

19/88

وزارة التعليم و البحث العلمي

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
BIBLIOTHEQUE - المكتبة
École Nationale Polytechnique

2 ex

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT GENIE MECANIQUE

PROJET DE FIN D'ETUDES

S U J E T

DIMENSIONNEMENT
DES ELEMENTS HYDRAULIQUES
D'UNE RAMPE PIVOTANTE

Proposé par :

LABORATOIRE
DE MECANIQUE
DU SOLIDE

Etudié par :

A. OUIS

Dirigé par :

M. BOUKABACHE

PROMOTION : janvier 1988

وزارة التعليم والبحث العلمي

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
المكتبة — BIBLIOTHEQUE
Ecole Nationale Polytechnique

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT GENIE MECANIQUE

PROJET DE FIN D'ETUDES

S U J E T

DIMENSIONNEMENT
DES ELEMENTS HYDRAULIQUES
D'UNE RAMPE PIVOTANTE

Proposé par :

LABORATOIRE
DE MECANIQUE
DU SOLIDE

Etudié par :

A. OUIS

Dirigé par :

M. BOUKABACHE

PROMOTION : janvier 1988

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE
DEPARTEMENT : Génie Mecanique
PROMOTEUR : BOUKABACHE Mohamed
ELEVE INGENIEUR : OUIS Abou Soufiane

وزارة التعليم العالي
المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
فرع : الهندسة الميكانيكية
موجه : بوكعباش محمد

المعهد الوطني للتكنولوجيا
المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
المكتبة - BIBLIOTHEQUE
Ecole Nationale Polytechnique

الموضوع : تحديد ابعاد للاعضاء الهيدروليكية لآلة رش محورية
الملخص : ان عملنا هذا يهدف الى ايجاد الخصائص للاعضاء الهيدروليكية لآلة رش محورية (القنوات،
مضخة دفع الماء ، اعضاء الجساءة، فوهات الرش...)
وقد انجزنا برنامج معلوماتي لهذا الغرض .

SUJET : DIMENSIONNEMENT DES ELEMENTS HYDRAULIQUES D'UNE RAMPE PIVOTANTE.

RESUME : Le but de cette étude consiste a déterminer les caracteristiques des
éléments hydrauliques d'une rampe pivotante (Conduites, Pompe d'alimentation,
Organes d'étanchéité , Buses ...).

Un programme informatique a été conçu a cet effet.

SUBJECT : DESIGN OF HYDRAULIC ELEMENTS FOR A ROTATING IRRIGATION SYSTEM

ABSTRACT : The object of this study consists in the design of hydraulic elements for
a rotating irrigation system "PIVOT" (pipes, pump , parts for making
wateright, nozzle-spray...).

A computer program was written for this effect.

DEDICACES

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
المكتبة — BIBLIOTHEQUE
Ecole Nationale Polytechnique



Je dédis ce modeste travail à

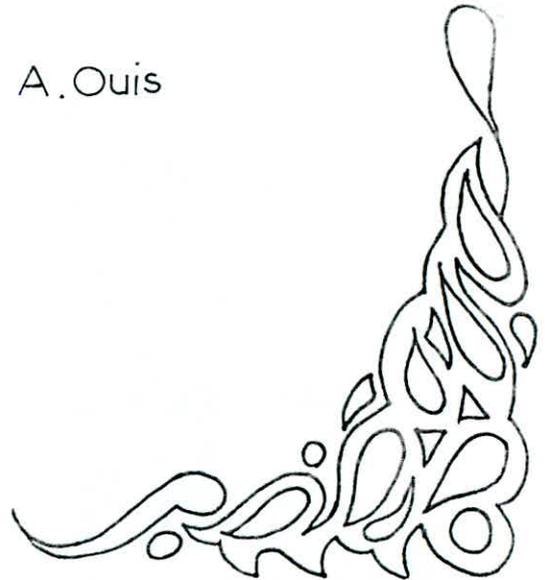
mes Parents

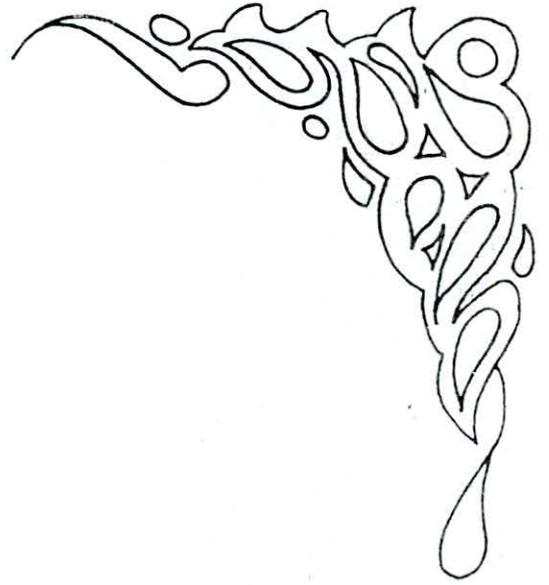
mes Frères et mes Sœurs

mon oncle Mustapha KHIAR

tous mes Amis

A. Ouis





A. OUIS /

Je tiens à exprimer ma profonde
gratitude et mes vifs remerciements à
Messieurs M. BOUKABACHE et M. BOUAZIZ
qui ont eu l'aimable sollicitation de me
aider dans ce travail, ainsi que tous
les enseignants qui m'ont aidé par leurs
conseils.

Que tous ceux qui ont participé de près
ou de loin à la réalisation de ce projet
trouvent en ma sincère gratitude.



المركز الوطني للتكنولوجيا
BIBLIOTHEQUE - المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

REMERCIEMENTS

PRESENTATION DU SUJET



L'étude que nous présentons " Dimensionnement des éléments hydrauliques d'une rampe pivotante" est la suite des deux projets faits précédemment sur les pivots d'arrosage et qui s'intitulent :

- Etude de la chaîne de transmission d'un arrosoir rotatif.
- Calcul de structure d'une rampe pivotante.

Dans ce projet, on étudie l'arrosoir du point de vue hydraulique. On présente la méthode qui permet le choix de la pompe d'alimentation, des conduites, des joints d'étanchéité et des éléments hydrauliques auxiliaires.

Nous avons axé notre travail surtout sur la conception des buses et leurs dimensionnements.

SOMMAIRE



	page
INTRODUCTION	1
- Historique	2
- Généralités	3
Chap 1 : ETUDE DES ARTICULATIONS ET DE L'ETANCHEITE	10
Chap 2 : PROCEDURE DE CALCUL D'UNE RAMPE PIVOTANTE	13
1- Généralités	13
2- Définitions agronomiques	13
3- Présentation de la méthode de calcul	14
4- Calcul de la rampe pivotante	14
5- Exemple numérique	22
Chap 3 : DETERMINATION DE LA POMPE D'ALIMENTATION	25
Chap 4 : ETUDE DE BUSAGE D'UNE RAMPE PIVOTANTE	33
1- Généralités	33
2- Détermination de la répartition des buses sur la rampe	34
Chap 5 : APPLICATION NUMERIQUE	47
1- Organigramme	48
2- Résultats de l'exemple numérique	51
CONCLUSION	54
BIBLIOGRAPHIE	

LISTE DES TABLEAUX ET FIGURES

Tableau N°	Légende	Page
1	Basoins de pointe	15
2	Efficiences	15
3	Capacités de stockage	17
4	Profondeurs des racines	20

fig N°	Légende	Page
1	Evolution des mouvements des tours	5
2	Mode de placement des conduites	6
3	Pulvérisateur à tuyères multiples	7
4	Buse à pulvérisation en éventail	7
5	Buse à pulvérisation en cercle	8
6	Conduite principale et ses brides	10
7	Liaison entre conduite principale et secondaire	11
8	Liaison entre deux modules	11
9	Liaison entre conduite fixe et conduite mobile	12
10	Pompe au niveau du pivot	25
11	Schema du réseau de la rampe	25
12	Perte de charge dans la rampe	28
13	Solutions de répartition des buses	35
14	Surface irriguée par buse	36
15	Pertes de charge dans la conduite secondaire	40
16	Pertes de charge dans la pastille	43

INTRODUCTION

buse de pulvérisation - chapeau
|
chapeau
rozpylajice

1

Après les deux études faites sur la rampe pivotante : l'étude de la chaîne de transmission et le calcul de structure, nous avons jugé utile de continuer ces travaux par une étude hydraulique. Industriellement, les rampes pivotantes sont fabriquées selon des standards; seuls quelques organes et quelques paramètres sont à modifier selon la surface à irriguer, la nature de la culture et la pluviométrie. Les éléments standards sont les conduites, la structure en charpente, les moteurs électriques et les réducteurs. Les éléments variables sont la pompe (débit d'eau et pression de service variables) et les buses. C'est ce que nous tâcherons de faire ressortir dans ce projet. Dans le premier chapitre est présentée l'étude sur les articulations et l'étanchéité entre différents organes. Cette étude est suivie par un calcul théorique agronomique dans lequel on détermine essentiellement la vitesse linéaire de la tour et le débit. Ce calcul est illustré par un exemple numérique. Dans le chapitre trois, on détermine la pression requise au pivot d'où la détermination de la pompe d'alimentation, ainsi que la variation de pression et de débit au niveau de chaque buse ce qui nous permet de dimensionner les buses. On termine notre étude par la réalisation d'un programme informatique qui nous permet de déterminer les caractéristiques de ces éléments hydrauliques.

GRANDEURS PHYSIQUES TIRÉES DES PROJETS PRÉCÉDENTS

- Pour des raisons économiques et de disponibilité, on prend, pour la conduite principale, des tubes 152 X 165 mm et pour les conduites secondaires, des tubes 20 x 27 mm. En effet, ce choix tient compte de la puissance des moteurs électriques et de la résistance réducteurs.
- Longueur d'un modul : $l = 55$ metres
- Espacement des buse : $e = 2$ metres
- Vitesse linéaire d'une tour : $v = 0,036$ m/s

HISTORIQUE

Le système d'irrigation par rampes pivotantes a été introduit pour la première fois au U.S.A ; le premier appareil a été construit dans l'état du NEBRASKA en 1949; ce système devait permettre d'irriguer des cercles de très grands rayons, pratiquement sans main d'œuvre, et en prélevant seulement une très faible quantité d'énergie hydraulique fournie par le pompage, pour mouvoir le dispositif.

Les rampes pivotantes n'ont cessé d'être l'objet de perfectionnement depuis cette époque et la technique elle-même a évolué. on réalise notamment à l'heure actuelle la propulsion des rampes pivotantes par énergie électrique délaissant ainsi très souvent la première idée de l'inventeur.

En Amérique, on a dénombré, en 1980, plus de 3.000.000 ha irrigués avec des matériels de ce type; en U.R.S.S et aux pays d'Europe de l'est, on utilise aussi des rampes pivotantes sur les grandes exploitations par exemple, en UKRAINE, il y en a actuellement 2000 qui irriguent environ 100.000 ha .

D'importants projets d'irrigation sont réalisés avec des appareils de ce type dans plusieurs pays du monde, tels que le CANADA, les pays d'Amérique latine, la LIBYE, L'ALGERIE, L'ARABIE - SAOUDITE, dans le but d'obtenir par l'irrigation la mise en valeur de grands espaces non cloisonnés par des limites parcellaires rapprochées.

Les dimensions fréquemment réduites, et les formes souvent irrégulières des parcelles dans les pays d'Europe occidentale sont peu favorables à l'implantation de rampes pivotantes ; c'est pourquoi le développement de cette technique d'irrigation n'y est pas très prononcé.

on peut dénombrer au total dans le monde, mis à part les U.S.A, une superficie entre $5 \cdot 10^5$ et 10^6 ha irriguée par rampes pivotantes.

GENERALITES

Une conduite principale sur laquelle sont montées des portes - buses (conduites secondaires) est montée sur des supports équipés de roues (tours). Cette conduite principale est formée de plusieurs éléments (modules) entre lesquels il y a possibilité de flexion grâce à un joint .

Les supports à leurs tours sont équipés de moteurs électriques qui, par un mécanisme approprié, démarrent quand deux travées ou modules voisins forment un angle déterminé (voir fig 1), l'une des extrémités de la rampe est alimentée par un tuyau vertical ou pivot, autour duquel elle peut tourner.

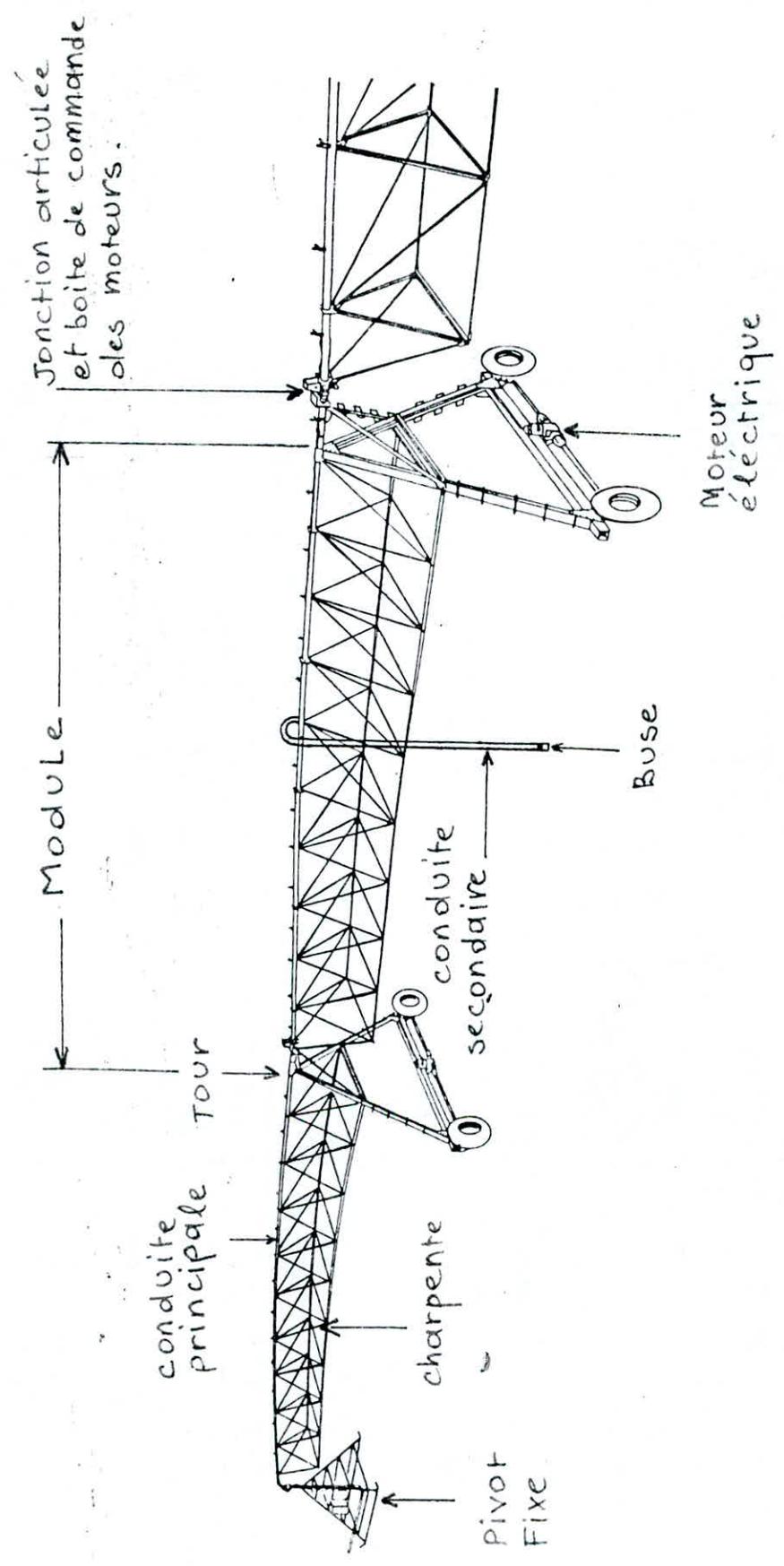
L'arrivée d'eau sous - pression par le pivot assure la pulvérisation de l'eau au niveau des buses ; le mouvement des moteurs électriques est assuré par contact électrique quand la condition d'angle est atteinte ou dépassée.

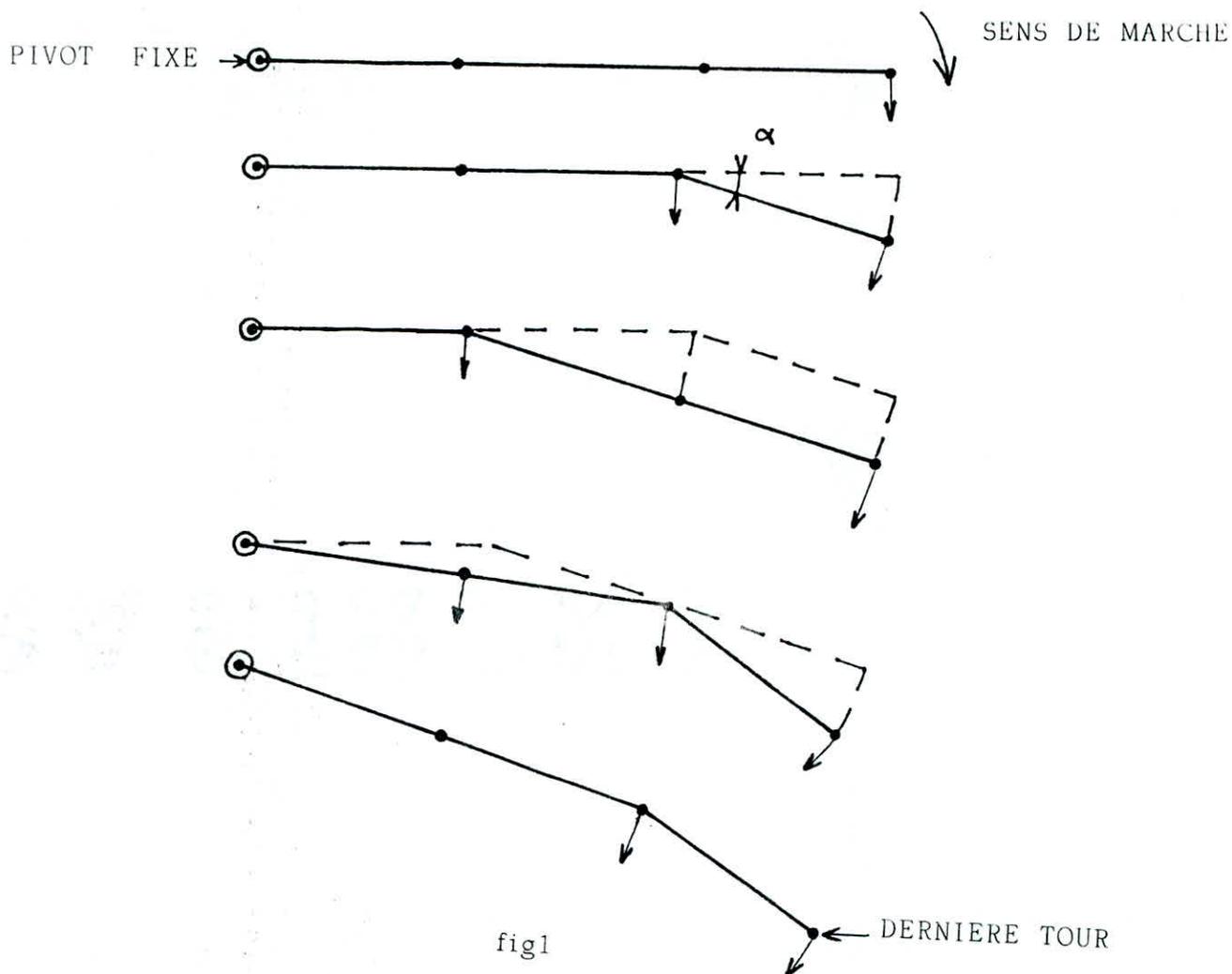
Ainsi, les rampes pivotent en arrosant autour du point d'alimentation , les tours se mettent en mouvement les unes après les autres.

