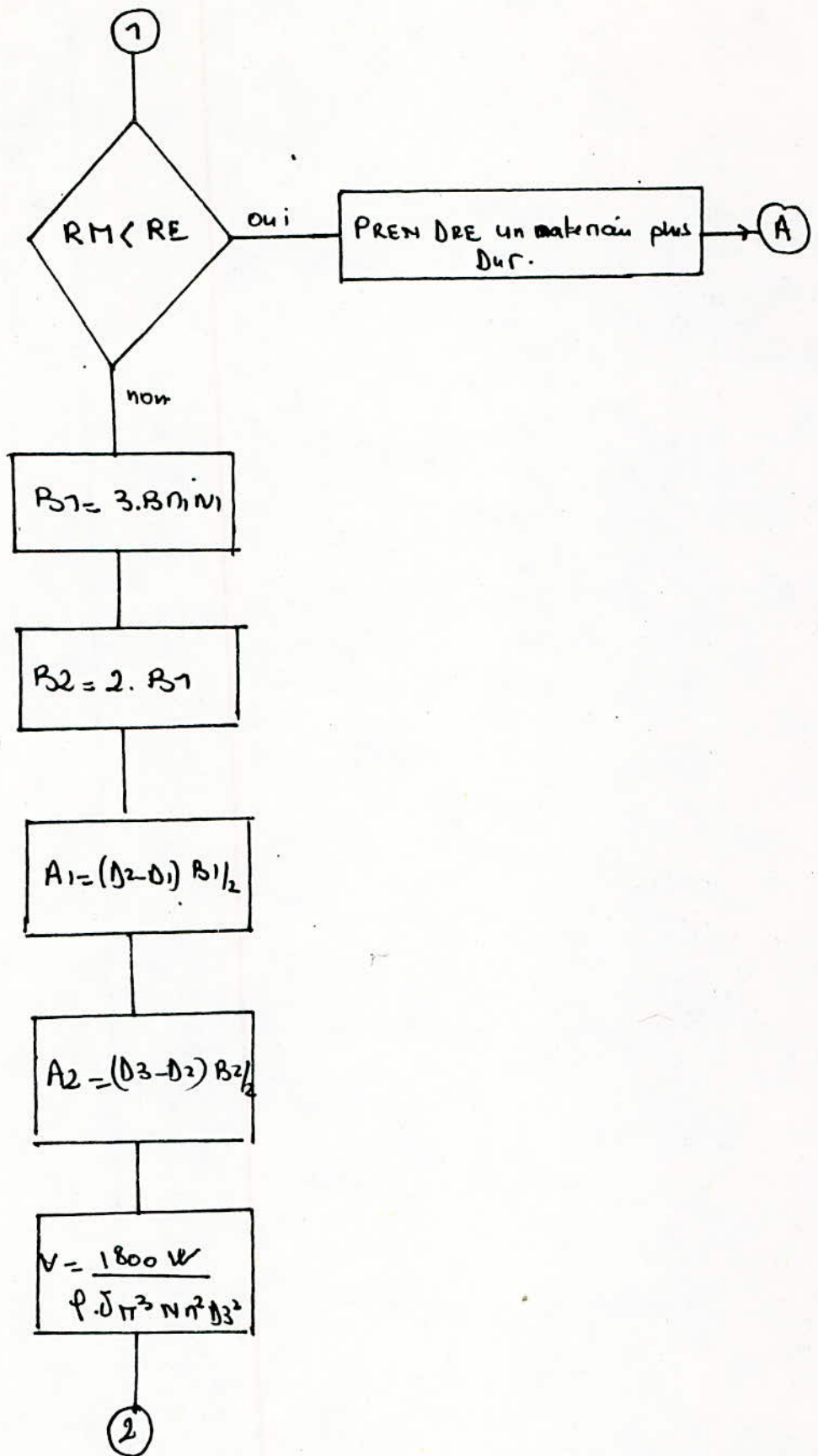
$$\begin{cases} X_{20} = C_{51} + 2 \\ Y_{20} = E_{51} - 2 \end{cases}$$

