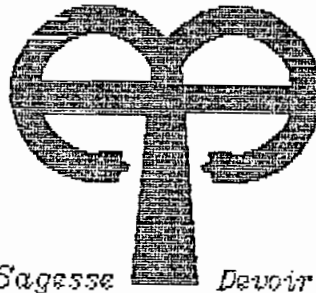


REPUBLIQUE DU SENEGAL



GC.0204

Ecole Polytechnique de Thies
Departement de Genie Civil

PROJET DE FIN D'ETUDES

En vue de l'obtention du diplome d'ingenieur de conception

TITRE:

ETUDE NUMERIQUE DE POMPE

EN REGIME TRANSITOIRE

AUTEUR:

MOR TALLA NDIAYE

DIRECTEUR

SENI TAMBA

Juin 1990

D E D I C A C E

D E D I C A C E

A LA MEMOIRE DE MON PERE
A MA DISTINGUEE MERE
A MA COUSINE SEYNABOU NDIAYE
A MON GRAND FRERE MOR WOULY NDIAYE
A MES FRERES ET SOEURS
A MES AMIS
A TOUTE LA JEUNESSE DE
L I N G U E R E

REMERCIEMENTS

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

Je tiens à remercier très chaleureusement Monsieur Sény Tamba , mon directeur de projet, pour le suivi oh! combien précieux qu'il a l'amabilité de me prodiguer,tout au long de l'année,dans le cadre de ce projet de fin d'études. Les mêmes remerciements vont à l'endroit de tous ceux qui ont eu la gentillesse de m'apporter leur soutien pour l'élaboration du logiciel fait dans le cadre de ce projet ;une motion particulière aux élèves_ingénieurs

BALLA GUEYE et
GAGA SIMPLICE.

Mes remerciements vont aussi à Monsieur Mor Fall,de SOFICA, un ancien de la 10ème promotion pour la documentation qu'il a bien voulu mettre à ma disposition .

S O M M A I R E

S O M M A I R E

Ce rapport met un terme à l'étude consacrée, dans le cadre du projet de fin d'études, à l'établissement d'un modèle numérique de pompe en régime transitoire. Ce rapport est divisé en quatre chapitres.

— Dans l'introduction, nous avons montré les conséquences qu'engendre le coup de bélier. Nous y avons montré aussi les principales raisons qui peuvent justifier l'opportunité de l'étude que nous faisons dans ce projet .

— Dans le premier chapitre nous avons énuméré les principales causes génératrices du phénomène d'écoulement transitoire. Nous y avons expliqué par la suite les raisons motivant le choix de la régression parabolique d'ordre 2 pour la modélisation du fonctionnement de la pompe.

— Au niveau du deuxième chapitre nous donnons l'articulation du programme et la procédure à suivre dans le but d'une utilisation facile.

— L'avant dernier chapitre est consacré à l'analyse et à l'interprétation des résultats obtenus à partir du programme dont un listing complet est donné en annexe.

— Dans le dernier chapitre, nous avons tiré les conclusions pour formuler enfin des recommandations.

T A B L E
D E S M A T I E R E S

**T A B L E D E S
M A T I E R E S**

<u>MATIERE:</u>	<u>PAGES:</u>
DEDICACE	i
REMERCIEMENTS.....	iii
SOMMAIRE	v
TABLE DES MATIERES	vii
INTRODUCTION	1
<u>CHAPITRE I</u> Etude théorique	3
1.1/ Principales causes du phénomène transitoire....	4
1.2/ Régression parabolique	5
1.3/ Méthode de résolution du modèle.	6
<u>CHAPITRE 2</u> Présentation du modèle numérique	9
2.1: Structure du programme	11
2.2: Utilisation du programme.....	12
2.3: Algorithme du programme	14
<u>CHAPITRE 3</u> Interprétation des résultats	15
<u>CHAPITRE 4</u> Conclusion et Recommandations ...	28
LEXIQUE :	31
<u>ANNEXE</u> Listing du programme	33
Références bibliographiques.....	60

<u>TABLEAUX</u>	tableau 3.1 paramètres de régression de FH (pompe de $Ns=35$).	19
	tableau 3.2 paramètres de régression pour FB	21
	tableau 3.3 pompes de référence ($Ns=25$ et $Ns=147$)	22
	tableau 3.4 pompes de référence ($Ns=147$ et $Ns=261$).....	23