Les rampes pivotantes sont installées à poste fixe mais elles peuvent être cependant tirées suivant l'axe du tuyau avec un tracteur (les roues des tours étant orientables à cet effet); ce qui permet de les utiliser en plusieurs points de pompage.

Le support et le maintien de la rampe est assuré par une structure en poutre (de charpente métallique) sous forme de treillis .L'ensemble est rendu rigide par différentes techniques:

- 1) Un haubannage partant des tours, et fixé en différents points du tuyau.
- 2) La conduite forme avec les pièces métalliques une poutre rigide articulée au niveau des tours.
- 3) Les tours supportent la poutre en charpente métallique indépendante de la conduite d'eau qui est fixée sur cette poutre.





- Description des Eléments Hydrauliques:

a) Les conduites:

Ce sont des tuyauteries dont le diamètre doit permettre l'alimentation à la pression voulue des organes d'aspersion sans consommer trop de charge. Par ailleurs, il faut qu'elles soient suffisamment solides pour contribuer à la rigidité de l'ensemble de l'élément entre deux tours voisines. Pour éviter la rouille et l'attaque du mélange eau-engrais, on utilise des tubes galvanisés (galvanisation à chaud par immersion) néanmoins, une peinture spéciale (peinture époxy) peut remplacer ce procédé coûteux mais efficace. Le revêtement des conduites est l'objet de soins particuliers car il s'agit de produire un matériel qui doit durer assez longtemps dans des conditions d'utilisation difficiles.

Les conduites principales des rampes ont un diamètre extérieur de 114,3 à 202,2 mm et une épaisseur de 2,5 à 3,3 mm.

Pour éviter la dérive par le vent du jet d'eau, des conduites secondaires sont placées sur la conduite principale pour que les buses soient près du sol. (voir fig 2). La fixation des coudes se fait par la partie supérieure de la conduite car si on utilise des eaux contenant des éléments sableux, des brins de paille ou des engrais non dissouts, ils ne passent pas à travers les conduites

secondaires et ne bouchent pas les buses qui ont des diamètres assez petits. Les impurétés se déposent dans la conduite principale c'est pourquoi on est contraint de faire une vidange après un certain temps d'arrosage.

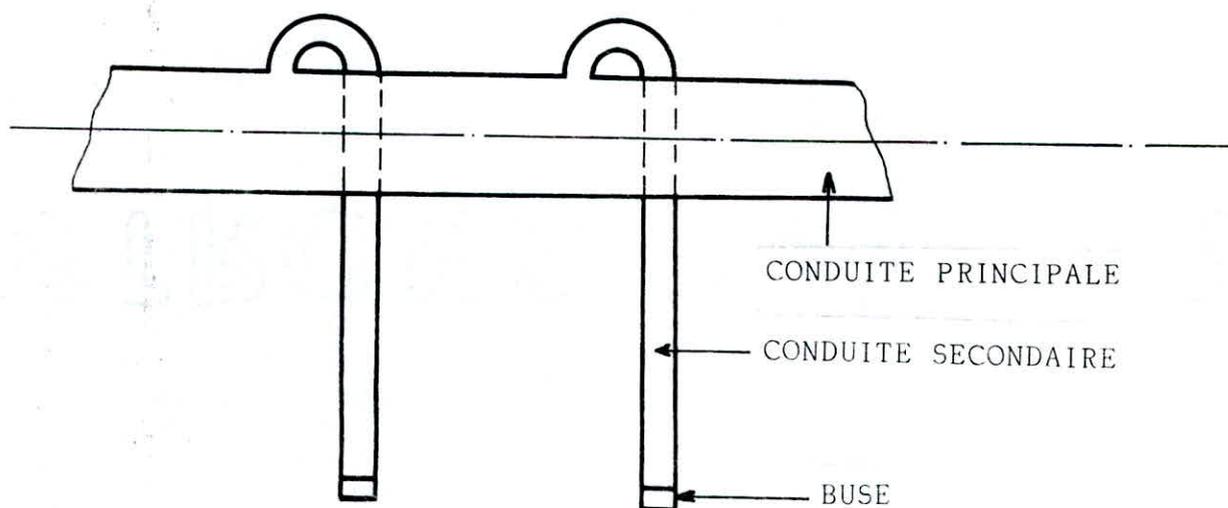


fig2

b) Les buses:

Aux bouts des conduites secondaires, on place des buses sur les quelles sont montées des pastilles de diamètres différents selon le débit et la pression désirée à travers cette buse. Souvent, on interpose entre la buse et la conduite secondaire un régulateur pour que le débit reste à peu près constant quand la pression varie. Ce dispositif permet d'obtenir une bonne répartition de l'eau, même en terrain vallonné où les variations d'altitude engendrent une variation de pression aux différents points de la conduite (voir fig 5).

Il existe plusieurs conceptions de buse; citons quelques unes:

- pulvérisateurs à tuyères multiples:

Ils sont constitués par un corps en laiton ou en acier inoxydable, formant un collecteur et comportant plusieurs tuyères vissées. Ce montage, par le croisement des jets, assure une pulvérisation fixe et en cône plein sous un angle de 120 à 140° avec un débit important (de 0 à 40 m³/h). Les pressions de service vont de 0,5 à 20 bars.

montage

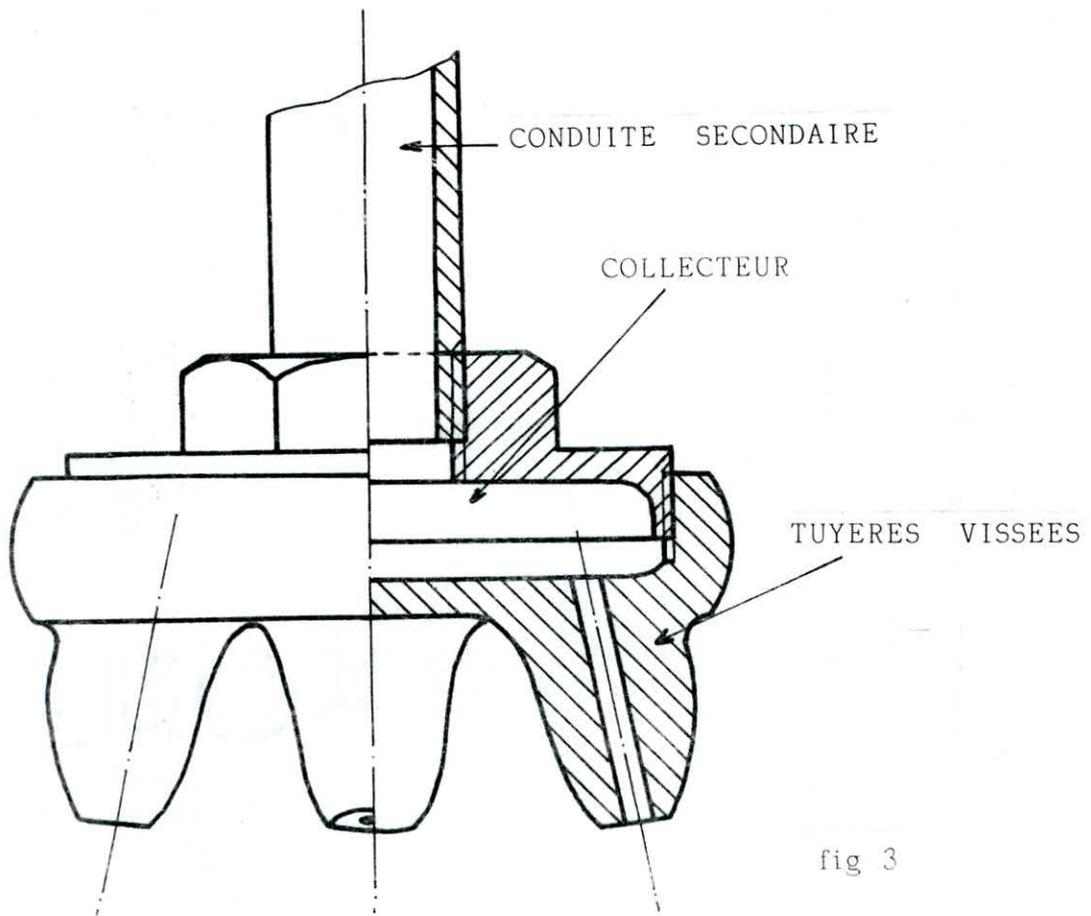


fig 3

- Buses à pulvérisation en éventail:

Elles sont constituées entièrement en acier inoxydable. Les pastilles, pièces interchangeables, sont des pièces circulaires percées d'un diaphragme .

La buse est déterminée par le diamètre du diaphragme de la pastille. Les pressions de service varient de 2 à 4,5 bars ce qui assure un débit de $0,15$ à $15 \text{ m}^3 / \text{h}$

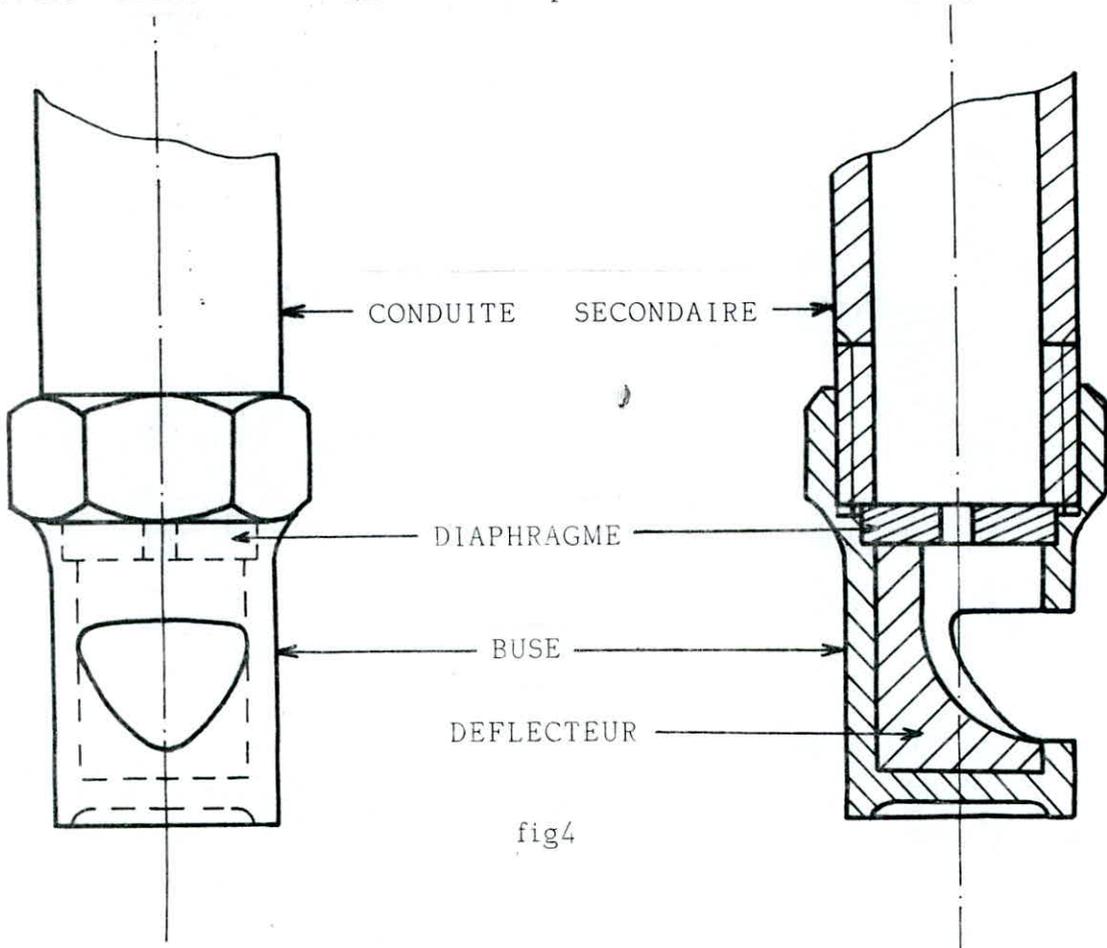


fig4

- Buses à pulvérisation en cercle:

Ce sont les buses les plus couramment utilisées.

Leur réalisation est économique et rapide car la buse est faite en matière plastique .La pastille est en laiton. Labuse est déterminée par le diamètre du diaphragme de la pastille. Les pressions de service sont de 2 à 4,5 bars et les débits de 0,01 à 10 m³ /h .

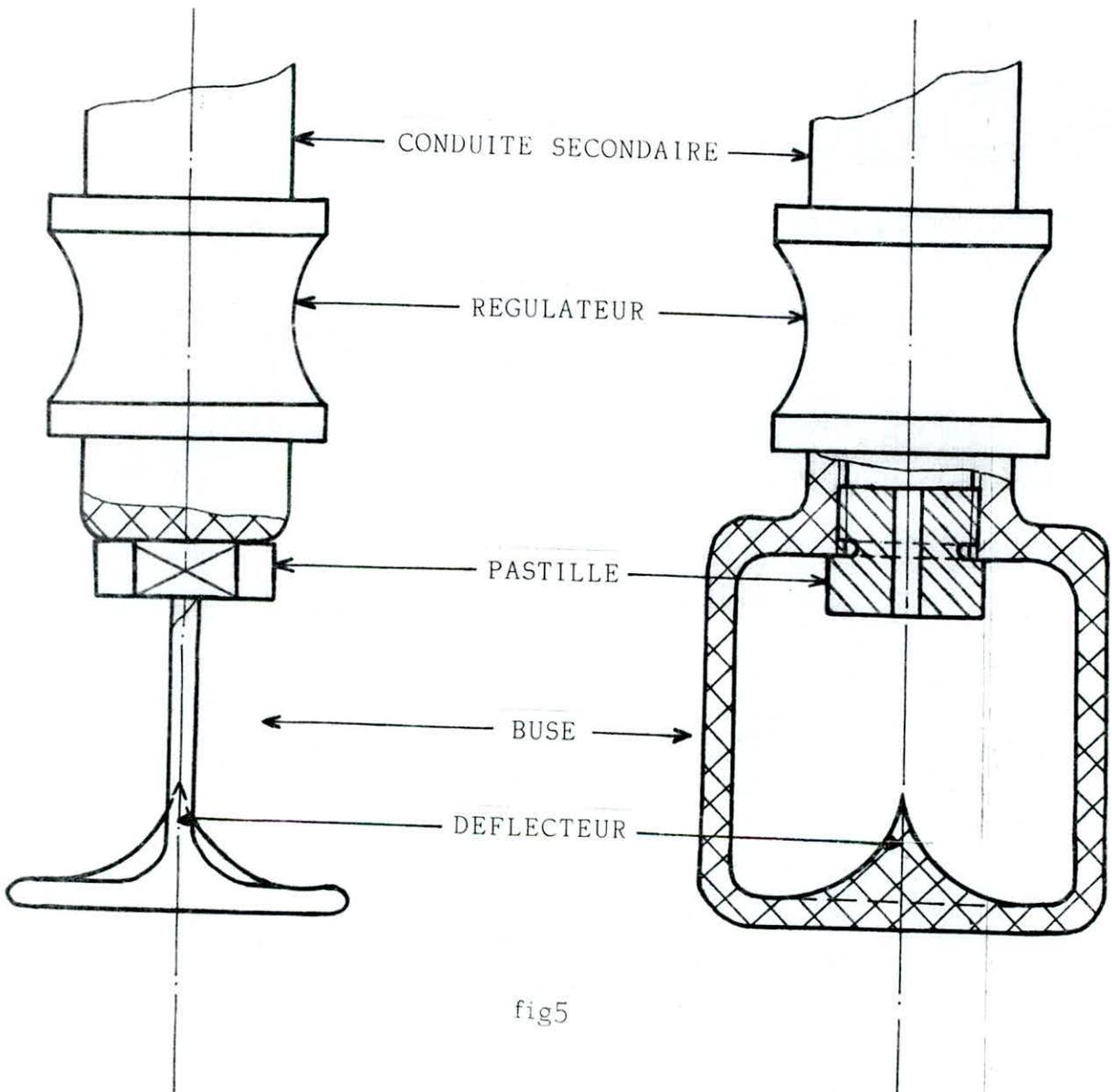


fig5

c) Le canon

Un canon est prévu à l'extrémité de la dernière tour ,et ceci en vu d'augmenter la superficie à arroser.

Les canons d'arrosage fonctionne sous une pression de 3 à 6 bars.Ils sont formés d'un tuyau coudé de 20 à 30° sur l'horizontale, d'un ajutage d'éjection du jet d'eau de forme cylindrique qui éjecte sans convergence ,ni divergence, c'est-à-dire pour assurer une vitesse convenable au jet à la sortie et lui donner ainsi

Une portée satisfaisante .Les différents dispositifs permettant d'obtenir une bonne répartition de l'eau le long du rayon d'action de l'appareil sont soit un brise-jet, soit une cuillère qui vient périodiquement couper et amortir le jet principal.

La distribution de l'eau sur le terrain est assurée par rotation du canon autour de son axe vertical .Cette rotation peut être complète ou partielle(secteur d'arrosage) .

d) Pompe :

On utilise surtout des pompes centrifuges car elles sont de faibles encombrements de fonctionnement facile et elles ne provoquent pas de brusques surpressions dans les conduites.