$$\begin{cases} X_{66} = C_{60} \\ Y_{66} = E_{62} \end{cases}$$

$$\begin{cases} X_{67} = C_{64} + 7 \\ Y_{67} = E_{63} + 3 \end{cases}$$

ORGANIGRAMME DE CALCUL





2

$$\left(V - \frac{(D_3^2 - D_2^2) A_2}{D_3 - D_2} - \frac{(D_2^2 - D_1^2) A_1}{D_2 - D_1} \right) \frac{D_E - D_3}{D_E^2 - D_3^2}$$

$$B_3 = \frac{2 \cdot A_3}{D_E - D_3}$$

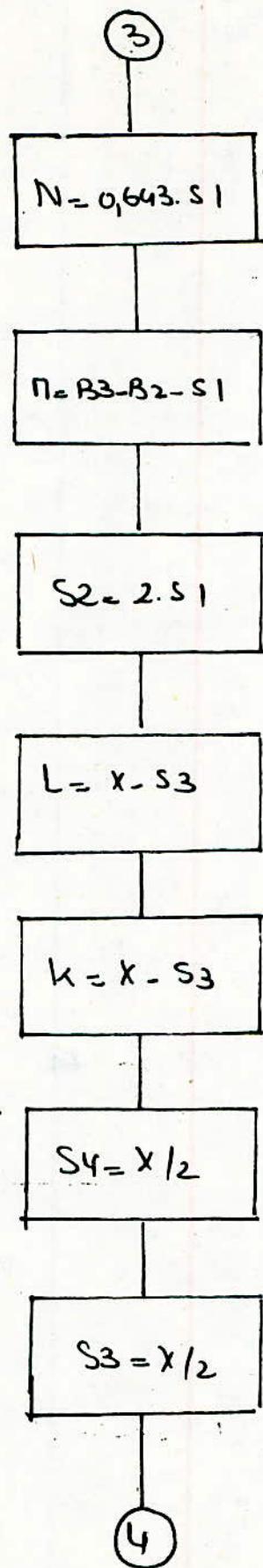
$$X = \frac{D_2 - D_1}{2}$$

$$Y = \frac{D_3 - D_2}{2}$$

$$Z = \frac{D_E - D_3}{2}$$

$$S_7 = 7 / 4,643$$

3



4

$$I = \frac{1,57 S^3}{L}$$

Tracé du volant

Calcul de la cotation

Tracé de la cotation

A

FIN

EXEMPLE D'APPLICATION

- 39 -

Etudions le cas du moteur F4L912 de Constantine

$$D_1 = 0,12 \text{ m}$$

$$D_2 = 0,18 \text{ m}$$

$$D_3 = 0,284 \text{ m}$$

$$D_4 = 0,332 \text{ m}$$

$$Nn = 1600 \text{ TR/min}$$

$$\delta = 0,005$$

$$w_1 = 0,0$$

$$P_{adm} = 8 \cdot 10^6 \text{ N/m}^2$$

$$\rho = 7950 \text{ kg/m}^3$$

EXEMPLE D'APPLICATION