FIGURES

	figure 3.1 courbe de pression $Ns=35$	24
	figure 3.2 courbe de couple $Ns=35$	25
	figure 3.3 courbe de pression $Ns=200$	26
	figure 3.4 courbe de couple $Ns=200$	27

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

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

La mise en marche ou l'arrêt d'une pompe refoulant dans un système de conduites provoque des variations de pressions qui peuvent être lourdes de conséquences. Ces conséquences justifient à elles seules l'opportunité de l'étude que nous faisons. L'objet de ce projet est d'établir un modèle numérique de pompe aidant à prévoir, par l'établissement des courbes caractéristiques de pression et de couple, son comportement en régime transitoire. Cela suppose, pour une pompe donnée, d'avoir uniquement ses courbes caractéristiques en régime normal ou sa vitesse spécifique.

Cette étude constitue une étape préalable pour l'étude de simulation de fonctionnement d'une pompe en régime transitoire. On remarque par ailleurs que les courbes de pression disponibles dans la littérature sont obtenues par voie expérimentale et ceci suppose des moyens matériels considérables. L'étude que nous proposons dans ce projet trouve dès lors toute son importance si on dispose de maigres moyens matériels.

CHAPITRE I
ETUDE
THEORIQUE

CHAPITRE I: ETUDES THÉORIQUES

I-1) Principales causes du phénomène d'écoulement transitoire

La mise en marche ou l'arrêt d'une pompe refoulant dans un système de conduites provoque des variations de pression qui peuvent être lourdes de conséquences. C'est le phénomène du coup de bélier.

Examinons ce qui se passe au démarrage et à l'arrêt d'une pompe.

Au démarrage le liquide étant au repos, par la mise en marche du moteur, il est appelé avec toute son inertie à passer de sa vitesse nulle à une vitesse moyenne. Dans cette transition la masse passera nécessairement par un régime oscillatoire qui constitue le coup de bélier.

Étudions un peu en détail ce qui se passe lors de l'arrêt de la pompe. À l'arrêt du moteur, le phénomène se présente ainsi au niveau de la conduite (de longueur L):

— la vitesse du liquide passe de sa valeur nominale V_r à une valeur nulle. L'onde se propage vers l'aval à la célérité (C) sous forme d'une onde de dépression (ΔH). La pression statique passe de sa valeur nominale (H_r) à la valeur $H_r - \Delta H$.

— Au bout de la canalisation (instant L/C), l'onde de dépression se transforme en une onde de surpression $+\Delta H$ et revient vers la pompe à la célérité (C). La pression devient dès lors :

$H_r - \Delta H + \Delta H = H_r$ tout au long de la conduite.

En résumé il y aura des oscillations successives de la hauteur statique autour de H_r .

I-2) REGRESSION PARABOLIQUE

Comme nous l'avons dit en amont il est nécessaire d'avoir les courbes caractéristiques de la pompe ou de connaître la vitesse spécifique. Dans le cas où les courbes caractéristiques de la pompe sont disponibles, on se propose de faire une régression polynômiale. Pour ce faire nous avons pris l'hypothèse d'une régression polynômiale d'ordre deux(2).

Nous faisons ce choix parce qu'en retranchant de la hauteur théorique d'élévation les principales pertes de charge, nous pouvons écrire que la hauteur manométrique sera sous la forme quadratique suivante:

$$H = \beta_0 + \beta_1 * Q + \beta_2 * Q^2 \quad (1)$$

Quand à la puissance, partant de sa relation avec $H, P = \rho * Q * H / \eta$ elle sera d'un degré supérieur et s'écrit sous la forme suivante:

$$P = \alpha_0 * Q + \alpha_1 * Q^2 + \alpha_2 * Q^3 \quad (2)$$

I-3) METHODE DE RESOLUTION DU MODELE

A partir des caractéristiques (H_r, Q_r, N_r, T_r) de la pompe qui représentent respectivement la pression statique, le débit, la vitesse de rotation, et le couple au point de fonctionnement nominal on utilise les variables adimensionnelles

$$h = H / H_r; v = Q / Q_r; \alpha = N / N_r; \beta = T / T_r;$$

l'indice "r" référant au point de fonctionnement optimal.