Pour l'entraînement des tours, on dispose de moteurs électriques accouplés à des réducteurs qui actionnent les roues des tours.Si l'énergie électrique est disponible, on utilise des moteurs électriques pour entrainer la pompe sinon on utilise des groupes électrogènes pour la production de l'énergie électrique nécessaire à alimenter la rampe et entrainer la pompe.

Une fois connu la pression d'exploitation et le débit nécessaire, on peut choisir le type de pompe à l'aide des catalogues du constructeur E.N.P.M.H.

Chp.1: ETUDE DES ARTICULATIONS ET DE L'ÉTANCHEITE

a) Entre deux tubes consécutifs dans le même module:

Les tubes d'un même module sont assemblés par bridage avec un joint d'étanchéité dans la bride.

Kolmán

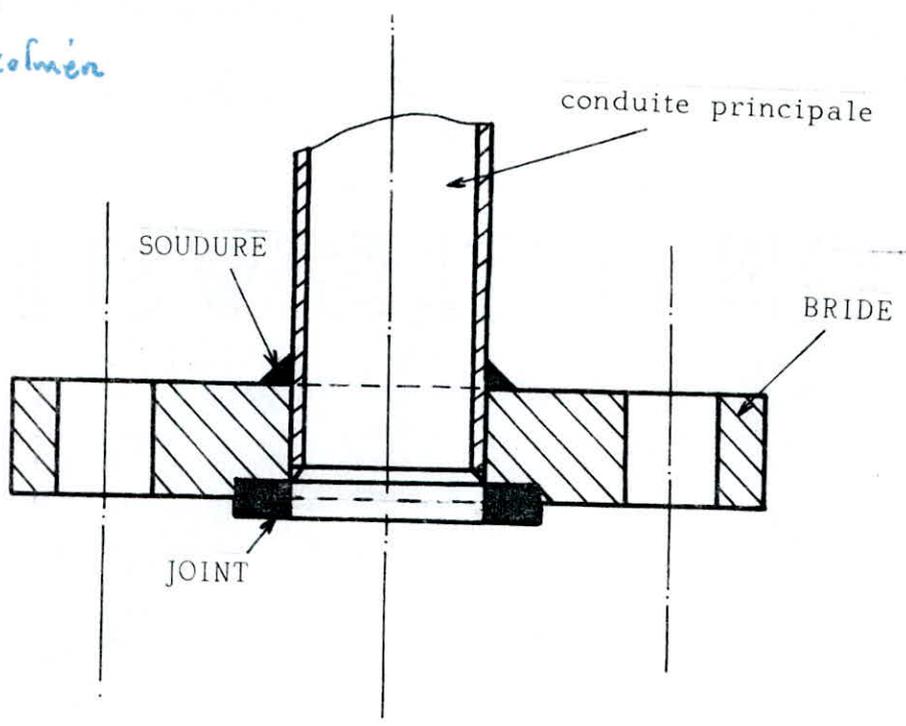


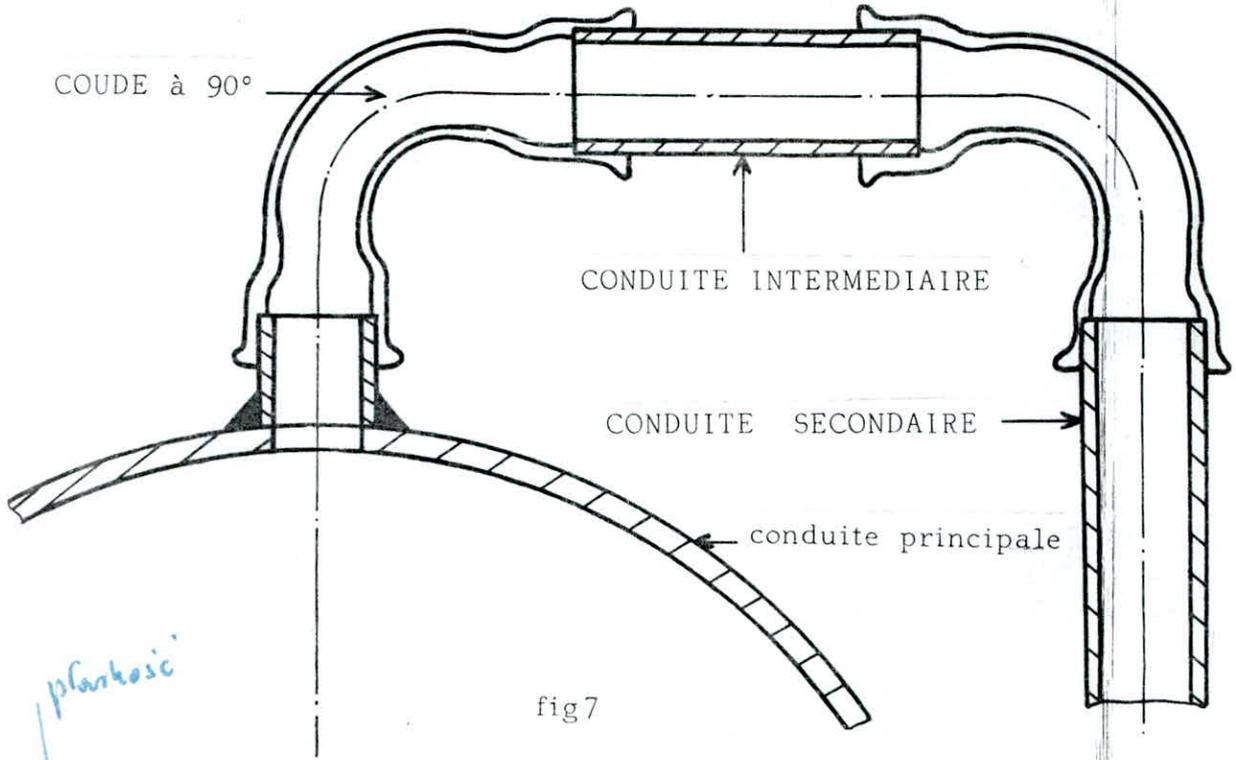
fig6

b) Entre la conduite principale et une conduite secondaire:

La liaison se fait par filetage et l'étanchéité est assurée par de la filasse.

gintouamie

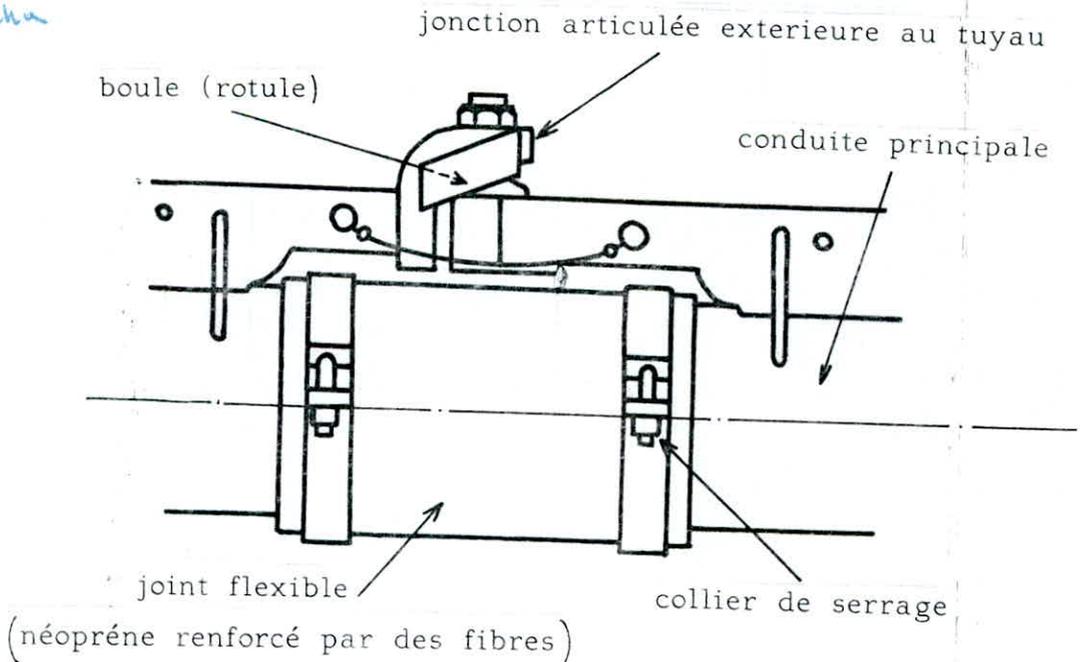
pakufy, szűrő a csatlakozásnál 2/3-as



c) Entre deux tours:

Lors de son fonctionnement, une tour peut avoir un déplacement vertical relatif par rapport à la tour qui la précède dû à une dénivellation ou une hétérogénéité de la planeité du sol, ou un déplacement horizontal dû à la formation de l'angle qui rentre dans le mécanisme de démarrage et d'arrêt des moteurs des tours, pour cela on prévoit des jonctions articulées par cardan extérieur et manchon en caoutchouc armé. On retrouve ce type de joint sur la conduite principale au niveau de chaque tour.

manche, 2pneu



d) Entre la conduite fixe du pivot et la conduite mobile:

On utilise un joint à lèvres . En effet, au cours du fonctionnement, la pression d'eau colle le joint sur les parois de la conduite mobile ce qui assure une bonne étanchéité .

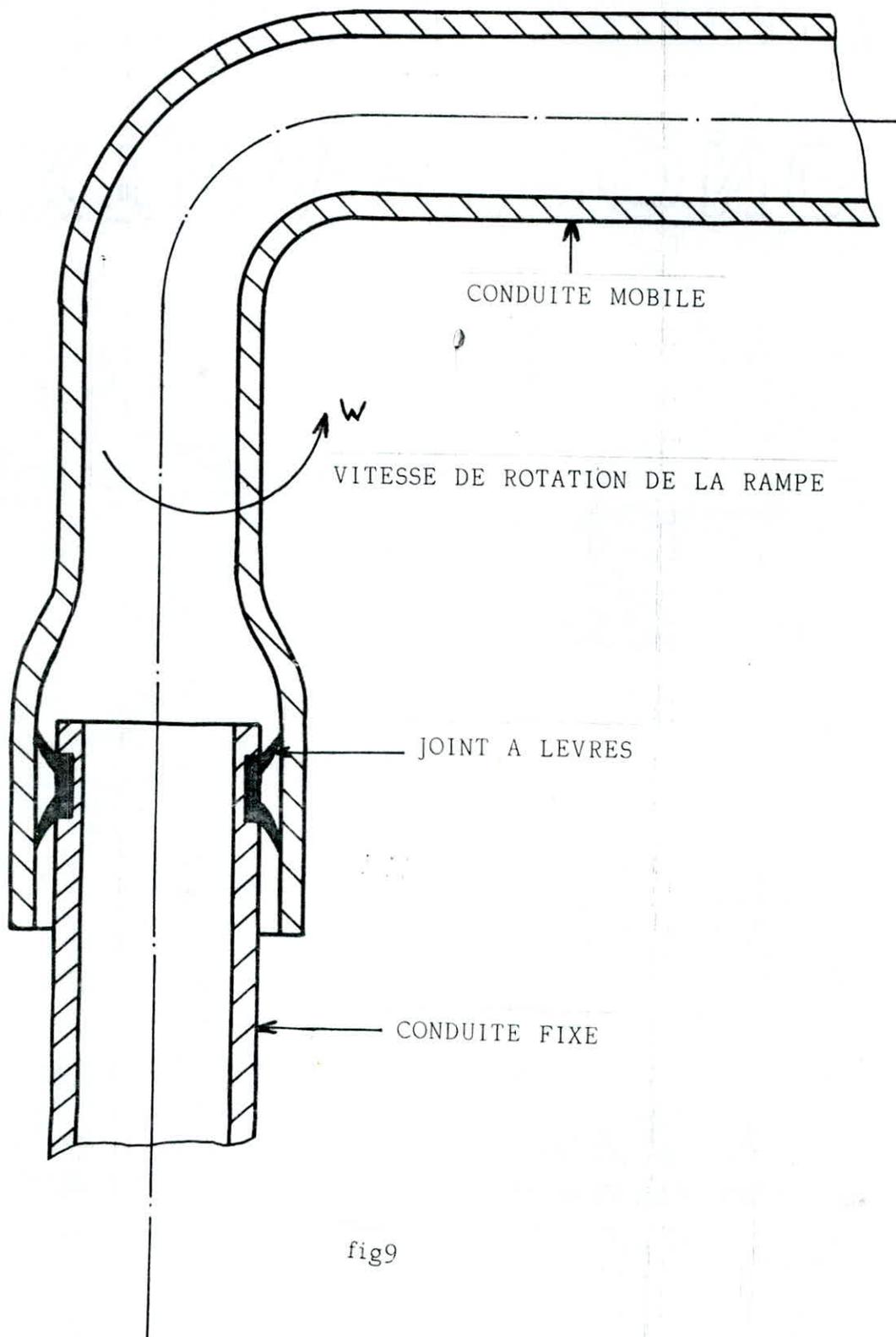


fig9

Chp.2:PROCEDURE DE CALCUL D'UNE RAMPE PIVOTANTE

1- Généralités:

L'exploitant désireux d'acquiescer un système d'irrigation par rampe pivotante doit s'assurer qu'il convient à son sol ,aux cultures qu'il veut pratiquer ,au climat de la région , à la topographie du terrain , aux dimensions de sa ou de ses parcelles .Autrement dit ,pour l'établissement d'un projet d'équipement d'irrigation ,il convient de rassembler les informations suivantes.

- 1- La surface ,la configuration et la topographie des champs.
- 2- Les cultures, leurs besoins de pointe en eau et la profondeur de leur racine
- 3- Le sol ,sa perméabilité ,sa capacité de rétention.
- 4- Les ressources en eau.
- 5- Le régime des vents.

Le calcul d'une rampe pivotante se résume au calcul de débit ,à la détermination de la pression de service d'où le dimensionnement de la pompe d'alimentation, à un calcul agronomique vérificatif tenant compte ,des caractéristiques du sol ,de la culture etc... du calcul de la vitesse de la dernière tour car elle ne doit pas dépasser une vitesse maximum V_{max} ;qui est la vitesse seuil pour les moteurs électriques et réducteurs et ne doit pas être inférieure à une vitesse minimum à partir de la quelle il y a risque de phénomènes de ruissellement et de perte en profondeur. Pour des raisons de consommation d'énergie et de longévité du matériel, il est avantageux d'utiliser la rampe à la vitesse minimum c'est pouquoi on fait ce calcul pour avoir l'ordre de grandeur de la vitesse et une fois , le matériel placé sur champs, ou réctifie cette vitesse à l'aide d'un pluviomètre.

Avant de décrie la procédure de calcul d'une rampe pivotante donnons quelques définitions agronomiques dont les notions interviennent dans les calculs.

2 - Définitions agronomiques:

a) L'efficience:

C'est le rapport entre la quantité d'eau consommée efficacement par les plantes et la quantité d'eau envoyée en tête du réseau, la différence étant perdue par des causes multiples et diverses (par infiltration, évaporation,fuites etc...)

b) Capacité de stokage: ou de rétention.

C'est la quantité maximale d'eau que le sol peut retenir dans les conditions où son drainage (dèssèchement d'un sol humide) se trouve assuré librement; cela

revient à dire que chaque sol représente un réservoir capable de contenir une certaine quantité d'eau que si elle est dépassée l'eau se perd en profondeur.

c) Ruissellement:

ruisseler - uéc, spliquec

Pratiquement, le ruissellement est le phénomène qui apparaît lorsqu'on applique un débit d'eau dont la densité d'aspersion est supérieure à la vitesse de filtration du sol, l'eau stagne en surface et met du temps pour s'infiltrer dans le sol.

(+) des zones sèches

d) Besoin de pointe:

C'est la quantité maximum d'eau à donner à la plante pendant une période déterminée tel que dans les régions chaudes pendant l'été.

3 - Présentation de la méthode de calcul

- 1- Détermination du rayon de couverture .C'est le rayon de la surface circulaire totale à arroser.
 - 2- Détermination des besoins de pointe et de l'efficacité de l'irrigation.
 - 3- Calcul du débit du pivot.
 - 4- Calcul de la durée minimale d'une rotation.
 - 5- Détermination de la dose nette appliquée.
 - 6- Détermination de la vitesse de rotation de l'appareil à partir de laquelle il ya ruissellement.
 - 7- Déduction de la dose maximum qui peut être apportée.
- Faire la vérification si cela ne dépasse pas la capacité de rétention des sols.

4 - Calcul de la rampe pivotante

Soit R_l : Longueur de la rampe en [m]

a : Portée du canon placé au bout de la rampe en [m]

4.1) Rayon de couverture R :

Le rayon de couverture est composé de la longueur de la rampe plus le rayon d'action du canon (portée).

$$R = R_l + a \quad R \text{ en } [m] \quad (2.1)$$

4.2) Besoins de pointe et efficacité de l'irrigation :

Les besoins de pointe en eau pour différentes cultures et divers climats .

P donnée en [mm / jour]

Culture \ Climat	Frais	Modéré	Chaud	Désertique
LUSERNE	5,08	6,35	7,62	8,89
COTON	5,08	6,35	7,62	8,89
PATURAGES	5,08	6,35	7,62	8,89
CEREALES	3,81	5,08	5,59	7,62
POMME-DE-TERRE	3,56	5,08	6,35	7,62
BETTERAVES	5,08	6,35	7,62	8,89

Tableau 1

Les efficacités pour différents climats , E données en [%]

CLIMAT	EFFICIENCE
FRAIS	80
MODERE	75
CHAUD	70
DESERTIQUE	65

Tableau 2

4.3) Débit requis au pivot:

Pour le calcul du débit au pivot , nous avons d'après [2]

$$Q = 0,42 \frac{P \cdot A}{E} \quad (2.2)$$

Q : Débit requis au pivot en $[m^3/h]$

P : Besoin de pivot en $[mm/jour]$

E : Efficacité de l'irrigation en [%]

A : Surface totale à irriguer en [ha]

$$A = \pi \cdot R^2 \cdot 10^{-4}, \quad R \text{ en } [m] \text{ et } A \text{ en } [ha] \quad (2.3)$$

Pour le choix du canon nous devons vérifier que le débit du canon vérifie cette formule .