Etudions le cas du moteur F4L912 de Constantine

$$D_1 = 0,12 \text{ m}$$

$$D_2 = 0,18 \text{ m}$$

$$D_3 = 0,284 \text{ m}$$

$$D_4 = 0,332 \text{ m}$$

$$Nn = 1600 \text{ TR/min}$$

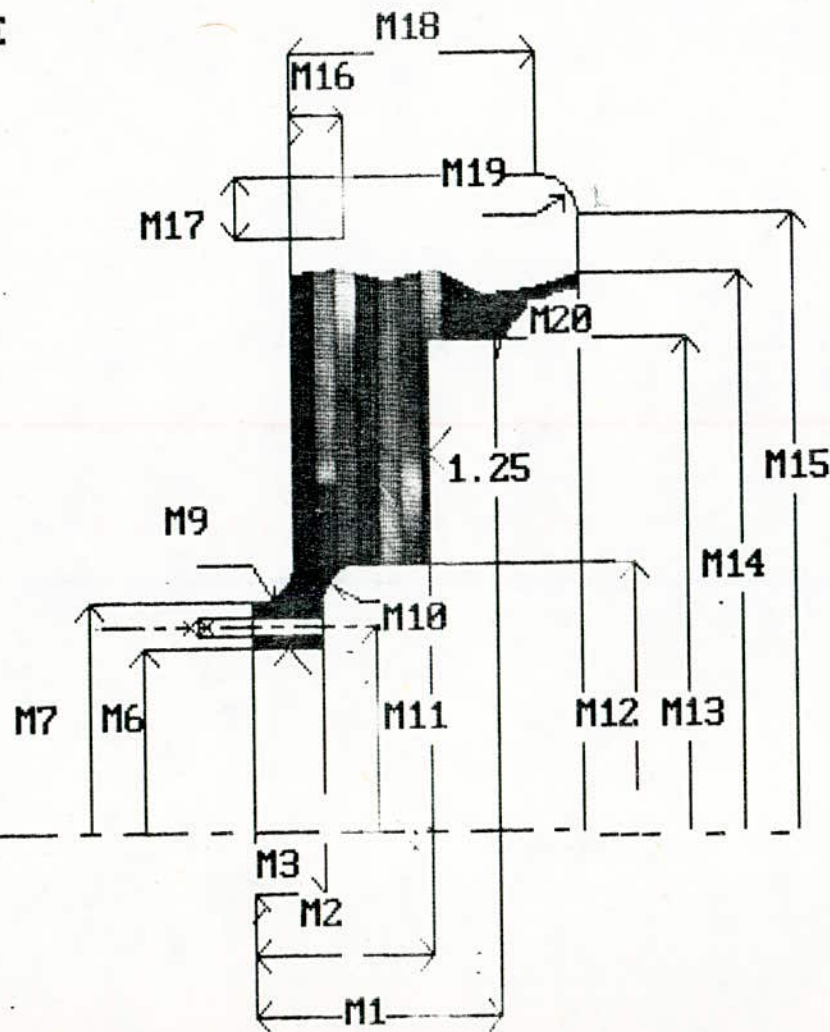
$$\delta = 0,005$$

$$w_1 = 0,0$$

$$P_{adm} = 8 \cdot 10^6 \text{ N/m}^2$$

- 39 -

DEMI-COUBE DU
VOLANT DEMANDE



- M1=6.69E-02 m
- M2=4.21E-02 m
- M3=2.55E-02 m
- M6=0.12 m
- M7=.5 m
- M8=.06 m
- M9=.15 m
- M10=.15 m
- M11=.135 m
- M12=.18 m
- M13=.284 m
- M14=.332 m
- M15=.352 m
- M16=1.41E-02 m
- M17=1.42E-02 m
- M18=9.71E-02 m
- M19=1.58E-02 m
- M20=3.17E-02 m

Conclusion

Les résultats trouvés concordent avec la réalité cependant la présente étude mérite d'être plus approfondie par un autre étudiant, car le temps qui nous était resté pour la programmation était relativement restreint, néanmoins nous avons pu atteindre le but que nous nous étions destinés à savoir le dessin de construction de n'importe quel volant pour moteurs en ligne ou en V.