Ainsi nous aurons les relations de proportionalité suivantes :

$$h/\alpha^2 \text{ versus } v/\alpha$$

$$\beta/\alpha^2 \text{ versus } v/\alpha$$

$$h/v^2 \text{ versus } \alpha/v$$

$$\beta/v^2 \text{ versus } \alpha/v.$$

En réalité α aussi bien que v peut prendre une valeur nulle en dissipation d'énergie. Cependant avec l'hypothèse de $\alpha = 1$ que nous avons prise, seule la valeur de v peut être nulle. C'est pour y palier que Marchal, Flesch et Suter (1) nous recommandent et que nous utilisons, à la place des relations (h/α^2 et β/α^2) citées plus haut, les expressions ci-après:

$$h/(\alpha^2 + v^2) \text{ versus } \cotan(v/\alpha)$$

$$\beta/(\alpha^2 + v^2) \text{ versus } \cotan(v/\alpha)$$

Les relations seront toujours respectées. En posant :

$$\theta = \cotan(\alpha/v)$$

$$FH = h/(\alpha^2 + v^2)$$

$$FB = \beta/(\alpha^2 + v^2),$$

avec l'hypothèse de $\alpha = 1$, on a $v = 1/\tan(\theta)$ (3) ;

FH et FB deviennent :

$$FH = h/(1 + (1/\tan\theta))^2 = f(\theta);$$

$$FB = \beta/(1 + (1/\tan\theta))^2 = g(\theta).$$

Dans le cas où on dispose de la courbe caractéristique, les valeurs de h pour la zone pompe (θ variant de 0 à 90°) seront obtenues à partir de la relation (1) que l'on divise par

la valeur nominale H_r , le débit étant remplacé dans cette formule par

$$Q = Q_r * \tan\theta \quad (4) .$$

Donc à chaque valeur de θ dans la zone de fonctionnement pompe, on fait correspondre un débit obtenu à partir de la relation (4) et une hauteur manométrique donnée par la relation (1). Ainsi on aura tous les paramètres pour calculer FH. Il en sera de même pour le calcul de FB.

Il faut signaler par contre que nous avons utilisé arbitrairement $1E-20$ pour $\theta = 0$ pour éviter d'avoir des valeurs infinies avec la relation (3). Pour les autres zones de fonctionnement , dissipation d'énergie et turbine qui correspondent à des valeurs de θ allant de 90 à 270 degrés, on fera une interpolation avec les pompes prises en référence (voir tableaux 3.3 et 3.4)

Si par contre on a seulement la vitesse spécifique on procédera à une interpolation pour les valeurs de θ comprises entre 0 et 270 degrés à partir des valeurs des tableaux 3.3 et 3.4 .

Cette méthode est valable seulement pour des pompes de vitesses spécifiques comprises entre celles des pompes prises en référence. Dans notre cas les pompes de référence ont une vitesse spécifique de 25 , 147 et 261. L'extrapolation pour des valeurs de N_s en deçà de 25 et au-delà de 261, ne nous paraît pas rigoureuse.

CHAPITRE 2
PRESENTATION
DU MODELE
NUMERIQUE

CHAPITRE 2 :
PRESENTATION DU MODELE
NUMERIQUE

Le modèle numérique est constitué essentiellement par le programme LINGUERE.EXE dont un listing complet est donné en annexe. Il paraît opportun d'en donner sa structure et d'expliquer son mode d'utilisation.

2-1) STRUCTURE DU PROGRAMME

Le programme est composé des principales parties suivantes:

- a) une présentation du projet, du genre en-tête pour une durée d'environ quinze (15) secondes;
- b) trois (3) menus:
 - un menu principal noté procédure mp, à partir duquel le programme est divisé en grandes parties. L'une porte sur la modélisation des hauteurs manométriques de pompe et l'autre sur la modélisation des courbes de couples.
 - un menu secondaire noté procédure msh qui guide l'utilisateur dans l'exécution du programme pour obtenir les courbes de pression.
 - un autre menu secondaire noté mshp pour obtenir cette fois-ci les courbes de couple;
- c) une partie de saisie de données; il s'agira de donner les paires (H,Q) si on dispose de la courbe caractéristique et de la vitesse spécifique dans le cas contraire.

d) une partie de traitement des données, subdivisée en deux (2) parties selon qu'on a la courbe manométrique ou non:

1) la courbe est disponible:

— nous faisons la régression polynômiale. Pour ce faire il s'agira de calculer les constantes du système d'équations (5) et de le résoudre. Les résultats de cette résolution constituent les coefficients de régression (B_0, B_1, B_2) ;

$$(5) \quad \begin{cases} m4*a + m3*b + m2*c = M21 \\ m3*a + m2*b + \mu_x*c = M11 \\ m2*a + \mu_x*b + c = \mu_y \end{cases}$$

Avec

$$\begin{aligned} m4 &= \Sigma X_i^4/n & m3 &= \Sigma X_i^3/n \\ m2 &= \Sigma X_i^2/n & \mu_x &= \Sigma X_i/n \\ \mu_y &= \Sigma Y_i/n & M21 &= \Sigma X_i^2 * Y_i/n \\ M11 &= \Sigma X_i * Y_i/n \end{aligned}$$

n : nombre de valeurs fournies,
 X_i : représente les débits,
 Y_i : représente H ou HP selon le cas.