Or Ac : Superficiè arrosée par le canon est:

$$Ac = \pi (R^2 - R1^2) \cdot 10^{-4} \quad (24)$$

$$d'où \quad Qc = 0,42 \frac{P \cdot \pi \cdot (R^2 - R1^2) \cdot 10^{-4}}{E} \quad (25)$$

4.4) Temps minimum requit pour une révolution complète du pivot.

$$\text{On a:} \quad H = \frac{2 \cdot \pi \cdot R1}{3600 \cdot V} \quad (26)$$

H : Temps pour faire une révolution complète en [h]

$R1$: Longueur de la rampe en [m]

V : Vitesse lineaire de la dernière tour en [m/s]

Le temps minimum H_{min} lui correspond la vitesse maximum V_{max} .

$$H_{min} = \frac{2 \cdot \pi \cdot R1}{3600 \cdot V_{max}} \quad (27)$$

V_{max} est donnée par le calcul de la chaine de transmission

La puissance au niveau de la roue d'une tour est donnée par:

$$P = W \cdot C \quad (28)$$

P : Puissance appliquée en [W]

W : Vitesse angulaire de la roue en [rd/s]

C : Couple en [N/m]

$$\text{et} \quad W = \frac{V}{r} = \frac{\text{vitesse lineaire de la dernière tour}}{\text{rayon de la roue}} \quad (29)$$

Donc si V diminue cela implique que W diminue par conséquent P diminue. Donc on peut diminuer la vitesse lineaire de la dernière tour sans affecter le moteur entrainant la tour ni les réducteurs.

4.5) H auteur nette d'eau appliquée pour une révolution de la tour à la vitesse maximum d'avancement.

$$\begin{aligned} 1 \text{ jour} &= 24 \text{ heures} \longrightarrow P \\ H_{\min} &\longrightarrow D_n \end{aligned}$$

Donc

$$D_n = \frac{H_{\min} \cdot P}{24} \quad (2.10)$$

4.6) La vitesse minimum d'avancement du système à partir de laquelle l'application de l'eau commence à provoquer un ruissellement est déterminée comme suit:

a- Calcul de la pluviométrie maximum :

Cette pluviométrie est calculée au niveau de la dernière buse [2] on utilise

$$h_{\max} = K \cdot \frac{Q_s}{R_l \cdot r} \quad (2.11)$$

h_{\max} : Pluviométrie maximum en [mm /h]

Q_s : Débit du pivot en [l/s]

R_l : Longueur de la rampe en [m]

r : Rayon de couverture de la dernière buse en [m]

K : Constante . $K = 4584$

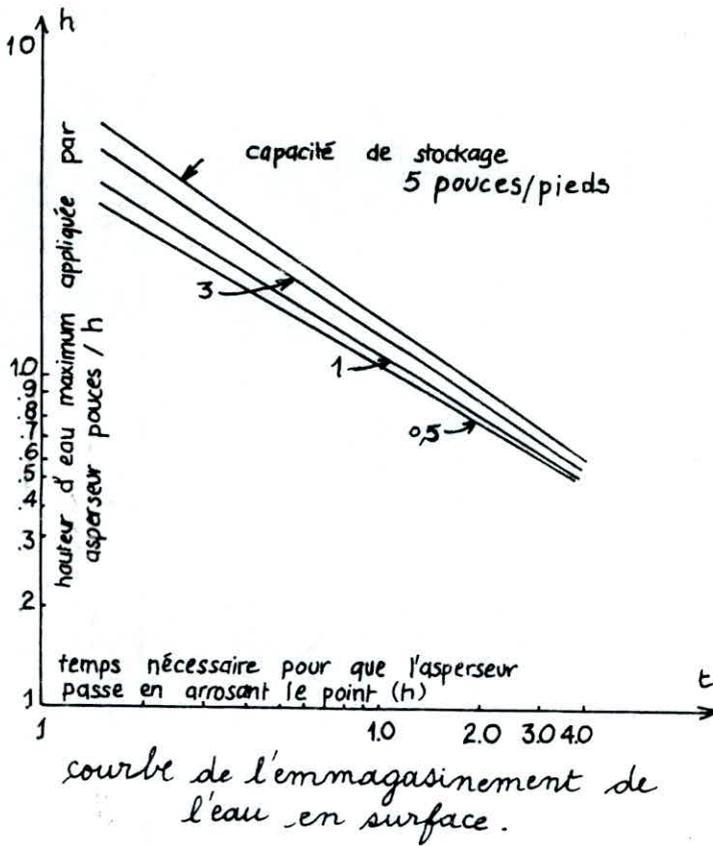
b- Capacité de stockage en eau du sol :

Donnons quelques valeurs de la capacité de stockage en eau du sol:

SOL	Capacité de stockages	
	mm/m	pouces/pieds
Sol légers		
sableux	42,33	0,50
Sols moyens	72,00	0,85
Sols lourds	101,67	1,20

Tableau 3

En utilisant la courbe de l'emmagasinement de l'eau en surface, on détermine le temps nécessaire pour que la dernière buse passe en arrosant le point considéré.



c) Vitesse minimum de la dernière tour:

Comme la buse arrose en cercle donc la distance que parcourt la tour pendant t est de $2r$.

Donc
$$V_{\min} = \frac{2r}{t} \quad (2.12)$$

d'où
$$H_{\max} = \frac{2 \cdot \pi \cdot R_1}{3600 \cdot V_{\min}} \quad (2.13)$$

Vérification : On doit avoir $H_{\max} > H_{\min}$ (calculée en 4.4)
par conséquent

$$V_{\min} < V \text{ (de la tour)} < V_{\max}$$

Si on trouve $V_{\min} > V_{\max}$. On réduit la longueur de la rampe car d'après 4.6 - a

$$h_{\max} = K \frac{Q}{R_1 \cdot r}$$

et d'après 4.3

$$Q = 0,42 \frac{P \cdot \pi \cdot (R_1 + a)^2 \cdot 10^{-4} \cdot 10^3}{E \cdot 3600}$$

d'où
$$h_{\max} = \frac{K \cdot 0,42 \cdot P \cdot \pi \cdot (R_1 + a)^2 \cdot 10^{-1}}{E \cdot 3600 \cdot R_1 \cdot r} \quad (2.14)$$

Pour un projet à étudier on a les facteurs K, P, E , et r respectivement un coefficient, le besoin de pointe, l'efficacité de l'irrigation et le rayon d'aspersion de la dernière buse sont constants donc:

$$h_{\max} = C \cdot \frac{(R_1 + a)}{R_1} \quad (2.15)$$

C : Coefficient constant pour un projet à étudier.

R₁ : Longueur de la rampe

a : Portée du canon

donc $h_{max} = h_{max}(R_1)$

en étudiant les variations de cette fonction on trouve qu'elle décroît pour $0 < R_1 < a$ et croît pour $R_1 > a$. Comme les longueurs des rampes pivotantes sont beaucoup plus grandes que les portées des canons, on est dans la plage $R_1 > a$ donc $h_{max}(R_1)$ est croissante.

alors si R_1 augmente donc h_{max} augmente par conséquent si R_1 diminue alors h_{max} diminue et d'après la courbe de l'emmagasinement de l'eau en surface:

Si R_1 diminue donc h_{max} diminue mais t augmente alors que

$$V_{min} = \frac{2 \cdot r}{t} \text{ d'où } V_{min} \text{ diminue.}$$

En conclusion :

En réduisant la longueur de la rampe on diminue la vitesse minimum par conséquent si on a trouvé $V_{min} > V_{max}$ on réduit la longueur de la rampe et on refait les calculs .

4.7) Hauteur d'eau maximum appliquée dans la zone des racines pour chaque révolution:

La hauteur d'eau appliquée dans la zone des racines dû à la capacité de stockage du sol se calcul d'après [2] :

$$D'n = S \cdot h_p \quad (2.16)$$

D'n : La hauteur d'eau appliquée dans la zone des racines en [mm]

S : Capacité de stockage du sol en [mm/m]

h_p : Profondeur des racines en [m]

Donnant des exemples de récoltes et leurs profondeurs des racines en [m]

RECOLTE	PROFONDEUR des RACINES
LUSERNE	0,90 à 1,80
COTON	1,20
MAIS	0,80
CEREALES	0,16 à 0,80
BETTERAVES	0,60 à 0,90
POMME DE-TERRE	0,60

Tableau 4

Pour qu'il n'y ait pas de perte en profondeur nous devons vérifier que

$$D'n > D_n$$

avec D_n hauteur d'eau appliquée quand la dernière tour tourne à la vitesse V_{min} . or d'après (4.5)

$$D_n = \frac{H_{max} \cdot P}{24}$$

D_n : Hauteur d'eau appliquée en [mm/ révolution]

H_{max} : Temps requis pour faire une révolution de la tour à la vitesse V_{min} . en [h]

P : Besoin de pointe pour le type de culture en [mm/jour]

Si $D'n > D_n$ donc on peut faire tourner la rampe à sa vitesse minimum V_{min} calculer en 4.6 - C. Sinon on augmente la vitesse V de telle manière à avoir

$$D'n > D_n \text{ et } V_{min} < V < V_{max}.$$

Remarque

Mettons les courbes de l'emmagasinement de l'eau en surface sous forme d'équation.

D'après l'allure des courbes, elles ont pour équation

$$h = a t^b \quad \text{avec } b < 0 \quad (2.17)$$

En prenant pour chaque courbe une série de couple (t,h), on détermine les constantes a et b.

$$\begin{array}{ll} \text{Pour } S = 0,50 \text{ pouces / pied} & , \quad h = t^{-0,5830} \\ S = 0,85 \text{ pouces / pied} & , \quad h = 1,1013 t^{-0,6082} \\ S = 1,20 \text{ pouces / pied} & , \quad h = 1,11 t^{-0,6732} \end{array}$$

Pour les calculs, c'est le temps t qu'il faut déterminer de ces courbes connaissant h. :

$$t = \sqrt[b]{h/a} = (h/a)^{1/b} \quad (2.18)$$

$$\begin{array}{ll} \text{d'où pour } S = 0,50 \text{ pouce / pied} & , \quad t = h^{-1,7153} \\ S = 0,85 \text{ pouce / pied} & , \quad t = (h / 1,1013)^{-1,6442} \\ S = 1,20 \text{ pouces / pied} & , \quad t = (h / 1,11)^{-1,4854} \end{array}$$

avec h en [pouces / heures]
t en [heures]

5 Exemple numérique de calcul de rampe pivotante :

Soit une superficie de 11,70 ha à irriguer.

La culture : les céréales

La région : Sud Algerien

On adopte une rampe de 3 modules chacun soit une longueur de $3 \times 55 = 165$ m et on choisit un canon de caractéristiques:

- Portée : 28,1 m
- Pression de service : 3,5 bars
- Débit : $17,40 \text{ m}^3/\text{h}$
- Diamètre de la buse: 15,2 mm
- Référence : RAIN BIRD LPN ELM

$$R1 = 165 \text{ m}$$

$$a = 28,1\text{m}$$

5.1 Rayon de couverture :

$$R = 165 + 28,1 = 193,1 \text{ m}$$

5.2 Besoin de pointe :

$$P. = 7,62 \text{ mm / jour}$$

Efficiencie de l'irrigation

$$E = 65 \%$$

5.3 Surface à arroser :

$$A = \pi \cdot (193,1)^2 \cdot 10^{-4} = 11,71 \text{ ha}$$

Débit requis au pivot

$$Q = 0,42 \cdot \frac{7,62 \cdot 11,71}{0,65} = 57,68 \text{ m}^3/\text{h}$$

Le débit conseillé par le constructeur est de : $17,40 \text{ m}^3 / \text{h}$
 et $Q_c = 15,57 \text{ m}^3 / \text{h}$

$$\text{d'où } 17,40 - 15,57 = 1,83 \text{ m}^3 / \text{h}$$

donc le choix du canon est acceptable .

5.4 Dans le projet concernant le calcul de la chaîne de transmission , la vitesse linéaire pour laquelle les calculs ont été faits est de $V = 0,036 \text{ m/s}$
 La vitesse de sécurité pour les moteurs électriques et réducteurs sera prise alors comme étant :

$$V_{\max} = 0,036 \text{ m /s}$$

$$\text{d'où } H_{\min} = \frac{2 \cdot 165}{3600 \cdot 0,036} = 8 \text{ heures}$$

5.5 Hauteur nette d'eau appliquée pour une révolution de la rampe à la vitesse maximum.

$$D_n = \frac{8 \cdot 7,62}{24} = 2,54 \text{ mm / révolution}$$

5.6 Calcul de la vitesse minimum .

a) Calcul de la pluviométrie maximum.

$$r = 6 \text{ m (voir chp 4 page 34)}$$

$$h_{\max} = 4584 \frac{57,68 \cdot 10^3}{3600 \cdot 16500 \cdot 6} = 74,19 \text{ mm/h} = 2,92 \text{ pouces /h}$$

b) Capacité de stockage en eau du sol :

Pour un sol léger sableux , $S = 42,33 \text{ mm/m} = 0,5 \text{ pouces / pieds}$

Le temps nécessaire pour que la dernière buse passe en arrosant le point considéré est :

$$\text{pour } h = 2,92 \text{ pouces /h} \quad \text{et} \quad S = 0,5 \text{ pouces /pieds}$$

$$t = 0,16 \text{ h}$$

c) Vitesse minimum de la dernière tour :

$$V_{\min} = \frac{2 \cdot 6}{0,16} = 75 \frac{\text{m}}{\text{h}} = 0,0208 \text{ m /s}$$

Temps requit pour une révolution :

$$H_{\max} = \frac{2 \cdot \pi \cdot 165}{3600 \cdot 0,0208} = 13,82 \text{ h}$$

5.7 Hauteur d'eau maximum appliquée dans la zone des racines pour chaque révolution :

Pour les céréales ,la profondeur des racines h_p est:

$$h_p = 0,16 : 0,80\text{m} \quad \text{soit} \quad h_p = 0,30\text{m}$$

et on sait $S = 42,33 \text{ mm/m}$
d'où $D'n = 42,33 \cdot 0,30 = 12,70 \text{ mm}$

or D_n : hauteur d'eau appliquée par révolution quand la dernière tour tourne à la vitesse minimum

$$D_n = \frac{13,82 \cdot 7,62}{24} = 4,39 \text{ mm/ révolution}$$

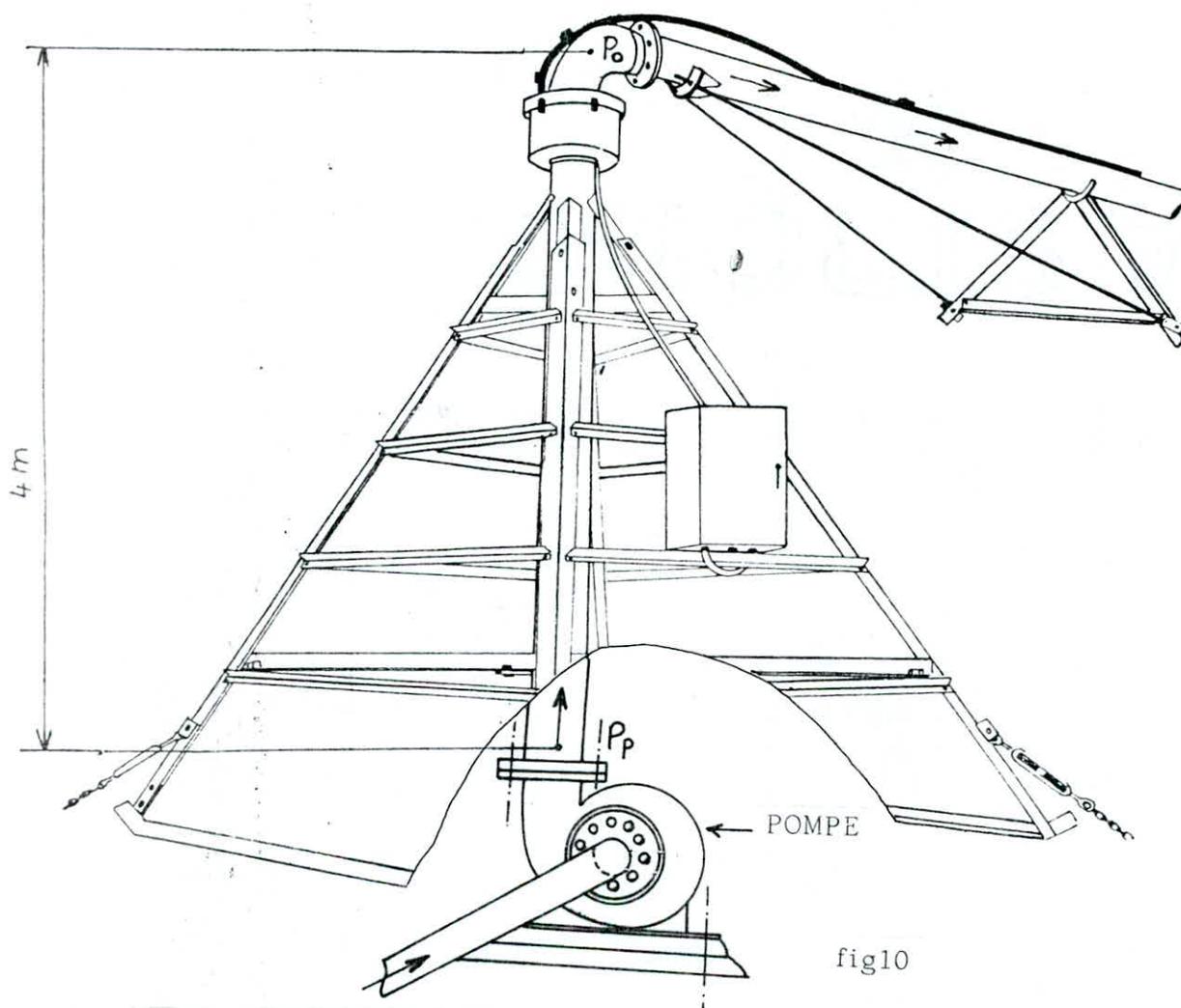
donc on vérifie bien que $D'n > D_n$

donc on peut faire tourner la rampe à la vitesse minimum V_{\min}

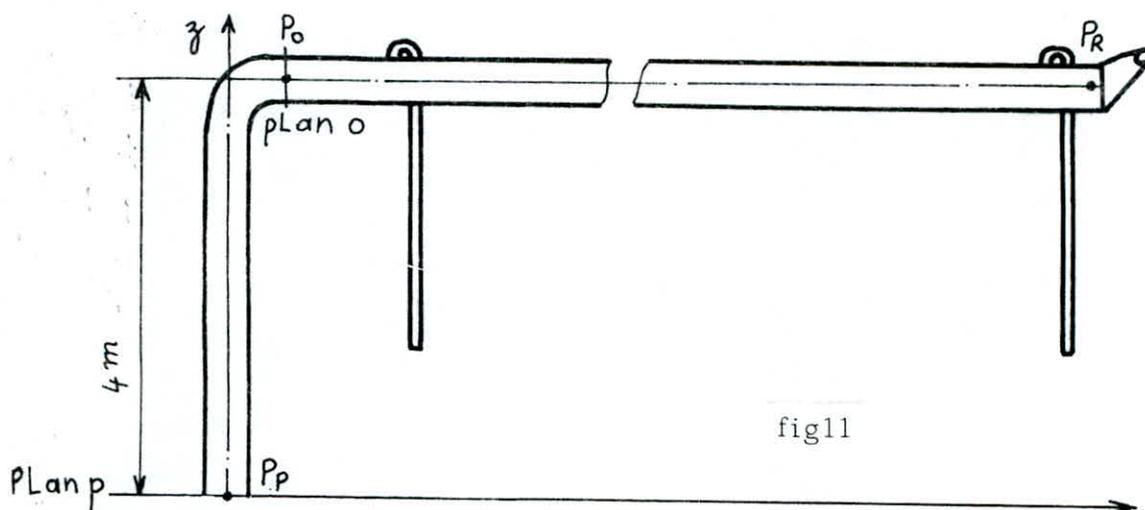
d'où $\text{vitesse de la tour} = V_{\min} = 0,0208 \text{ m/s}$

Chp.3: DETERMINATION DE LA POMPE D'ALIMENTATION

La pompe qui alimente la rampe en eau est une pompe de type centrifuge, elle se situe au pied du pivot fixe. Pour déterminer sa puissance ou sa pression de service nous devons faire un calcul de perte de charge.