Cela étant dit, l'intérêt de ce projet réside surtout dans l'utilisation de l'ordinateur surtout dans le domaine de la C.A.O qui pour la première fois est utilisée au niveau du département de Génie mécanique.

```

SCREEN 0
LOCATE 13,23:PRINT"INTRODUCTION DES DONNEES"
IF INKEY$ (<)" " THEN 50 ELSE CLS
CLS:LOCATE 13,23:INPUT "DONNEZ LA VALEUR DU DIAMETRE DU PLATEAU D'EMBRAYAGE
EN METRE D1=" .D1
CLS:LOCATE 13,23:INPUT "DONNER LA VALEUR DU DIAMETRE INTERIEUR DU DISQUE D'
-EMBRAYAGE ET SA GARNITURE EN METRE D2=" .D2
CLS:LOCATE 13,23:INPUT "DONNER LA VALEUR DU DIAMETRE EXTERIEUR DU DISQUE D'E
MAYAGE ET SA GARNITURE D3=" .D3
CLS:LOCATE 13,23:INPUT "DONNER LA VALEUR DU DIAMETRE DE LA CLOCHE D'EMBRAYA
D4=" .D4
CLS:LOCATE 13,23 :INPUT"DONNER LA VALEUR DU DIAMETRE DES GOUJONS
FIXANT LE VILLEBREQUIN AU VOLANT EN m W1=" .W1
0 CLS:LOCATE 13,23:INPUT "DONNER LA VALEUR DE LA LIMITE A LA RUPTURE DU MATE
AU SIGMA=" .SIGMA
0 CLS:LOCATE 13,23:INPUT "DONNER LA VALEUR DE L'IRREGULARITE CYCLIQUE DELTA=
DELTA
0 CLS:LOCATE 13,23:INPUT"DONNER LA VALEUR DU NOMBRE DE TOUR MOYEN DU MOTEUR
NM=" .NM
0 CLS:LOCATE 13,23:INPUT "DONER LA VALEUR DU COUPLE MOYEN EN Nm W=" .W
0 CLS:LOCATE 13,23:INPUT "DONNER LA VALEUR DE LA MASSE VOLUMIQUE DU MATERIAU
EN Kg/m3 R0=" .R0
6 REM*****
7 REM*****CALCUL PRELIMINAIRE*****
8 REM*****
0 CLS:LOCATE 13,23:PRINT "CALCUL EN COUR"
0 PI=3.14592654#
1 R3=D3/2
0 RM=((SIGMA*900)/(R0*PI^2*NM^2))^.5
1 DE=1.3*D4
2 RE=DE/2
3 IF RM<=R3 THEN 176
4 IF RM>=R3 THEN 177
6 LOCATE 13,2: PRINT "CALCUL IMPOSSIBLE IL FAUT PRENDRE UN MATERIAU PLUS DUR
POUR LE VOLANT "
7 CLS:KEY OFF
8 RM=RE
0 R1=D1/2
0 BMINI=900*W/(DELTA*PI^3*4*R0*RM^2*NM^2*(RM^2-RM*R1))
0 B1=3*BMINI
0 B2=2*B1
0 A1=((D2-D1)/2)*B1
0 A2=((D3-D2)/2)*B2
1 T=R0*DELTA*PI^3*NM^2*D3^2
5 V=1800*W/T
6 DE=1.3*D4
0 A3=(V-(D3-D2)*A2-(D2-D1)*A1)/(DE-D3)
0 B3=2*A3/(DE-D3)
0 X=(D2-D1)/2
0 Y=(D3-D2)/2
0 Z=(DE-D3)/2
0 S1=Z/4.643
0 S2=2*S1
0 H1=S1

```

```

00 N=.643*S1
40 M=B3-B2-S1
80 S4=X/2
90 S3=X/2
00 K=X-S3
10 L=K
20 I=.285*X8
30 U=B2/2
31 REM*****
32 REM*****CALCUL DES COORDONNEES DES POINT DU VOLANT*****
33 REM*****
50 A0=200
60 B0=300
70 AA1=A0
80 BB1=B0-R1*1000
90 AA2=A0
00 BB2=BB1-L*1000
10 AA3=A0+I*1000
20 BB3=BB2
30 A4=AA3+S4*1000
40 B4=BB3-S4*1000 +3
50 A5=A4
60 B5=B4-Y*1000
70 A6=A5
80 B6=B5-(N+S2+H1+S1)*1000
90 A7=A6+ B3*1000
00 B7=B6
10 A8=A7+S1*1000
20 B8=B7+S1*1000 -3
30 A9=A8
40 B9=B5-(N+S2)*1000
50 A10=A9-S2*1000
60 B10=B9+S2*1000
70 AA6=A5
80 BB6=B9
90 A17=A0 +U*1000
00 B17=B0
10 A16=A17
20 B16=B0-R1*1000
30 A15=A16
40 B15=B16-K*1000
50 A14=A15+S3*1000
60 B14=B15-S3*1000 +3
70 A13=A14+B2/2*1000
80 B13=B14
90 A12=A13
00 B12=B13-Y*1400
10 A11=A10
20 B11=B12
21 REM*****
22 REM*****CALCUL DES CENTRES DES QUARTS DE CERCLE*****
01 REM*****
30 01=AA3
40 02=B4
50 03=A7
60 04=BB
70 05=A9