La sommation s'applique sur l'ensemble des valeurs n

- le calcul du coefficient de corrélation;
- le calcul des différentes valeurs de FH et de FB pour les valeurs de θ de 0 à 90 degrés, c'est-à-dire en

zone de fonctionnement pompe. On rappelle qu'à $\theta = 0^\circ$, nous avons utilisé $\theta = 1E-20$;

— l'interpolation pour les autres valeurs de θ de 90 à 270 degrés ce qui correspond aux zones de fonctionnement dissipation d'énergie et turbine.

2) Seule la vitesse spécifique est disponible:

dans ce cas on fait l'interpolation pour l'ensemble des valeurs de θ (de 0 à 270°);

e) une partie de graphisme avec les paires (FH, θ) ou (FB, θ) calculées.

2-2) Utilisation du logiciel

Le programme **Linguère.exe** est un programme interactif, composé donc d'une série de questions qui guident l'utilisateur. Dans l'exécution du programme, on suit la procédure suivante:

a) le menu principal est composé de 4 questions numérotées 1,2,3 et 4 dont il faut en choisir une;

- on tape 1 si on désire revenir dans le programme pour peut-être y apporter des modifications;
- on tape 2 si on veut obtenir les courbes caractéristiques de pressions;
- on tapera 3 on veut obtenir les courbes caractéristiques de couple;
- on tapera par contre 4 si on veut créer un fichier pour y stocker les données des courbes de référence. Il faut signaler qu'en ce qui nous concerne ce fichier nous

l'avons une fois pour toute sous le nom intrn.dat. Par conséquent ce fichier doit être détruit pour un autre si on a des pompes de référence de vitesse spécifique différente de 25,147 et 261;

b) si on avait tapé le 2 ,il s'agirait d'introduire les données. On distinguera deux (2) cas:

■ la courbe caractéristique est disponible, on donne les paires (H,Q) au niveau de la procédure lire-valh . On aura par la suite, au niveau du menu secondaire, selon le choix :

— à afficher les coefficients de régression et de corrélation;