Le réseau se schématise par:



P_p : Pression à la sortie de la pompe.

P_o : Pression entête de la rampe.

P_R : Pression de service du canon

Pour la plus parts des rampes pivotantes, on utilise la formule expérimentale [2] suivante:

$$\frac{P_o - P_R}{P_s} = 0,56 \quad (3.1)$$

P_s : Perte de pression due aux pertes de charge dans la rampe sans les conduites secondaires, en conséquences, le débit de passage est celui requis au niveau du pivot fixe.

a) Calcul de P_s :

P_s représente les pertes de charge linéaires (frottement) et les pertes de charge singulières:

Pour la détermination de P_s , utilisons la formule de DARCY-WEISSBACH [6]

$$P_s = \rho g \left(\frac{\lambda \cdot R_L \cdot V^2}{D \cdot 2 \cdot g} + \frac{\varepsilon \cdot V^2}{2 \cdot g} \right) = \frac{\rho \cdot V^2}{2} \left(\frac{\lambda \cdot R_L}{D} + \varepsilon \right) \quad (3.2)$$

R_L : longueur de la rampe

D : Diamètre de la conduite principale $D = 152 \text{ mm}$

λ : Coefficient de perte par frottement

ε : Coefficient de perte singulière

V : Vitesse d'écoulement dans la conduite principale

$$Q = S \cdot V \Rightarrow V = \frac{Q}{S} = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot D^2} = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot (152 \cdot 10^{-3})^2} \quad (3.3)$$

d'où $V = 55,11 \cdot Q \quad (3.4)$

Q : Débit du pivot en $[\text{m}^3/\text{s}]$

V : Vitesse dans la rampe en $[\text{m}/\text{s}]$

Le calcul de λ donné par [6] est tel que :

$$\lambda = f(\bar{\Delta}, Re)$$

Re : NOMBRE de REYNOLDS [3]

$$Re = \frac{V \cdot D}{\nu} \quad (3.5)$$

- ν : Coefficient de viscosité cinématique .
Pour l'eau à 20°C , $\nu = 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$
- V : Vitesse dans la conduite en $[\text{m} / \text{s}]$
- D : Diamètre de la conduite principale . $D = 0,152\text{m}$

$$\text{d'où } Re = \frac{55,11 \cdot Q \cdot 0,152}{10^{-6}} = 8376720 \cdot Q \quad (3.6)$$

$Q \text{ en } [\text{m}^3/\text{s}]$

$\bar{\Delta}$: Rugosité relative des parois de la conduite.

$$\bar{\Delta} = \frac{\Delta}{D} = \frac{\text{hauteur moyenne de la rugosité des parois}}{\text{Diamètre de la conduite}}$$

Pour un tyau en acier galvanisé $\Delta = 0,10$ à $0,15 \text{ mm}$

soit $\Delta = 0,15 \text{ mm}$

$$\text{d'où } \bar{\Delta} = \frac{0,15}{152} = 97 \cdot 10^{-5}$$

$$\text{si } Re \leq 2000 \quad , \quad f = \frac{64}{Re} = \frac{64}{8376720 \cdot Q} \quad (3.7)$$

$$\text{si } Re > 2000 \quad ; \quad f = 0,1 \left(1,46 \cdot \bar{\Delta} + \frac{100}{Re} \right)^{0,25} \quad (3.8)$$

$$f = 0,1 \left(141,62 \cdot 10^{-5} + \frac{1194 \cdot 10^{-8}}{Q} \right)^{0,25}$$

Calcul de ε :

Prenons le cas extrême où tous les modules font simultanément un angle extrême supposé égale à 30° . Calculons alors le coefficient de perte de charge singulière au niveau des jonctions articulées .

Supposons que la rampe contient $n + 1$ modules; ε est donné par [6] est tel que:

$$\varepsilon = n (K_{\Delta} \cdot K_{Re} \cdot \varepsilon_m + \varepsilon_f) \quad (3.9)$$

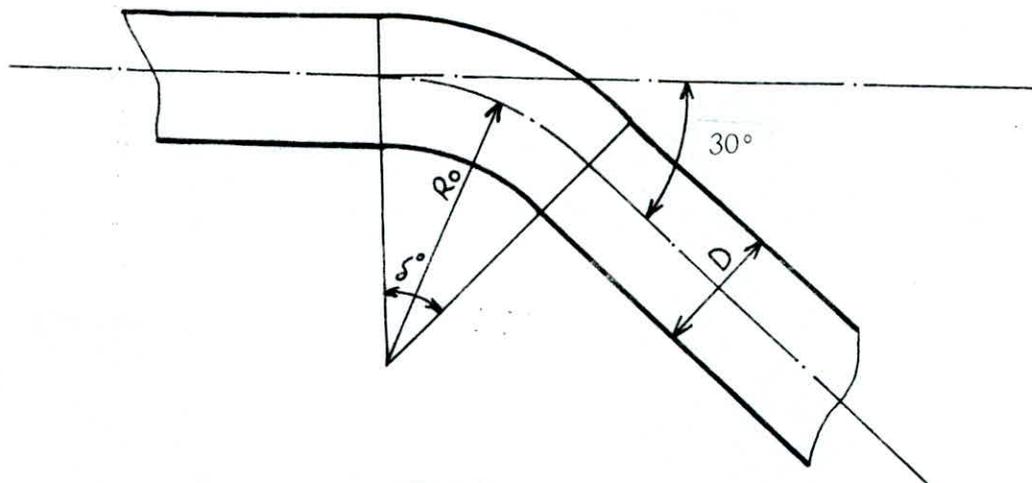
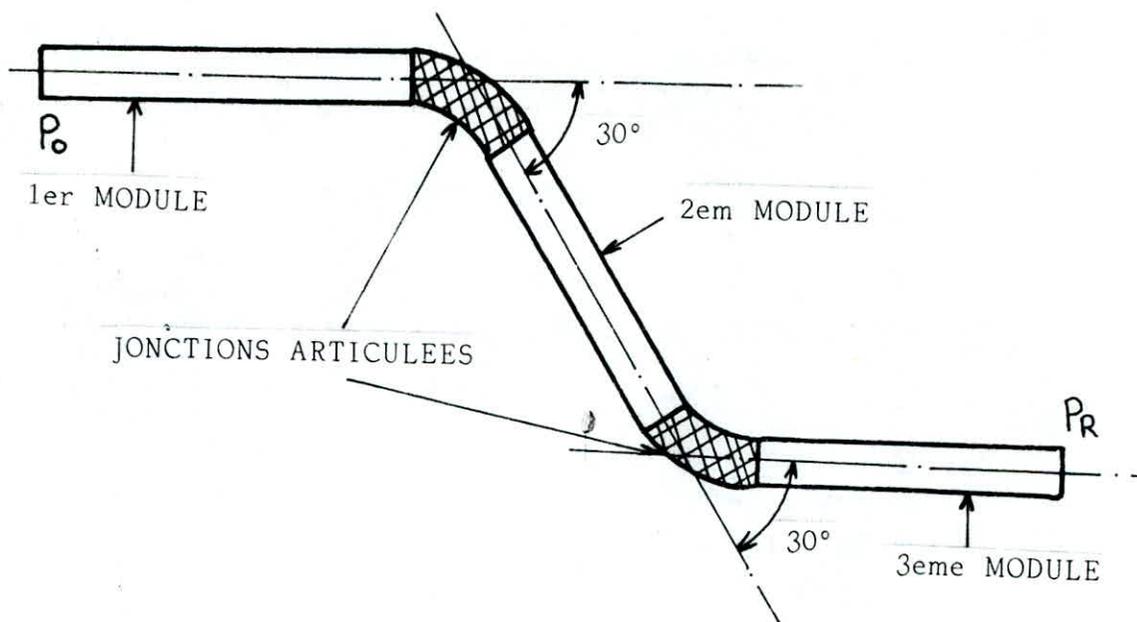


fig12

$$D = 152 \text{ mm}$$

$$R_0 = 500 \text{ mm}$$

$$\delta = 30^\circ$$

$$\frac{R_0}{D} = 3,29$$

$$K_{\Delta} = 1, \quad K_{Re} = 64 \cdot \eta', \quad \varepsilon_m = A_1 \cdot B_1 \cdot C_1 = 0,45 \cdot 0,15 = 0,0675$$

$$\varepsilon_f = 0,0175 \cdot \eta' \cdot \frac{R_0}{D} \cdot \delta = 0,0175 \cdot \eta' \cdot 3,29 \cdot 30 = 1,727 \cdot \eta'$$

Les jonctions articulées sont en caoutchouc donc des parois hydrauliquement lisses d'après [6] :

$$\eta' = \frac{1}{(1,8 \log Re - 1,64)^2} \quad (3.10)$$

$$\text{donc } \varepsilon = n(1,64 \cdot d' \cdot 0,0675 + 1;727 \cdot d') = \frac{6,04698 \cdot n}{(1,8 \log (837672^\circ Q) - 1,64)^2}$$

$$\text{d'où } P_s = \frac{10^3 \cdot (55,11 Q)^2}{2} \left[\frac{d \cdot R}{0,152} + \frac{6,04698 \cdot n}{(1,8 \log (837672^\circ Q) - 1,64)^2} \right] \quad (3.11)$$

b) Calcul de P_o :

$$\text{on a } : \frac{P_o - P_R}{P_s} = 0,56 \Rightarrow P_o = 0,56 \cdot P_s + P_R \quad (3.12)$$

c) Calcul de P_p :

P_p : P pompe : pression de service de la pompe .

Appliquons l'équation de BERNOULLI entre le plan P et le plan 0 (voir fig 11)

$$P_p + \rho \cdot g \cdot z_p + \frac{1}{2} \rho v_p^2 = P_o + \rho \cdot g \cdot z_o + \frac{1}{2} \rho v_o^2 + \varepsilon_{p-0} \quad (3.13)$$

$$z_p = 0, \quad v_p = v_o, \quad z_o = 4 \text{ m}$$

$$\varepsilon_{p-0} = \frac{\rho v^2}{2} \left(\frac{d \cdot z_o}{D} + \varepsilon' \right) = \frac{10^3 (55,11 Q)^2}{2} (d \cdot 26,32 + \varepsilon')$$

$$\varepsilon_{p-0} = 1518556,05 (26,32 \cdot d + \varepsilon') \cdot Q^2 \quad (3.14)$$

$$\varepsilon' = K_\Delta \cdot K_{R_e} \cdot \varepsilon'_m + \varepsilon'_f = 1,64 \cdot d \cdot A_1 \cdot B_1 \cdot C_1 \quad (3.15)$$

$$\frac{R_o}{D} = \frac{200}{152} = 1,3 \Rightarrow B_1 = 0,19, \quad A_1 = 1, \quad C_1 = 1$$

$$\varepsilon'_f = 0,0175 \cdot d \cdot \frac{R_o}{D} \cdot \delta^\circ = 2,0475 \cdot d$$

$$\varepsilon' = 64 \cdot d \cdot 0,19 + 2,0475 \cdot d = 14,207 \cdot d$$

$$\text{d'où } \varepsilon_{p-0} = 1518556,05 (26,32 \cdot d + 14,207 \cdot d) \cdot Q^2$$

$$\varepsilon_{p-0} = 61536127,12 \cdot Q^2 \cdot d$$

$$\text{donc } P_p = 0,56 \cdot P_s + P_R + 4 \cdot 10^4 + 61536127,12 \cdot Q^2 \cdot d \quad (3.16)$$

or si la rampe contient $n + 1$ modules

donc $R_L = l \cdot (n + 1)$ comme la longueur d'un module est $55 \text{ m} = l$

$$\text{donc } n = \frac{R_L - 55}{55} \quad (3.17)$$

$$\text{d'où } P_p = 850,39 \cdot 10^3 \cdot Q^2 \cdot \left[6,579 \cdot \eta \cdot R_L + \frac{6,04698 \cdot (R_L - 55)}{55 (1,81 \log(8376720Q) - 1,64)^2} \right] + P_R + 4 \cdot 10^4 + 61536127,12 \cdot Q^2 \cdot \eta \quad (3.18)$$

$$\text{avec si } 8376720 \cdot Q \leq 2000, \quad \eta = \frac{64}{8376720 \cdot Q}$$

$$\text{et si } 8376720 \cdot Q > 2000, \quad \eta = 0,1(141,62 \cdot 10^{-5} + \frac{1194 \cdot 10^{-8}}{Q})^{0,25}$$

Q : Débit principal du pivot en $[\text{m}^3/\text{s}]$

R_L : Longueur de la rampe en $[\text{m}]$

P_R : Pression de service du canon en $[\text{Pa}]$

avec cette formule on peut déterminer la pression P_p de la pompe à utiliser connaissant les grandeurs P_R, R_L, Q . Q est déterminé dans chp 2..

d) Exemple de calcul de pompe:

Pour l'exemple précédent (page 22)

$$Q_s = Q/3600 = 57,63 / 3600 = 0,016 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Re = 8376720 \cdot 0,016 = 134027,52 > 2000$$

$$\text{donc : } \eta = 0,1(141,62 \cdot 10^{-5} + \frac{1194 \cdot 10^{-8}}{0,016})^{0,25} = 0,0216$$

$$\text{d'où : } P_p = 850,39 \cdot 10^5 (0,016)^2 \left[6,579 \cdot 0,0216 \cdot 165 + \frac{0,11 \cdot 165}{(1,81 \cdot 134027,52 - 1,64)^2} \right] + 3,5 \cdot 10^5 + 4 \cdot 10^4 + 61536127,12 \cdot (0,016)^2 \cdot 0,0216$$

d'où

$$P_p = 395513,34 \text{ Pa} \simeq 3,96 \text{ bars.}$$

et connaissant le débit $Q = 57,68 \text{ m}^3/\text{h}$.

On choisit la pompe KRG 1H 65 /200/25/oA N° 4

Construite par E.N.P.M.H au complexe Pompes-Vannes de BERROUAGHIA .

Les caractéristiques de cette pompe sont:

- Débit nominal : 70 m³/h
- Hauteur d'élévation nominale : 35 m
- Vitesse de rotation nominale : 2900 tr /min.
- Poids nue : 119 Kg
- Rendement maximum : 0,71

La puissance de cette pompe est calculée à partir de :

$$P = \frac{\rho \cdot g \cdot H \cdot Q}{\eta} \quad (3.19)$$

ρ : Masse volumique de l'eau . $\rho = 1000 \text{ Kg /m}^3$

g : Accélération gravitationnelle $g = 9,81 \text{ m /s}^2$

Q : Débit qui traverse la pompe en $[\text{m}^3/\text{s}]$

H : Hauteur de colonne d'eau dont est capable la pompe . $H \equiv P_p \cdot H$ en $[\text{m}]$

η : Rendement de la pompe en $[\%]$

P : Puissance à transmettre à l'arbre de la roue de la pompe . P en $[\text{W}]$

Pour $Q = 57,68 \text{ m}^3/\text{h}$ correspond $\eta = 0,65$

$$\text{donc } P = \frac{10^3 \cdot 9,81 \cdot 0,016 \cdot 39,60}{0,65} = 9,65 \text{ Kw}$$

Cette pompe sera entraînée par le moteur électrique dont les caractéristiques seront :

- Puissance nominale : 11 Kw
- Vitesse de rotation : 3000 tr /min
- Nombre de pôles : 2
- Vitesse nominale : 2940 tr /min
- Rendement : 87%
- Facteur de puissance ,cos ϕ : 0,86
- Courant nominal sous 380 V : 22,5 A
- Poids net : en viron 89KG
- Classe d'isolation : F
F (contre humidité élevée)

Ce moteur électrique est construit par E.N.E.L au complexe M.E.I de AZAZGA

Chp.4: ETUDE DE BUSAGE D'UNE RAMPE PIVOTANTE

1 Généralités:

Deux solutions sont employées pour la répartition des buses sur les rampes pivotantes.

1°) Solution:

On utilise un même type de buse mais les espacements sont de plus en plus serrés en s'éloignant du pivot.

Les avantages de cette solution sont:

- Economie de buse (on utilise un seul type).
- Meilleure pulvérisation.
- Faible intensité de l'arrosage.

Les inconvénients de cette solution sont:

- Forte pression de service.
- Complexité pour placer les conduites secondaires à cause du calcul de l'espacement entre buses (fig.13 N°1).

2°) Solution:

On utilise le même espacement entre les buses qui sont différentes; on peut remarquer que plus on s'éloigne du pivot, plus la surface à irriguer par chaque buse augmente, donc le débit augmente, d'où la section de passage de l'eau (diaphragme) augmente.

Les avantages de cette solution sont:

- Pluviométrie de gouttelette de taille moyenne à assez grande (cela évite le phénomène d'évaporation et de la dérive par le vent ,c'est le cas du Sud ALGERIEN).

- Faible pression de service.

Les inconvénients de cette solution sont:

- Peu recommandée pour des sols à structure fragile (fig.13 N°2) .

Pour une même buse, on peut avoir plusieurs couples "débit - pression" ce qui permet de réaliser des abaques qui donnent en abscisse le débit et en ordonnée la pression.

L'homogénéité de l'arrosage est assurée par les déflécteurs qui ont une forme conique. On remarque d'après la fig.13 qu'il y a interférence des cercles d'arrosage assurés par chaque buse. La forme des déflécteurs (conicité) est élaborée expérimentalement sur champ.

En faisant varier la forme du déflécteur, on mesure le rayon d'arrosage et on étudie l'homogénéité de la pluviométrie grâce à un pluviomètre en tenant compte de plusieurs paramètres tels que la densité d'aspersion, la grosseur de la goutte ect...

Pratiquement dans la plus parts des rampes, les dernières buses assurent un rayon de couverture de 6 mètres.