```



```

880 06=B10
890 07=A14
900 08=E15
902 REM*****CALCUL DES POINTS POUR LE TRACE' DES POINTILLES*****
903 REM*****
910 V1=A0-7
920 V2=A0-5
930 V3=A0-2
940 V4=A0-1
950 V5=A0+1
960 V6=A0+6
970 V7=A0+8
980 V8=A0+10
990 V9=A0+12
1000 V10=A0+17
1010 V11=A0+19
1020 V12=A0+21
1030 V13=A0+23
1040 V14=A0+28
1050 V15=A0+30
1060 V16=A0+32
1061 REM*****
1062 REM*****CALCUL DES POINTS POUR LA COTATION*****
1063 REM*****
1100 C1=A0
1110 E1=B0+20
1120 C2=A0+U*1000
1130 E2=B0+20
1140 C7=C1
1150 X3=(C1+(C2-C1)/2)*.1215
1160 C20=A13
1170 E20=E7
1180 C5=C1
1190 E5=E7+20
1200 C10=A11
1210 E10=E5
1230 C47=A0-20
1240 C53=C47-20
1250 E53=BB2+(BB1-BB2)/2
1260 E47=E53+1000*W1/2
1270 C49=A17
1280 E49=E53+ 1000*W1/2
1290 C8=A0-40
1300 E8=BB1
1310 C15=C47
1320 E15=E53-1000*W1/2
1330 C18=C49
1340 E18=E15
1350 C4=A17+20
1360 E54=E53
1370 C3=C8
1380 E3=B0
1390 C11=C53-20
1400 E11=BB2
1410 C6=C11
1420 E6=B0

```

1430 C54=C4
1440 E4=B0
1450 C48=A17
1460 E48=E8
1470 C28=A9
1480 E28=B0
1490 C31=C28+20
1500 E31=B0
1510 C17=C31
1520 E17=B13
1530 C29=C17+20
1540 E29=B0
1550 C30=C29
1560 E30=B11
1570 C27=C29+20
1580 E27=B0
1590 C32=C27
1600 E32=B9
1610 C26=C32+20
1620 E26=B0
1630 C25=C26
1640 E25=B8
1650 C41=A6-20
1660 E41=B6+20
1670 C12=A6
1680 E12=E41
1690 C19=A6+20
1700 E19=E12
1710 C40=C41
1720 E40=B6
1730 C21=A6
1740 E21=B6-20
1750 C24=C19
1760 E24=E21
1770 C22=C21
1780 E22=E21-20

```

1790 C23=A7
1800 E23=E22
1801 REM*****
1802 REM*****CALCUL DES POINTS D'ECRITURE DE LA COTATION*****
1810 X1=(C5+(C10-C5)/2)*.1215
1820 Y1= E5*.0601
1830 X2=(C7+(C20-C7)/2)*.1215
1840 Y2= E7*.061
1850 X3=(C1+(C2-C1)/2)*.1215
1860 Y3= E1*.0601
1870 X6=(C3-17)*.1215
1880 Y6=(E8+(E3-E8)/2)*.0601
1890 X7=(C6-17)*.1215
1900 Y7=(E11+(E6-E11)/2)*.0601
1910 X8=(C15-15)*.1215
1920 Y8=(E54)*.0601
1930 X9=(C39)*.1215
1940 Y9= E39*.0601
1950 X10=(C35+3)*.1215
1960 Y10= E35*.0601
1970 X11=(C4+2)*.1215
1980 Y11=(E54+(E4-E54)/2)*.0601
1990 X12=(C31-17)*.1215
2000 Y12=(E17+(E31-E17)/2)*.0601
2010 X13=(C29-17)*.1215
2020 Y13=(E30+(E29-E30)/2)*.0601
2030 X14=(C27-17)*.1215
2040 Y14=(E32+(E27-E32)/2)*.0601
2050 X15=(C26-17)*.1215
2060 Y15=(E25+(E26-E25)/2)*.0601
2070 X16=(C21+2)*.1215
2080 Y16=(E21-2)*.0601
2090 X17=(C41-17)*.1215
2100 Y17=(E40+(E41-E40)/2)*.0601
2110 X18=(C22+20)*.1215
2120 Y18=(E22-2)*.0601
2130 X19=(C45+2)*.1215
2140 Y19=(E45-2)*.0601
2150 X20=(C51+2)*.1215
2160 Y20=(E51-2)*.0601
2170 C60=A0+(C48-A0)/2