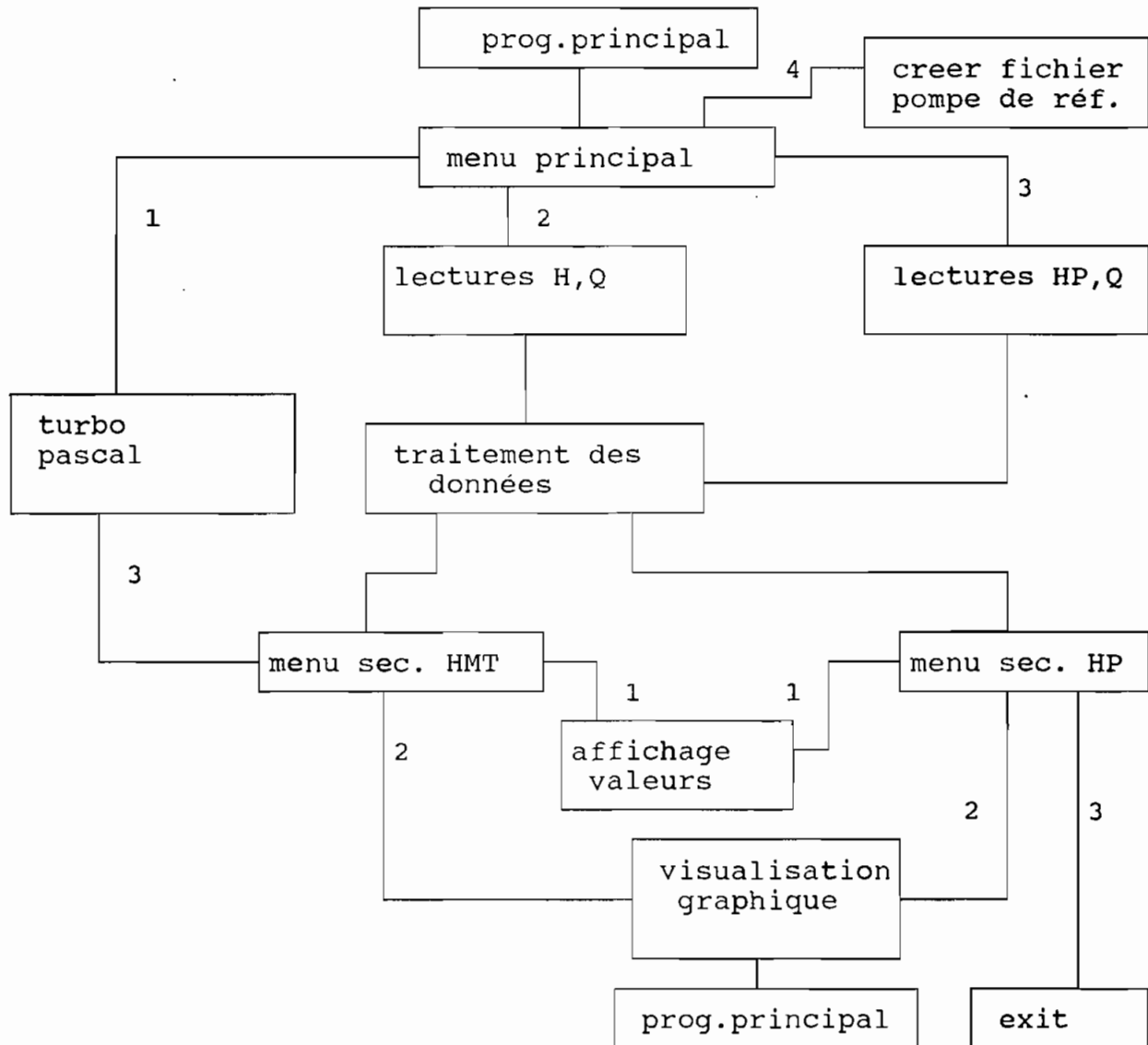
— à visualiser la courbe de pression;

— à retourner dans le programme principal;

■ seule la vitesse spécifique est connue, le cheminement reste le même sauf qu'au niveau de la saisie des données on donnera la vitesse spécifique.

c) si nous avons tapé 3, la procédure décrite en b) restera valable avec la seule différence qu'au lieu de H, nous aurons des HP.

2.3) ALGORITHME DU PROGRAMME



LEGENDE :
 1 : exit
 2 : regression HMT
 3 : régression HP

CHAPITRE 3
INTERPRETATION DES
RESULTATS

CHAPITRE 3:INTERPRETATION

DES RESULTATS

Les caractéristiques des trois(3) zones de fonctionnement de la pompe sont schématisées dans le tableau suivant :

zones d'opération	signes		valeurs de θ
	v	α	
pompe	+	+	$0^\circ \leq \theta \leq 90^\circ$
dissipation d'énergie	-	+	$90^\circ \leq \theta \leq 180^\circ$
turbine	-	-	$180^\circ \leq \theta \leq 270^\circ$

Pour voir la fiabilité de notre étude nous avons fait deux (2) exemples de calcul correspondant à des pompes de vitesse spécifique $N_s = 35$ et $N_s = 200$. L'exemple pour la pompe de vitesse spécifique $N_s = 35$ a été fait en considérant que la courbe caractéristique de la pompe est disponible. Alors que pour la pompe de $N_s = 200$, c'est la vitesse spécifique de la pompe qui est connue. Les résultats obtenus sont montrés dans les tableaux 3.3 et 3.4 pour les pompes de $N_s = 35$ et de $N_s = 200$. Le programme ne convient pas pour des pompes de $N_s < 25$ et $N_s > 261$. Pour l'analyse des résultats, nous voyons que la régression polynômiale est acceptable. Le coefficient de corrélation