2 Détermination de la répartition des buses sur la rampe.

1) Méthode de busage des rampes pivotantes:

- On fait l'étude théorique de la variation de la pression le long de la conduite principale ce qui revient à étudier les pertes de charge dans la conduite.

- On dispose des buses et de leurs caractéristiques "débit - pression".

- Connaissant le débit des buses et des tronçons de conduites (compris entre buses), la perte de charge linéaire de la rampe et la pression au pivot, on calcul exactement les pressions et les débits aux droits des buses (qui peuvent alors différer des caractéristiques (débit - pression)).

- Si on n'obtient pas des couples "débit-pression" proches des caractéristiques des buses, on refait les calculs en, changeant les données de base tel que la pression au pivot, le débit total, la vitesse de rotation de la dernière tour ect... d'où un calcul par itération.

Remarque:

Toute cette recherche est maintenant réalisée à l'aide d'ordinateurs. Les constructeurs de rampes pivotantes disposent du concours d'un centre de calcul auquel ils font parvenir les données du projet recueillies sur le terrain tel que le type d'organe d'aspersion le type de répartition des organes sur la rampe le type de culture, la pluviométrie, le type de sol (ect....le programme de calcul

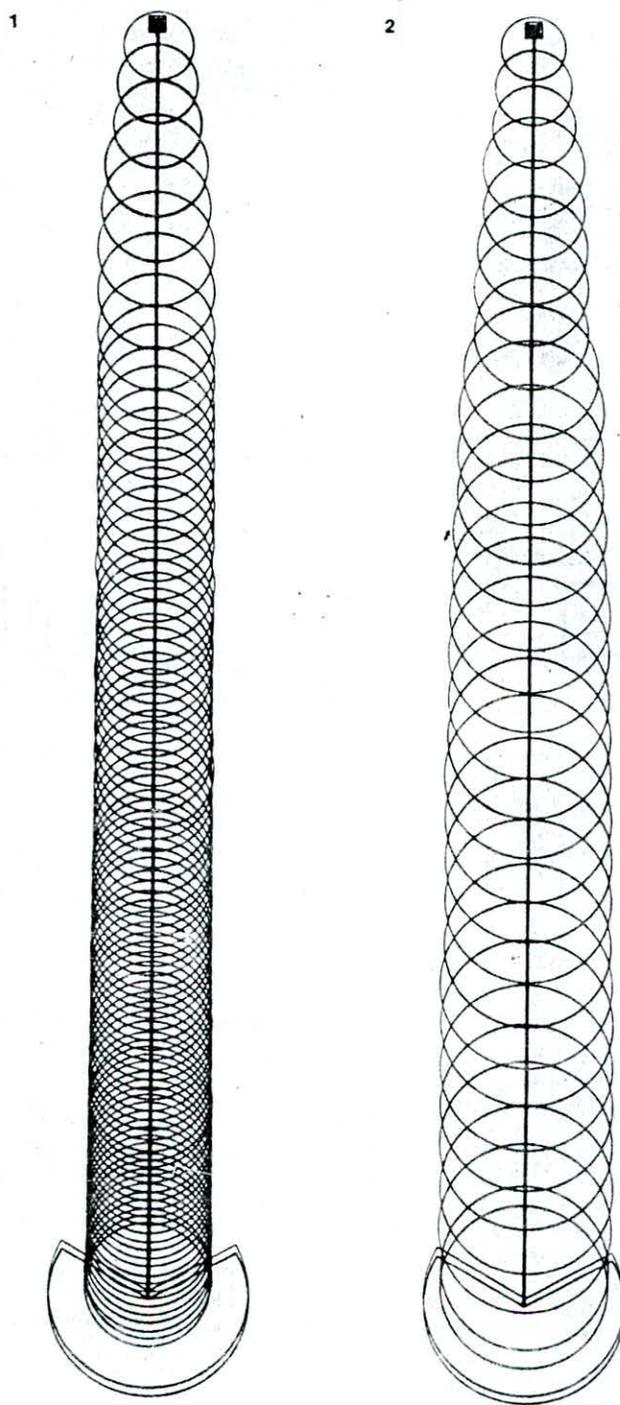


fig13

pour notre rampe, on choisit la 2eme solution qui a surtout l'avantage d'être économique du point de vue réalisation, en effet:

- Les conduites constituant la conduite principale sont identiques et liées par bridage.
- Le type de culture, de climat ect... n'interviennent pas dans la réalisation de ces conduites.
- Les buses (fig. 5.) en matière plastique sont réalisées en serie. Une référence relative au diamètre de passage est portée sur chaque buse. Cette référence nous renseigne sur les caractéristiques de fonctionnement "débit-pression"

sélectionne les buses puis il procède aux ajustements successifs des différents éléments.

2) Calcul des débits:

2.1) Débit au pivot:

C'est le débit refoulé par la pompe comme il a été vu précédemment (chp 2 page 15)

$$Q = 0,42 \frac{P \cdot A}{E} \quad (4.1)$$

P : Besoin de pointe en [mm/jour]

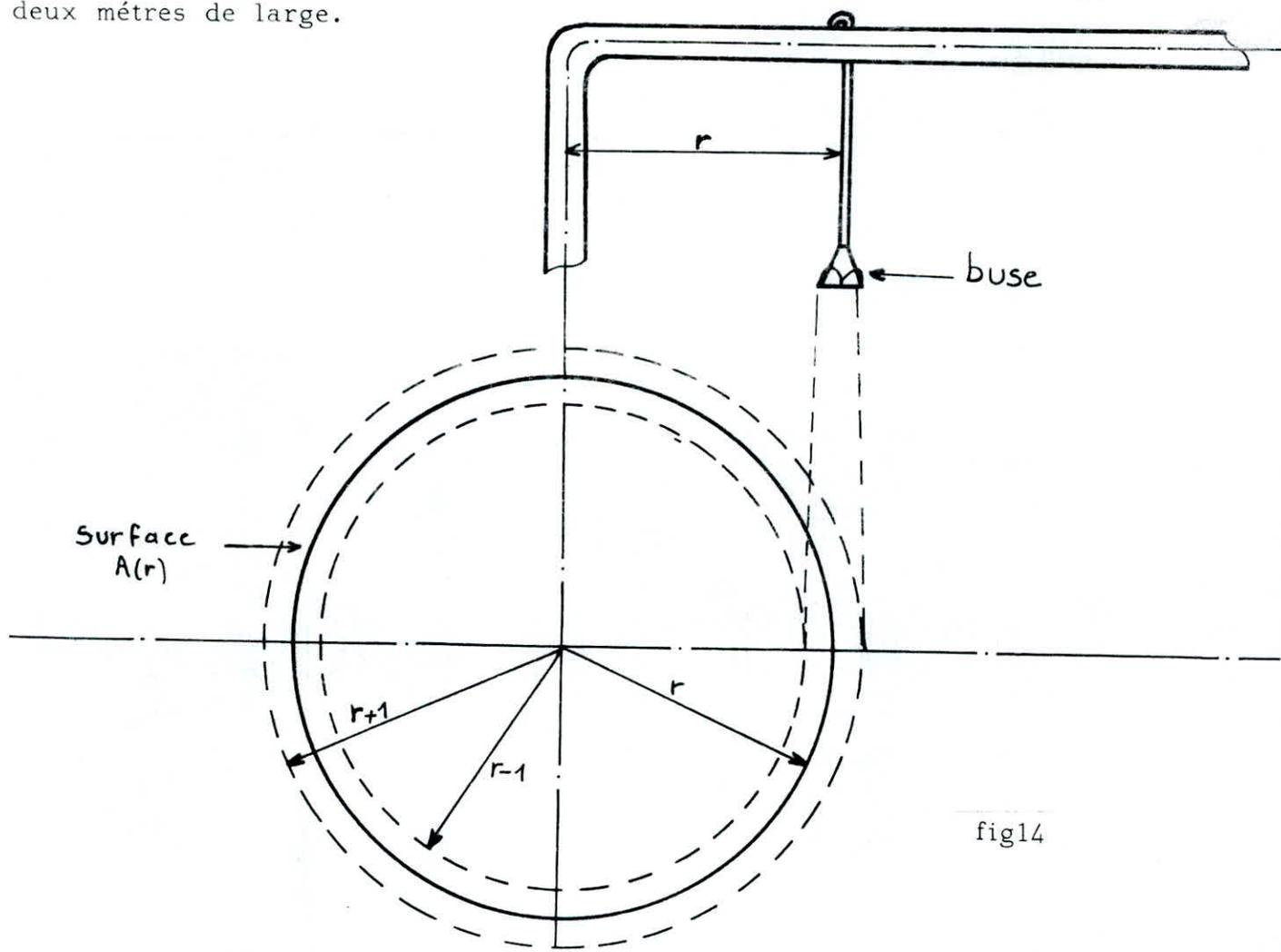
A : Surface à irriguer en [ha]

E : Efficience de l'irrigation en [%]

Q : Débit en [m³/h]

2.2) Débit au niveau de chaque buse:

Déterminons le débit à travers chaque buse en fonction de sa distance r du pivot. Les buses sont espacées de deux mètres l'une de l'autre donc, pour l'apport en eau sur le terrain, chaque buse doit assurer la couverture d'une couronne de deux mètres de large.



Appliquons pour la surface $A(r)$ l'expression du débit:

$$Q(r) = 0,42 \frac{P \cdot A(r)}{E} \quad (4.2)$$

$$\text{Or } A(r) = \left[\pi \cdot (r+1)^2 - \pi \cdot (r-1)^2 \right] \cdot 10^{-4} = 4 \cdot \pi \cdot r \cdot 10^{-4} \quad (4.3)$$

$$\text{D'où } Q(r) = 0,42 \frac{P \cdot 4 \cdot \pi \cdot r \cdot 10^{-4}}{E} = \frac{5,28 \cdot P \cdot r \cdot 10^{-4}}{E} \quad (4.4)$$

$$Q(r) \text{ en } \left[\frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right] \text{ et } r \text{ en } [\text{m}]$$

Remarque:

Ce débit $Q(r)$ représente le débit pour une buse se trouvant à la distance r , il représente aussi le débit à travers la conduite secondaire se trouvant à la distance r du pivot.

Comme on doit faire un calcul de pertes de charge, _____ on calcul alors la vitesse et le nombre de REYNOLDS

2.3) Vitesse $V(r)$ à l'intérieur d'une conduite secondaire se trouvant à la distance r du pivot .On sait que:

$$Q(r) = S \cdot V(r)$$

avec S : section intérieure de la conduite secondaire

$$S = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{\pi \cdot (20 \cdot 10^{-3})^2}{4} = \pi \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \quad (4.5)$$

$$\text{d'où } V(r) = \frac{Q(r)}{\pi \cdot 10^{-4}} = \frac{5,28 \cdot P \cdot r \cdot 10^{-4}}{\pi \cdot 10^{-4} \cdot E \cdot 3600} = 4,669 \cdot 10^{-4} \cdot \frac{P \cdot r}{E}$$

$$V(r) = 4,669 \cdot 10^{-4} \cdot \frac{P \cdot r}{E} \quad (4.6)$$

$V(r)$: Vitesse dans la conduite secondaire se trouvant à la distance r du pivot . $V(r)$ en $\left[\frac{\text{m}}{\text{s}} \right]$

P : Besoin de pointe de la culture en $\left[\frac{\text{mm}}{\text{jour}} \right]$

E : Efficacité de l'irrigation en $[\%]$

r : Distance de la buse du pivot en $[\text{m}]$

2.4) Nombre de REYNOLDS à l'intérieur d'une conduite secondaire se trouvant à la distance r :

$$Re(r) = \frac{V(r) \cdot d}{\nu}$$

d : Diamètre intérieur de la conduite secondaire:

$$d = 20 \text{ mm}$$

ν : Coefficient de viscosité cinématique .Pour l'eau à 20° C , $\nu = 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$

$$\text{d'où } Re(r) = 4,669 \cdot 10^{-4} \frac{P \cdot r}{E} \cdot 20 \cdot 10^{-3} \cdot 10^6$$

$$\text{donc } Re(r) = 9,338 \cdot \frac{P \cdot r}{E} \quad (4.7)$$

3) Calcul des pressions :

3.1) Pression le long de la conduite principale:

Pour déterminer la pression au niveau de chaque buse, on doit connaître la pression en chaque point de la conduite principale; pour cela, d'après nous devons utiliser l'expression :

$$\frac{P(r) - P_R}{P_0 - P_R} = 1 - \frac{15}{8} \left(x - \frac{2x^3}{3} + \frac{x^5}{5} \right) \quad (4.8)$$

$P(r)$: Pression en un point situé à la distance r du pivot.

P_R : Pression de service du canon

P_0 : Pression en tête du pivot

$$x = \frac{r}{R} = \frac{\text{distance du pivot au point considéré}}{\text{rayon du cercle à arroser}}$$

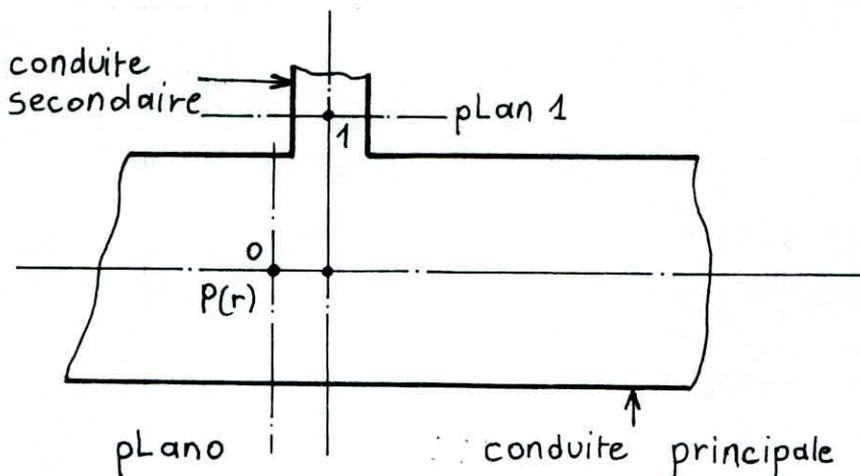
R = longueur de la rampe + rayon d'action du canon

$$\text{d'où } P(r) = (P_0 - P_R) \left[1 - \frac{15}{8} \left(x - \frac{2x^3}{3} + \frac{x^5}{5} \right) \right] + P_R$$

avec P_0 calculée en b chp 3..

$$\text{d'où } P(r) = (P_0 - P_R) \left[1 - 1,875 \left(\frac{r}{R} - \frac{2r^3}{3R^3} + \frac{r^5}{5R^5} \right) \right] + P_R \quad (4.9)$$

3.2) Pression à l'entrée de la conduite secondaire



Appliquons l'équation de BENOULLI entre la section 0 et 1

$$P_0 + \rho \frac{V_0^2}{2} = P_1 + \rho \frac{V_1^2}{2} + \epsilon_{0-1} \frac{V_0^2}{2} \quad (4.10)$$

or $P_0 = P(r)$ calculée en (4.9) et $V_1 = V(r)$

$$\text{d'où } P_1 = P(r) + (1 - \epsilon_{0-1}) \frac{\rho V_0^2}{2} - \frac{\rho V^2(r)}{2} \quad (4.11)$$

Calcul de ϵ_{0-1} . d'après [6]

$$\epsilon_{0-1} = 1 + \left[\frac{Q(r)}{Q_0} \cdot \frac{S}{s} \right]^2 \quad (4.12)$$

$Q(r)$: Débit à travers la conduite secondaire se trouvant à la distance r du pivot

Q_0 : Débit à travers la conduite principale, débit à la distance r du pivot

S : Section de la conduite principale de diamètre $D = 152$ mm

s : Section de la conduite secondaire de diamètre $d = 20$ mm

$$\text{d'où } \epsilon_{0-1} = 1 + \left(\frac{D}{d} \right)^4 \cdot \left[\frac{Q(r)}{Q_0} \right]^2 = 1 + 3336,22 \cdot \left[\frac{Q(r)}{Q_0} \right]^2$$

d'après chp 4 page 37

$$Q(r) = \frac{5,28 \cdot r \cdot P \cdot 10^{-4}}{E} \quad (4.13)$$

$$Q_0 = Q - \sum_{r=2}^{r-2,2} Q(r) \quad , \quad Q \text{ débit total du pivot.} \quad (4.14)$$

$$Q_0 = \frac{0,42 \cdot P \cdot A}{E} - \left[\frac{5,28 \cdot P \cdot 2 \cdot 10^{-4}}{E} + \frac{5,28 \cdot P \cdot 4 \cdot 10^{-4}}{E} + \dots + \frac{5,28 \cdot P \cdot (r-2) \cdot 10^{-4}}{E} \right]$$

$$Q_o = \frac{0,42 \cdot P \cdot A}{E} - \frac{5,28 \cdot 2 \cdot P \cdot 10^{-4}}{E} \cdot \left[1 + 2 + 3 + \dots + \frac{(r-2)}{2} \right]$$

$$Q_o = \frac{0,42 \cdot P \cdot A}{E} - \frac{1,32 \cdot P \cdot 10^{-4} \cdot (r-2) \cdot r}{E}$$

$$\text{d'où } \epsilon_{o-1} = 1 + 3336,22 \cdot \left[\frac{Q(r)}{Q_o} \right]^2 = 1 + 3336,22 \cdot \left[\frac{5,28 \cdot r \cdot 10^{-4}}{0,42A - 1,32 \cdot 10^{-4} \cdot r \cdot (r-2)} \right]^2 \quad (4.15)$$

Calcul de V_o :

$$V_o = \frac{4 \cdot Q_o}{\pi \cdot D^2 \cdot 3600} = 0,0153 \cdot \left[0,42A - 1,32 \cdot 10^{-4} \cdot r \cdot (r-2) \right] \cdot \frac{P}{E} \quad (4.16)$$

Calcul de $V(r)$:

$$V(r) = \frac{4 \cdot Q(r)}{\pi \cdot d^2 \cdot 3600} = 46,69 \cdot 10^{-5} \cdot \frac{P \cdot r}{E} \quad (4.17)$$

3.3) Pression au niveau de chaque buse :