```

2180 E60=E8
 2190 C61=C60-5
 2200 E61=E60+5
 2210 C62=C60+8
 2220 E62=E61+3
 2230 C64=A13
 2240 E64=B11+(B13-B11)/2
 2250 C65=C64+8
 2260 E65=E64-8
 2270 C63=C64+5
 2280 E63=E64+5
 2290 X66=(C61)*.1215
 2300 Y66=(E62)*.0601
 2310 X67=(C64+7)*.1215
 2320 Y67=(E63+3)*.0601
 2330 X71=(C1+(C2-C1)/2) : Y71=(E49+(E48-E49)/2)
 2331 X70=(A6+(A7-A6)/2) : Y70=(B11)
 2332 C38=AA3 : E38=B4 : C39=AA3-20 : E39=E38
 2333 C34=A15+(A14-A15)/2-4 : E34=B14+(B15-B14)/2
 2334 C35=A14 : E35=B15 : C37=AA3+(A4-AA3)/2 : E37=BB3+(BB2-BB3)/2
 2335 C36=C35+20 : E36=E35 : C44=A7 : E44=B8
 2336 C45=C44-20 : E45=E44 : C50=A10+(A9-A10)/2-6 : E50=B9+(B10-B9)/2-7
 2337 C51=C50+5 : E51=E50+6 : C43=A7+(A8-A7)/2+3 : E43=B7+(B8-B7)/2
 2338 C52=C51+15 : E52=E51
 2340 C66=C43-3
 2345 E66=E43+3
 2350 C67=C34+3
 2355 E67=E34-3
 2360 C19=C24
 2365 E19=E12
 2370 C68=C5 : E68=BB2 : C70=C50+3 : E70=E50+3
 2390 Q=(A9-AA6)/6
 2400 T1=AA6+Q
 2410 P1=BB6-2
 2420 T2=T1+Q
 2430 P2=P1+4
 2440 T3=T2+Q
 2450 P3=P2-4
 2460 T4=T3+Q
 2470 P4=P2+5
 2480 T5=T4+Q
 2490 P5=P4-2
 2500 V17=V1-4 : V18=V17-15 : V19=V18-4 : V20=V19-4

```

2510 V59=V58+4:V60=V59+4:V61=V60+4:V62=V61+15
2511 V63=V62+4:V64=V63+4:V65=V64+4:V66=V65+15
2513 V70=C53-15:V71=V70+15:V72=V71+4:V73=V72+15
2514 V73=V72+4:V74=V73+4:V75=V74+4:V76=V75+15
2515 V76=V75+4:V77=V76+4:V78=V77+4:V79=V78+15
2516 V80=V79+4:V81=V80+4:V82=V81+4:V83=V82+15
2517 V84=V83+4:V85=V84+4:V86=V85+4:V87=V86+15
2520 F1=U+S1+B2/2
2521 F2=F1-M
2522 F3=U
2523 F6=D1
2524 F7=D1+2*K
2525 F8=W1
2526 F9=S4
2527 F10=S3
2528 F11=D1+K
2529 F12=D2
2530 F13=D3
2531 F14=D4
2532 F15=D4+2*N
2533 F16=20/1400
2534 F17=F16
2535 F18=B3
2536 F19=S1
2537 F20=S2
2538 Z1=E15-7
2695 PRINT F1,F2,F3,F4,F5,F6,F7,F8,F9,F10,F11,F12,F13,F14,F15,F16,F17,F18
      F20
2697 REM*****
*
2698 REM*****TRACE' DU VOLANT*****
2699 REM*****
2841 REM*****
2842 REM*****TRACE' DE LA COTATION*****
2700 CLS:KEY OFF:SCREEN 3
2710 LINE (A0,B0)-(A2,B2)
2720 CIRCLE (01,02),S4*1000,1,1.5*PI,0
2730 LINE (A4,B4)-(A6,B6)
2740 LINE (A6,B6)-(A7,B7)
2750 CIRCLE (03,04),S1*1000,1,0,.5*PI
2760 LINE (A8,B8)-(A9,B9)
2770 CIRCLE (05,06),S2*1000,1,.5*PI,PI
2780 LINE (A10,B10)-(A11,B11)
2790 LINE (A11,B11)-(A12,B12)
2800 LINE (A12,B12)-(A13,B13)