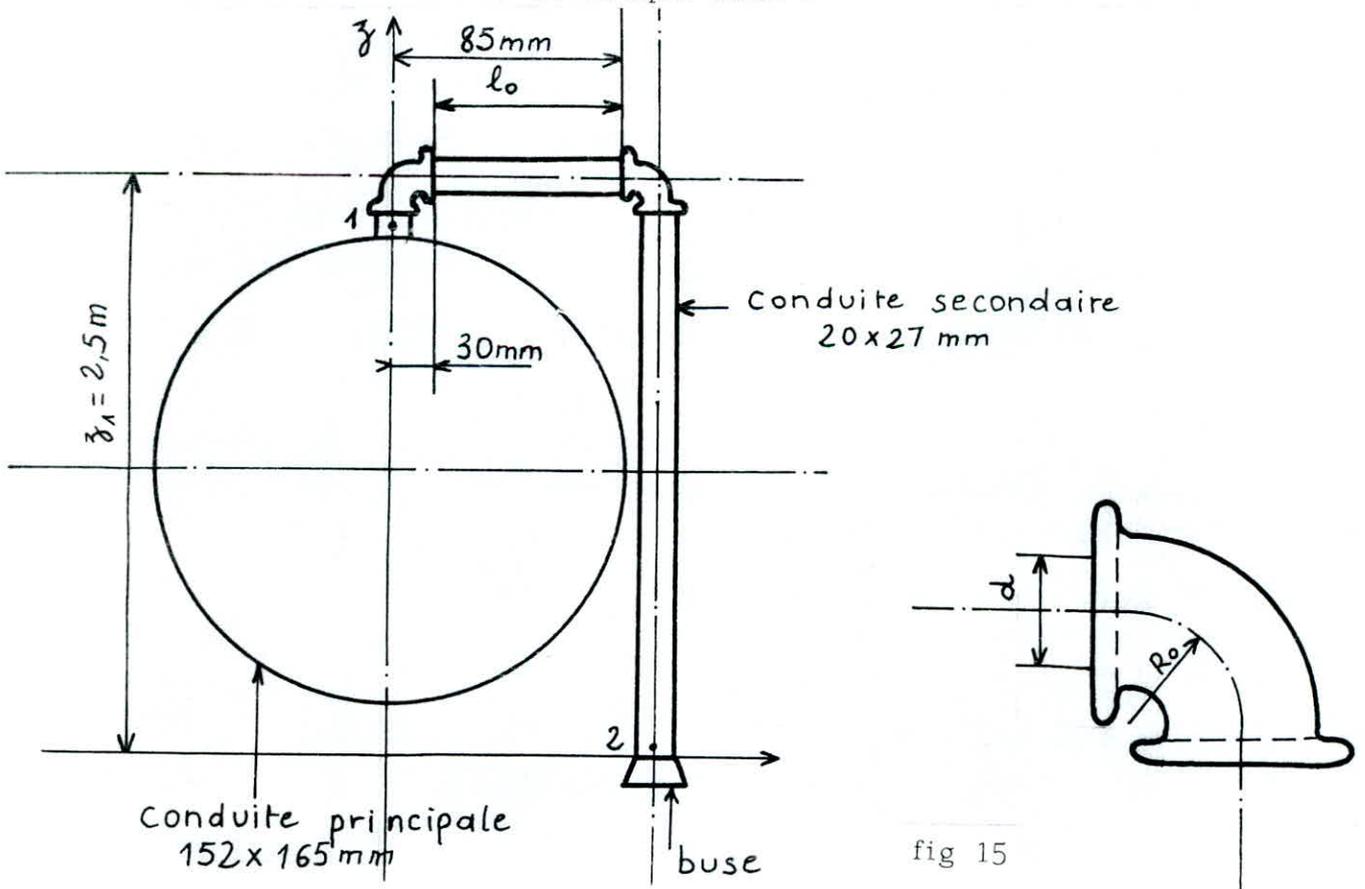


fig 15

Appliquons l'équation de BERNOULLI entre la section 1 et 2.

$$P_1 + \rho \frac{V_1^2(r)}{2} + \rho g z_1 = P_2 + \rho \frac{V_2^2(r)}{2} + \rho g z_2 + \epsilon_{1-2} \quad (4.18)$$

avec $z_2 = 0$, $V_1(r) = V_2(r)$, $P_2 = P_2(r)$: pression au niveau de la buse,
 P_1 : pression calculée en 3.2.

$$\text{d'où } P_2(r) = P_1 + \rho g z_1 - \mathcal{E}_{1-2} \quad (4.19)$$

Calcul de \mathcal{E}_{1-2} , d'après [6]

$$\mathcal{E}_{1-2} = \rho g (\Delta H_f + \Delta H_s) \quad (4.20)$$

$$\Delta H_f = \frac{\rho_1 \cdot L \cdot V(r)^2}{d \cdot 2 \cdot g}, \quad \Delta H_s = \mathcal{E} \cdot \frac{V^2(r)}{2 \cdot g} \quad (4.21)$$

$$\text{d'où } \mathcal{E}_{1-2} = \frac{\rho V(r)^2}{2} \left(\frac{\rho_1 \cdot L}{d} + \mathcal{E} \right)$$

or $V(r) = 46,69 \cdot 10^{-5} \frac{P \cdot r}{E}$, $z_1 = L = 2,5 \text{ m}$, $d = 20 \cdot 10^{-3} \text{ m}$
 et $\rho = 10^3 \text{ Kg/m}^3$

$$\mathcal{E}_{1-2} = 10,9 \cdot 10^{-5} \left(\frac{P \cdot r}{E} \right)^2 (125 \cdot \rho_1 + \mathcal{E})$$

Calculons \mathcal{E} : d'après [6] :

$$\mathcal{E} = A \cdot \mathcal{E}' = A(K_{\Delta} \cdot K_{Re} \cdot \mathcal{E}_m + \mathcal{E}_f) \quad (4.22)$$

voir fig 15

Pour un coude normalisé $\frac{R_0}{d} = \frac{20}{20} = 1$, $\delta^\circ = 90^\circ$

On majore l_0 , $l_0 = 85 \text{ mm}$

$$\frac{l_0}{d} = \frac{85}{20} = 4,25 > 1 \Rightarrow A = 2$$

$$\mathcal{E}_f = \left(\frac{l_0}{d} + 0,035 \frac{R_0}{d} \delta^\circ \right) \cdot \rho_1 = 7,4 \cdot \rho_1$$

$$\mathcal{E}_m = A_1 \cdot B_1 \cdot C_1 = 1,0 \cdot 21 \cdot 1 = 0,21$$

$$K_{Re} = 64 \cdot \rho_1$$

$$\bar{\Delta} = \frac{\Delta}{d} \text{ rugosité relative, } \bar{\Delta} = \frac{0,15}{20} = 0,0075$$

$$\bar{\Delta} > 0,001 \Rightarrow K_{\Delta} = 2$$

$$\text{donc } \mathcal{E} = 2(2 \cdot 64 \cdot \mathcal{A}_1 \cdot 0,21 + 7,4 \cdot \mathcal{A}_1) = 68,56 \cdot \mathcal{A}_1$$

$$\text{d'où } \mathcal{E}_{1-2} = 10,9 \cdot 10^{-5} \left(\frac{P \cdot r}{E} \right)^2 (125 \cdot \mathcal{A}_1 + 68,56 \cdot \mathcal{A}_1)$$

$$\mathcal{E}_{1-2} = 0,021098 \cdot \left(\frac{P \cdot r}{E} \right) \cdot \mathcal{A}_1 \quad (4.23)$$

pour le calcul de \mathcal{A}_1 :

$$\mathcal{A}_1 = f(\bar{\Delta}, Re)$$

$$\text{or } Re = 9,338 \cdot \frac{P \cdot r}{E}$$

$$\text{si } Re \leq 2000, \quad \mathcal{A}_1 = \frac{64}{Re} \quad (4.24)$$

$$\text{si } Re > 2000, \quad \mathcal{A}_1 = 0,1 \left(1,64 \cdot \bar{\Delta} + \frac{100}{Re} \right)^{0,25}$$

$$\mathcal{A}_1 = 0,1 \left(0,011 + \frac{100}{Re} \right)^{0,25} \quad (4.25)$$

$$\text{d'où } P_2(r) = P_1 + 0,25 \cdot 10^{-5} - 0,021098 \left(\frac{P \cdot r}{E} \right) \cdot \mathcal{A}_1 \quad (4.26)$$

Conclusion:

Pour déterminer la pression au niveau d'une buse se trouvant à la distance r du pivot pour une culture, un sol, un climat etc... donnés:

$$P_2(r) = P_1 + 0,25 \cdot 10^{-5} - 0,021098 \left(\frac{P \cdot r}{E} \right) \cdot \mathcal{A}_1$$

avec :

P : Besoin de pointe de la plante en [mm/jour]

E : Efficacité de l'irrigation en [%]

r : Distance exprimée en [m]

\mathcal{A}_1 : Coefficient de perte de charge:

$$Re = 9,338 \cdot \frac{P \cdot r}{E}$$

$$\text{si } Re \leq 2000, \quad \mathcal{A}_1 = \frac{64}{Re}$$

$$\text{si } Re > 2000, \quad \mathcal{A}_1 = 0,1 \left(0,011 + \frac{100}{Re} \right)^{0,25}$$

P_1 : Pression exprimée en [Pa]

$$P_1 = P(r) + (1 - \varepsilon_0 - 1) \frac{\rho \cdot v_0^2}{2} - \frac{\rho \cdot v(r)^2}{2}$$

$$\varepsilon_0 - 1 = 1 + 3336,22 \left(\frac{5,28 \cdot r}{4200 \cdot A - 1,32 \cdot r \cdot (r-2)} \right)^2$$

A : Surface à irriguer exprimée en [ha]

$$v_0 = 0,0153 \left[0,42 \cdot A - 1,32 \cdot 10^{-4} \cdot r \cdot (r-2) \right] \cdot \frac{P}{E}$$

$$v(r) = 46,69 \cdot 10^{-5} \cdot \frac{P \cdot r}{E}$$

ρ : masse volumique de l'eau . $\rho = 1000 \text{ Kg / m}^3$

$$P(r) = (P_0 - P_R) \left[1 - 1,875 \left(\frac{r}{R} - \frac{2 r^3}{3 R^3} + \frac{r^5}{5 R^5} \right) \right] + P_R$$

- P_R : Pression de service du canon d'extrémité en [Pa]

- R : Rayon de la superficie à arroser en [m]

$$- P_0 = 850,39 \cdot 10^3 \cdot Q^2 \left[6,579 \cdot \eta \cdot R_L + \frac{6,05 (R_L - 55)}{55 (1,8 \log(8376720Q) - 1,64)^2} \right] + P_R$$

avec si $8376720 \cdot Q \leq 2000$, $\eta = \frac{64}{8376720 \cdot Q}$

si $8376720 \cdot Q > 2000$, $\eta = 0,1(141,62 \cdot 10^{-5} + \frac{1194 \cdot 10^{-8}}{Q})$, 0,25

Q : Débit principal du pivot en [m³/s]

R_L : Longueur de la rampe en [m]

4) Calcul du diamètre de la pastille de la buse :

La buse placée dans la conduite secondaire se schématise par :

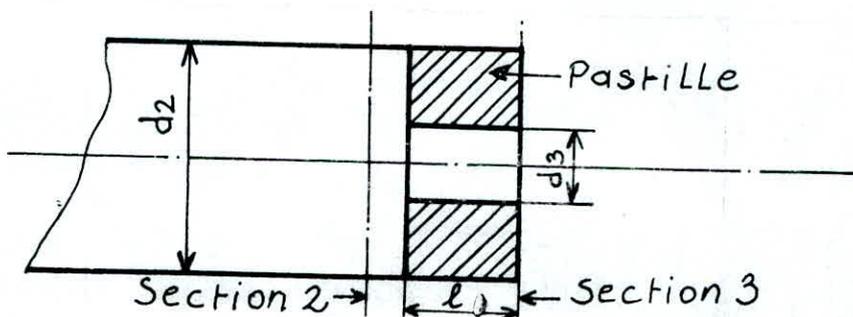


fig 16

Appliquons l'équation de BERNOULLI entre les sections 2 et 3:

Section 2 : section de la conduite secondaire de diamètre $d = 20$ mm

Section 3 : section de la pastille dont le diamètre d_3 est à déterminer.

$$\frac{P_2}{\rho g} + \frac{V_2^2}{2g} = \frac{P_3}{\rho g} + \frac{V_3^2}{2g} + \epsilon_{2-3} \frac{V_3^2}{2g} \quad (4.27)$$

$$\text{or } V_2 \cdot S_2 = V_3 \cdot S_3 \Rightarrow V_3 = V_2 \left(\frac{S_2}{S_3} \right), \quad P_3 = P_{atm}$$

$$\text{et } V_2 = V_2(r), \quad P_2 = P_{atm} + P_2(r)$$

$$\text{d'où } \frac{P_2(r)}{\rho \cdot V_2(r)^2} + 1 = \left(\frac{S_2}{S_3} \right)^2 (1 + \epsilon_{2-3}) \quad (4.28)$$

D'après les résultats des constructeurs de buses, on détermine le nombre de REYNOLDS dans la pastille :

$$Re = \frac{4 \cdot Q \cdot 10^9}{\pi \cdot d_3} \quad (4.29)$$

Re : Nombre de REYNOLDS

d_3 : Diamètre de la pastille en [mm]

Q : Débit à travers la conduite secondaire en [m³/h]

on trouve que $Re > 10^4$. Re moyen = $5 \cdot 10^4$

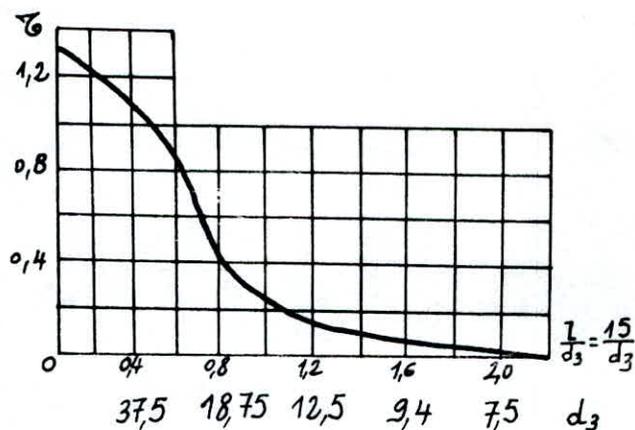
d'où d'après [6] :

$$\epsilon_{2-3} = \left[1 + 0,5 \left(1 - \frac{S_3}{S_2} \right) + \zeta \sqrt{1 - \frac{S_3}{S_2}} + \zeta_2 \frac{l}{d_3} \right] \left(\frac{S_2}{S_3} \right)^2 \quad (4.30)$$

l : Longueur de pastilles : $l = 15$ mm

Déterminons ζ :

$$\zeta = \zeta \left(\frac{1}{d_3} \right) \quad (4.31)$$



Prenons une valeur moyenne pour f_2 :

$$f_2 = 0,1$$

Déterminons f_2 : d'après [6]

$$f_2 = f_2(\bar{\Delta}, Re) \quad (4.32)$$

$\bar{\Delta}$: rugosité relative = $\frac{\text{hauteur des aspérités de la rugosité}}{\text{Diamètre de la pastille}}$

$$\bar{\Delta} = \frac{\Delta}{d_3} \quad (4.33)$$

La pastille est fabriquée en laiton avec un perçage techniquement lisse

donc $\Delta = 0,0015$ à $0,01$ mm

soit $\Delta = 0,00575$ mm

comme $Re > 2000$ donc $f_2 = 0,1 \left(1,46 \cdot \bar{\Delta} + \frac{100}{Re} \right)$

soit $d_3 = d_3$ moyen - le diamètre des pastilles varie de 1 à 20 mm

soit d_3 moyen = 10 mm

donc $\bar{\Delta} = \frac{0,00575}{10} = 0,000575$

d'où la valeur de f_2 moyen :

$$f_2 \text{ moyen} = 0,1 \left(1,46 \cdot 0,000575 + \frac{100}{5 \cdot 10^4} \right) = 0,00231 \quad (4.34)$$

$$\text{donc } \mathcal{E}_{2-3} = \left[1 + 0,5 \left(1 - \frac{S_3}{S_2} \right) + 0,1 \sqrt{1 - \frac{S_3}{S_2}} + \frac{0,03465}{d_3} \right] \left(\frac{S_2}{S_3} \right)^2$$

$$\text{or } \frac{S_3}{S_2} = \left(\frac{d_3}{d_2} \right)^2 = \left(\frac{d_3}{20} \right)^2 = \frac{d_3^2}{400}$$

$$\text{d'où } \mathcal{E}_{2-3} = \left[1,5 - \frac{d_3^2}{800} + 0,1 \sqrt{1 - \frac{d_3^2}{400}} + \frac{0,03465}{d_3} \right] \frac{16 \cdot 10^4}{d_3^4}$$

$$\text{d'où } \frac{P_2(r)}{\rho \cdot V_2(r)^2} + 1 = \frac{16 \cdot 10^4}{d_3^4} \left[1 + \left(1,5 - \frac{d_3^2}{800} + 0,1 \sqrt{1 - \frac{d_3^2}{400}} + \frac{0,03465}{d_3} \right) \frac{16 \cdot 10^4}{d_3^4} \right] \quad (4.35)$$

ou a : $P_2(r)$ et $V_2(r)$ connus donc pour la détermination de d_3 on procède par itération à l'aide d'un programme réalisé sur ordinateur.

ainsi $f(r) = \frac{P_2(r)}{\rho \cdot V_2(r)^2}$ fonction de r distance au pivot :

$f(r) = g(d_3)$ ainsi le diamètre de la pastille est trouvé en fonction de la distance r de la buse au pivot fixe .

Chp.5: APPLICATION NUMERIQUE

Nous présentons dans ce chapitre, l'organigramme du programme conçu pour faire cette étude et un commentaire pour pouvoir suivre chaque étape de calcul.

Nous donnons aussi les résultats pour l'exemple numérique traité

Chap 2 concernant:

- Culture : les céréales
- Région : Sud Algerien
- Superficie : 11.71 ha
- Longueur de la rampe : 3 modules de 55 m = 165 m

```

40   Hmax=2*3.141592654*R1/(3600*vmin)
      DN=Hmax*Pt/24.
      BP=S*hp
      IF(DP.GT.DN) GOTO 50
      Vmin=Vmin+0.004
      GOTO 60
50   Rel=837672.*Qs
      IF(Rel.LT.2000.) GOTO 70
      AL1=0.1*(141.62*1E-5+(1194.*1E-8)/Qs)**0.25
      GOTO 80
70   AL1=64./Rel
80   Y=850.39E+3*Qs*Qs
      Po=Y*(6.579*AL1*R1+0.11*(R1-55.)/(1.8*ALOG10(Rel)-1.64)**2)+Pr
      Pp=Po+4E+4+61544960.*AL1*Qs**2
      DO 201 I=2,R1-1.,2
      Q(I)=(5.28*Pt*I*1E-4)/X
      EPS(I)=1+3336.22*(5.28*I/(4200.*A-1.32*I*(I-2)))**2
      VO(I)=0.0153*(0.42*A-1.32*1E-4*I*(I-2))*Pt/X
      V(I)=46.69*1E-5*Pt*I/X
      P(I)=(Po-Pr)*(1.-1.875*(I/R-0.66*(I/R)**3+(I/(5*R))**5))+Pr
      P1(I)=P(I)+(1.-EPS(I))*500.*VO(I)*VO(I)-500.*V(I)*V(I)
      Re2(I)=9.338*Pt*I/X
      IF(Re2(I).LE.2000.) GOTO 100
      AL2(I)=0.1*(0.011+100./Re2(I))**0.25
      GOTO 110
100  AL2(I)=64./Re2(I)
110  P2(I)=P1(I)+0.25E+5-0.02109*I*AL2(I)*Pt/X
      C(I)=P2(I)/(1000.*(V(I)**2))+1.
      DO 120 D=1,20,0.01
      F(D)=16.E+4/(D**4)

      G(D)=1.5-D*BP/300.+0.1*SQRT(1.-D**2/400.)+0.03465/(D**3)
      B(D)=F(D)*(1.+G(D)*F(D))
      T(I)=C(I)-B(D)
      IF(T(I).GT.0) GOTO 200
120  CONTINUE
200  W(I)=D
      WRITE(6,33)(I,P2(I),Q(I),w(I))
33   FORMAT(4X,1H!,3X,13,3X,1H!,2X,F10.2,2X,1H!,2X,F7.5,2X,1H
1!,1X,F7.4,1H!)
      WRITE(6,99)
99   FORMAT(4X,47(1H-))
201  CONTINUE
      WRITE(6,23)
23   FORMAT(/' CARACTERISTIQUES DE LA POMPE D ALIMENTATION'/)
      WRITE(6,16) Pp
16   FORMAT(4X,'-VALEUR DE LA PRESSION "Pp" EN (Pa)           =>'F10.2)
      WRITE(6,11) Qt
11   FORMAT(4X,'-VALEUR DU DEBIT TOTAL "Qt" EN (m**3/s)      =>'F10.3)
      WRITE(6,13) Vmin ;
13   FORMAT(/4X,'VITESSE D AVANCEMENT DE LA TOUR EN (m/s)=>'F7.5/)
      WRITE(6,77) R1
77   FORMAT(/4X,'LONGEUR DE LA RAMPE EN (metres)             =>'F6.1/)
      STOP
      END

```

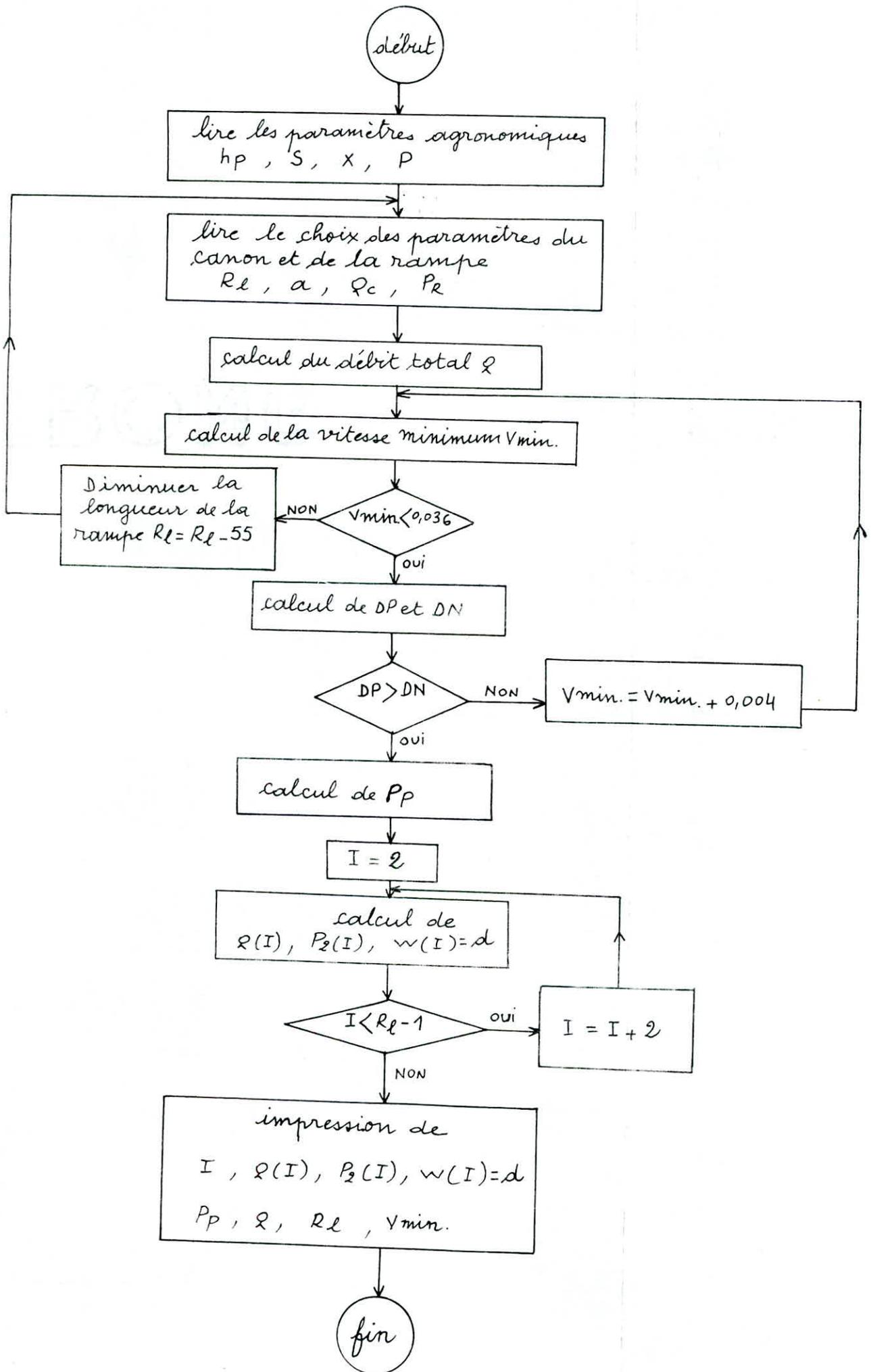
```

c *****
c *PROGRAMME POUR LE CALCUL DES PARAMETRES VARIABLES D UNE RAMPE PIVOTANTE
c *****

DIMENSION EPS(1000),VO(1000),V(1000),P(1000),P1(1000),Re2(1000)
DIMENSION AL2(1000),P2(1000),C(1000),G(1000),B(1000)
DIMENSION F(1000),T(1000),Q(1000),W(1000)
OPEN(UNIT=6,FILE='OUI.S.DAT',STATUS='NEW')
WRITE(6,12)
12  FORMAT(4X,47(1H*))
WRITE(6,2)
2   FORMAT(4X,' I (m) * P2 (Pas) * Q(m/h) * d(mm) *')
WRITE(6,14)
14  FORMAT(4X,47(1H*))
PRINT 1
1   FORMAT(2X,'DONNER LA VALEUR DU BESOIN DE POINTE "P" EN(mm/jour)='
1   ,'$)
READ*,Pt
PRINT 3
3   FORMAT(2X,'DONNER LA VALEUR DE L EFFICIENCE "E" EN (%)=',$)
READ*,X
PRINT 4
4   FORMAT(2X,'DONNER LA PROFONDEUR DES RACINES "hp" EN (m)=',$)
READ*,hp
PRINT 5
5   FORMAT(2X,'DONNER LA CAPACITE DE STOCKAGE DU SOL "S" EN(mm/m)=',$)
READ*,S
PRINT 88
88  FORMAT(2X,'DONNER SES COEFFICIENTS "YP"=',$)
READ*,YP
PRINT 89
89  FORMAT(2X,' "YR"=',$)
READ*,YR
PRINT*, 'DONNER LES PARAMETRS DU CANON D ARROSAGE'
PRINT 6
6   FORMAT(5X,'PRESSION DE SERVICE "Pr" EN (pascals)=',$)
READ*,Pr
PRINT 7
7   FORMAT(5X,'PORTEE DU JET "a" EN (m)=',$)
READ*,a
PRINT 8
8   FORMAT(5X,'DEBIT DE PASSAGE "Qc" EN (m**3/h)=',$)
READ*,Qc
PRINT 9
9   FORMAT(2X,'DONNER LA LONGEUR DE LA RAMPE "R1" CHOISIE EN (m)=',$)
READ*,R1
30  R=R1+a
A=3.141592654*(R**2)*1E-4
Qt=0.42*Pt*A/X
Qs=Qt/3600.
ht=(764000.*Qs/R1)/25.4
tt=(ht/YR)**YP
Vmin=12./(tt*3600.)
60  IF(Vmin.LT.0.036) GOTO 40
R1=R1-55.
GOTO 30

```

1- ORGANIGRAMME



Commentaire :

Après avoir donné les paramètres agronomiques qui sont:

h_p : Profondeur des racines

S : Capacité de stockage

X : Efficience

P : Besoin de pointe

On choisit les grandeurs caractéristiques du canon :

a : Portée du jet d'eau

Q_c : Débit d'eau du canon

P_R : Pression de service

et la longueur de la rampe R_l

Ensuite on calcul le débit total Q qui traverse le pivot fixe et la vitesse minimum de rotation V_{min} des tours.

Si cette vitesse est supérieure à 0.036 m/s on réduit la longueur de la rampe d'un module de 55 m ce qui représente le cas le plus défavorable.

Si cette vitesse est inférieure à 0.036 m/s on calcul :

DP : Hauteur d'eau maximum appliquée dans la zone des racines.

DN : Hauteur d'eau appliquée par révolution.

Si DP est inférieur à DN , on réduit la vitesse de 0.004 m/s (valeur prise arbitrairement, sa valeur exacte est donnée par la précision du système électrique d'avancement des tours) et on refait les calculs depuis le calcul de V_{min} .

Si $D P$ est supérieure à $D N$, on calcul P_p pression de la pompe qui alimente le pivot.

Ensuite en faisant une boucle commençant par $I=2$ jusqu'à $I=R - 1$ avec un pas de 2 (= e : distance entre deux buses consécutives) avec $I = r$: distance du pivot à la buse considérée .

Enfin, on imprime $I=r$, la valeur du débit $Q(I)$ de passage à travers la buse et la pression $P_2(I)$ à ce niveau ainsi que le diamètre de la pastille de la buse $W(I)$, on imprime aussi les caractéristiques de la pompe à savoir P_p et Q ainsi que la longueur de la rampe et V_{min} conseillée (qui sera réctifiée sur champ à l'aide d'un pluviomètre).

Si, après exécution du programme, on remarque que la longueur R_l de la rampe a diminué, si cela est accepté par l'utilisateur on l'adopte sinon on refait le choix des paramètres du canon d'arrosage jusqu'à l'obtention de la longueur voulue.

2 RESULTATS DE L'EXEMPLE NUMERIQUE

```

*****
*   I(m) *   P2 (Pas) *   Q(m3/h) *   d(mm) *
*****
!     2   !   380086.97 !   0.01238 !   3.2700!
-----
!     4   !   379985.91 !   0.02476 !   3.8800!
-----
!     6   !   379884.72 !   0.03714 !   4.2900!
-----
!     8   !   379783.38 !   0.04952 !   4.6100!
-----
!    10   !   379681.97 !   0.06190 !   4.8800!
-----
!    12   !   379580.56 !   0.07428 !   5.1000!
-----
!    14   !   379479.16 !   0.08666 !   5.3000!
-----
!    16   !   379377.81 !   0.09904 !   5.4800!
-----
!    18   !   379276.59 !   0.11142 !   5.6400!
-----
!    20   !   379175.41 !   0.12380 !   5.7900!
-----
!    22   !   379074.50 !   0.13618 !   5.9300!
-----
!    24   !   378973.78 !   0.14855 !   6.0600!
-----
!    26   !   378873.34 !   0.16093 !   6.1900!
-----
!    28   !   378773.28 !   0.17331 !   6.3000!
-----
!    30   !   378673.53 !   0.18569 !   6.4101!
-----
!    32   !   378574.19 !   0.19807 !   6.5101!
-----
!    34   !   378475.31 !   0.21045 !   6.6101!
-----
!    36   !   378376.94 !   0.22283 !   6.7101!
-----
!    38   !   378279.03 !   0.23521 !   6.8001!
-----
!    40   !   378181.69 !   0.24759 !   6.8901!
-----
!    42   !   378085.00 !   0.25997 !   6.9701!
-----
!    44   !   377989.00 !   0.27235 !   7.0501!
-----
!    46   !   377893.72 !   0.28473 !   7.1301!
-----
!    48   !   377799.13 !   0.29711 !   7.2101!
-----
!    50   !   377705.34 !   0.30949 !   7.2801!
-----
!    52   !   377612.34 !   0.32187 !   7.3501!
-----
!    54   !   377520.28 !   0.33425 !   7.4201!
-----
!    56   !   377429.13 !   0.34663 !   7.4901!

```

58	377338.84	0.35901	7.5501
60	377249.69	0.37139	7.6201
62	377161.50	0.38377	7.6801
64	377074.44	0.39615	7.7401
66	376988.50	0.40853	7.8001
68	376903.69	0.42091	7.8601
70	376820.13	0.43328	7.9201
72	376737.84	0.44566	7.9701
74	376656.81	0.45804	8.0301
76	376577.19	0.47042	8.0801
78	376498.91	0.48280	8.1301
80	376422.09	0.49518	8.1801
82	376346.72	0.50756	8.2301
84	376272.84	0.51994	8.2801
86	376200.56	0.53232	8.3301
88	376129.84	0.54470	8.3801
90	376060.78	0.55708	8.4301
92	375993.44	0.56946	8.4701
94	375927.78	0.58184	8.5201
96	375863.91	0.59422	8.5601
98	375801.84	0.60660	8.6101
100	375741.69	0.61898	8.6501
102	375683.38	0.63136	8.6901
104	375627.00	0.64374	8.7401
106	375572.66	0.65612	8.7801
108	375520.28	0.66850	8.8201
110	375470.03	0.68088	8.8601
112	375421.88	0.69326	8.9001
114	375375.84	0.70564	8.9401

116	375332.06	0.71802	8.9801
118	375290.50	0.73039	9.0201
120	375251.19	0.74277	9.0501
122	375214.22	0.75515	9.0901
124	375179.69	0.76753	9.1301
126	375147.47	0.77991	9.1601
128	375117.78	0.79229	9.2001
130	375090.53	0.80467	9.2401
132	375065.88	0.81705	9.2701
134	375043.81	0.82943	9.3101
136	375024.31	0.84181	9.3401
138	375007.50	0.85419	9.3701
140	374993.47	0.86657	9.4101
142	374982.06	0.87895	9.4401
144	374973.56	0.89133	9.4701
146	374967.84	0.90371	9.5101
148	374965.03	0.91609	9.5401
150	374965.16	0.92847	9.5701
152	374968.22	0.94085	9.6001
154	374974.31	0.95323	9.6301
156	374983.47	0.96561	9.6601
158	374995.66	0.97799	9.6901
160	375011.03	0.99037	9.7301
162	375029.59	1.00275	9.7601
164	375051.34	1.01512	9.7801

CARACTERISTIQUES DE LA POMPE D ALIMENTATION

-VALEUR DE LA PRESSION "Pp" EN (Pa) => 395528.63
 -VALEUR DU DEBIT TOTAL "Qt" EN (m³/h) => 57.677

VITESSE D AVANCEMENT DE LA TOUR EN (m/s)=>0.02096

LONGEUR DE LA RAMPE EN (metres) => 165.0

CONCLUSION

En fonction du climat du type de culture, de la surface considérée et de certains paramètres agronomiques, nous avons dimensionner les éléments hydrauliques du pivot d'arrosage tels que:

- La pompe d'alimentation :

Caractérisée par son débit d'eau et sa pression (hauteur de refoulement).

- Vitesse lineaire des tours:

Elle doit être inférieure à la vitesse maximum (0,036 m/s) et plus grande à une vitesse minimum que l'on calcul pour éviter certains phénomènes agronomiques.

- Dimensionnement des buses:

On est arrivé à déterminer le diamètre des pastilles en fonction du débit de passage et de la pression requise (de 1 à 20 mm) néanmoins ,le chapitre 2; procédure de calcul d'une rampe pivotante peut faire l'objet d'une étude approfondie par des ingénieurs agronomes car les notions s'y trouvant sont du ressort de spécialistes dans ce domaine qu'est l'agronomie.

permet

Le programme qui a été conçu nous^vde faire une étude de busage à condition de bien choisir la longueur de la rampe (multiple de 55 m) et les paramètres caractéristiques du canon d'arrosage (d'après les catalogues des constructions de canons).

En comparant les résultats trouvé pour l'exemple numérique traité, avec les projets de busage de rampe pivotante des constructeurs, on trouve que les résultats sont très satisfaisants(débit de 60m/h , pression de la pompe 4bars et les diamètres des buses de 3 à 10 mm pour une longueur de rampe de 165m). En plus des suggestion faites dans les projets précédents, il est souhaitables qu'après réalisation, ce projet soit compléter par des études expérimentales sur.

- La variation de pression dans une rampe pivotante

- L'homogénéité de l'arrosage, étude de la forme des déflecteurs des buses

- Le calcul des diamètres des pastilles en fonction de la pression et du débi

Nous espérons que les thèmes cités feront l'objet d'étude dans d'autres projets de fin d'étude dans le but d'améliorer les résultats théoriques obtenus dans ce projet et permettre la fabrication de ce type d'arrosoir et tous ses accessoires dans notre pays spécialement à l'époque actuelle où l'importance accordée à l'agriculture est très grande.

BIBLIOGRAPHIE

1 - LES RESEAUX D'IRRIGATION

Charles Ollier

Maurice Poiree

PARIS - EYROLLES 1983

2 - LA MECANISATION DE L'IRRIGATION PAR ASPERSION

Rolland

Bulletin de la F.A.O 1980

3 - MECANIQUE DES FLUIDES ET HYDRAULIQUE

Ranald V. giles

Serie SCHAUM 1985

4 - FORTRAN FOR STUDENTS

R . Huty

LONDON - MACMILLAN 1982

5 - MEMENTO DE DESSIN INDUSTRIEL

Lenormand et Tinel

PARIS - FOUCHER 1979

6 - Memento des pertes de charge

IDEL'CIK

PARIS - EYROLLES

- 1) Comment vous comprenez : vitesse linéaire
d'une tour : $v = 0,036 \left[\frac{\text{m}}{\text{s}} \right]$? (page 1)
- 2) Pouvez vous donner un exemple d'un régulateur
pour que le débit reste à peu près constant
quand à la pression ~~varie~~ ? varié ? (page 6)

~~3) Page 14 formule (2.1)~~

~~$R = RL + a$~~

- 3) Dimensionnement au point de vue de KOT .
Par exemple les réactions dynamique et leur
influence sur jonctions entre les conduites.