```

```

2810 LINE(A13,B13)-(A14,B14)
2820 CIRCLE(O7,O8),53*1000,1,.5*PI,PI
2830 LINE(A15,B15)-(A16,B16)
2840 LINE(A16,B16)-(A17,B17)
2860 LINE(AO,BO)-(C5,E5):LINE(A17,B17)-(C2,E2)
2870 LINE(A13,B13)-(C20,E20):LINE(A11,B11)-(C10,E10)
2880 LINE(V1,BO)-(V2,BO):LINE(V3,BO)-(V4,BO):LINE(V5,BO)-(V6,BO)
2890 LINE(V7,BO)-(V8,BO)
2891 LINE(V9,BO)-(V10,BO)
2900 LINE(V11,BO)-(V12,BO)
2901 LINE(V13,BO)-(V14,BO)
2910 LINE(V15,BO)-(V16,BO)
2920 LINE(AA6,BB6)-(T1,P1)
2921 LINE(T1,P1)-(T2,P2)
2930 LINE(T2,P2)-(T3,P3)
2931 LINE(T3,P3)-(T4,P4)
2940 LINE(T4,P4)-(T5,P5)
2941 LINE(T5,P5)-(A9,B9)
2950 LINE(A9,B9)-(C28,E28):LINE(A6,B6)-(C22,E22)
2960 LINE(A7,B7)-(C23,E23):LINE(A8,B8)-(C25,E25)
2970 LINE(A9,B9)-(C32,E32):LINE(A11,E11)-(C30,E30)
2980 LINE(A13,B13)-(C17,E17):LINE(C48,E48)-(C8,E8)
2990 LINE(C47,E47)-(C47,E47):LINE(C18,E18)-(C15,E15)
3000 LINE(AA2,BB2)-(C11,E11)
3010 LINE(C1,E1)-(C2,E2):DRAW"H5F5G5":LINE(C2,E2)-(C1,E1):DRAW"E5G5F5HG5"
3020 LINE(C7,E7)-(C20,E20):DRAW"H5F5G5":LINE(C20,E20)-(C7,E7):DRAW"E5G5F5"
3030 LINE(C5,E5)-(C10,E10):DRAW"H5F5G5":LINE(C10,E10)-(C5,E5):DRAW"E5G5F5"
3040 LINE(C31,E31)-(C17,E17):DRAW"F5H5G5"
3050 LINE(C29,E29)-(C30,E30):DRAW"F5H5G5"
3060 LINE(C17,E17)-(C22,E22):DRAW"F5H5G5"
3062 LOCATE 5,1:PRINT"DEMI -COUPE "
3063 LOCATE 3,1:PRINT"DU VOLANT DEMANDE "
3070 LINE(C26,E26)-(C25,E25):DRAW"F5H5G5"
3080 LINE(C22,E22)-(C23,E23):DRAW"H5F5G5"
3090 LINE(C23,E23)-(C22,E22):DRAW"E5G5F5H5"
3100 LINE(C21,E21)-(C24,E24):DRAW"H5F5G5"
3110 LINE(C24,E24)-(C21,E21):DRAW"E5G5F5G5":LINE(C19,E19)-(C24,E24)
3120 LINE(C40,E40)-(C41,E41):DRAW"H5F5E5G5"
3130 LINE(C41,E41)-(C40,E40):DRAW"F5H5G5E5"
3140 LINE(C45,E45)-(C44,E44):LINE(C44,E44)-(C43,E43):DRAW"L5R5D5U5"
3150 LINE(C52,E52)-(C51,E51):LINE(C51,E51)-(C50,E50):DRAW"F5H5G5"
3560 LINE(C63,E63)-(C64,E64):LINE(C64,E64)-(C65,E65)
3570 LINE(C36,E36)-(C35,E35):LINE(C35,E35)-(C34,E34):DRAW"F5H5G5"
3580 LINE(C39,E39)-(C38,E38):LINE(C38,E38)-(C37,E37):DRAW"U5D5L5R5"

```

```

3580 LINE (C39,E39)-(C38,E38):LINE (C38,E38)-(C37,E37):DRAW"U5D5L5R5"
3590 LINE (C6,E6)-(C11,E11):DRAW"F5H5G5"
3600 LINE (C3,E3)-(C8,E8):DRAW"F5H5G5"
3700 LINE (C61,E61)-(C60,E60):LINE (C60,E60)-(C62,E62)
3710 LINE (C4,E4)-(C54,E54):DRAW"F5H5G5"
3720 LINE (C47,E47)-(C15,E15):DRAW"G5E5F5"
3730 LINE (C15,E15)-(C47,E47):DRAW"E5G5H5"
3735 LINE (AA2,BB2)-(AA2,BB2+3)
3736 LINE (C70,E70)-(C50,E50):LINE (A6,B6)-(C40,E40):LINE (C19,E19)-(C41,E4
3740 PAINT (X71,Y71):PAINT (X70,Y70)
3750 LINE (V17,B0)-(V18,B0):LINE (V19,B0)-(V20,B0):LINE (V21,B0)-(V22,B0):
    LINE (V23,B0)-(V24,B0)
3760 LINE (V25,B0)-(V26,B0):LINE (V27,B0)-(V28,B0):LINE (V29,B0)-(V30,B0):
    LINE (V31,B0)-(V32,B0)
3770 LINE (V35,B0)-(V36,B0)
3780 LINE (V39,B0)-(V40,B0):LINE (V43,B0)-(V44,B0)
3790 LINE (V47,B0)-(V48,B0)
3800 LINE (V51,B0)-(V52,B0):LINE (V55,B0)-(V56,B0)
3810 LINE (V59,B0)-(V60,B0)
3820 LINE (V61,B0)-(V62,B0):LINE (V63,B0)-(V64,B0):LINE (V65,B0)-(V66,B0)
3830 LINE (V70,E53)-(V71,E53):LINE (V72,E53)-(V73,E53)
3840 LINE (V74,E53)-(V75,E53):LINE (V76,E53)-(V77,E53)
3850 LINE (V78,E53)-(V79,E53):LINE (V80,E53)-(V81,E53)
3860 LINE (V82,E53)-(V83,E53):LINE (V84,E53)-(V85,E53):LINE (V86,E53)-(V87,
3861 PRINT C45,E45,X19,Y19
3870 LOCATE Y1,X1:PRINT"M1"
3880 LOCATE Y2,X2:PRINT"M2"
3890 LOCATE Y3,X3:PRINT"M3"
3900 LOCATE Y6,X6:PRINT"M6"
3910 LOCATE Y7,X7:PRINT"M7"
3920 LOCATE Y8,X8:PRINT"M8"
3950 LOCATE Y11,X11:PRINT"M11"
3960 LOCATE Y12,X12:PRINT"M12"
3970 LOCATE Y13,X13:PRINT"M13"
3980 LOCATE Y14,X14:PRINT"M14"
3990 LOCATE Y15,X15:PRINT"M15"
4000 LOCATE Y16,X16:PRINT"M16"
4010 LOCATE Y17,X17:PRINT"M17"
4020 LOCATE Y18,X18:PRINT"M18"
4040 LOCATE Y20,X20:PRINT "M20"
4080 LOCATE 2,1:PRINT"DEMI -COUPE "
4090 LOCATE 3,1:PRINT"DU VOLANT DEMANDE"

```

BIBLIOGRAPHIE

1. J. BONHONNE · RESISTANCE DES MATERIAU
2. J. LAMOITIER Le BASIC Par la pratique
3. A BOUAFIA Projet de fin d'etude.
4. Quillet . Encyclopedie Industrielle Tome II
5. TROITSKI Cour de CN2.

ERRATUM

Page 48 2532 $F15 = D4 + 2 * H1$