de 0.997, sensiblement égal à 1 en constitue une parfaite illustration. Les résultats de cette régression ont donné une expression de H satisfaisante. Ceci aboutit à de bonnes valeurs de FH et de FB pour la zone de fonctionnement pompe dans le cas où la courbe caractéristique de la pompe est disponible. Par ailleurs nous remarquons aussi que les valeurs obtenues (pour $N_s = 35$ et $N_s = 200$) ont les mêmes variations que celles des pompes de référence. Cette remarque montre aussi que nous avons la même allure que pour les courbes de référence. Les valeurs négatives de la hauteur manométrique pour θ de 0 à 25 degrés sont dues au fait que la tangente de θ est petite. Ainsi le débit ($Q = Q_r / \tan \theta$) sera grand. L'expression (1) donne alors des valeurs négatives car β_2 est négatif. Mais nous aurons toujours la caractéristique ($v > 0$) pour la zone pompe. D'une manière générale entre 0 et 90 degrés, c'est-à-dire dans la zone de fonctionnement pompe les valeurs de FH augmentent avec celles de θ . En régime de dissipation d'énergie(90 à 180 degrés), les débits prennent des valeurs négatives, l'écoulement est inversé, pour un même sens de rotation. On a en effet $Q = Q_r / \tan(\theta)$; $\tan(\theta)$ étant négatif pour cet intervalle. De 180 à 270 degrés l'écoulement est toujours inversé mais avec un sens de rotation différent; c'est le fonctionnement en turbine.

POMPE DE VITESSE SPECIFIQUE $N_s = 35$		
Débits (m ³ /s)	Hauteur manométrique expérimentale (*) (m)	Hauteur manométrique calculée (m)
0.000	15.3	15.2
0.001	15.1	15.1
0.002	14.5	14.8
0.004	13.5	13.3
0.006	11.5	11.5
0.007	9	9.1

coefficients de régression:

15.20

158.30

-149602.01

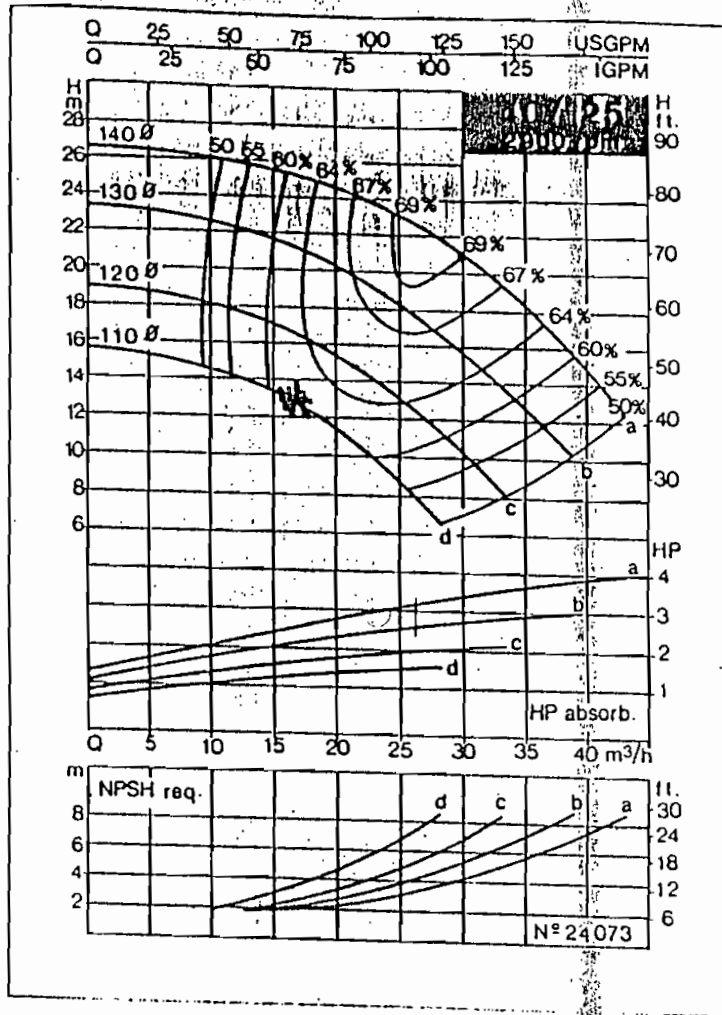
coefficient de corrélation:

0.997

Tableau 3.1: paramètres de régression

(*) : voir figure suivante
(courbe d)

2.900 r.p.m. 50 Hz



courbe de référence (*)

figure (3)

POMPE DE VITESSE SPECIFIQUE $N_s = 35$		
Débits (m ³ /s)	puissance expérimentale (*) (HP)	Puissance calculée (HP)
0.000	0.600	0.605
0.001	0.800	0.820
0.002	1.000	0.952
0.004	1.200	1.223
0.006	1.400	1.411
0.007	1.600	1.589

**Tableau 3.2: paramètres de régression
pour puissance**

(*) : voir courbe d page 19

Pompes référence (Ns=25 et Ns=147)

theta (degrés)	Ns =25		Ns =35 (*)		Ns =147	
	FH	FB	FH	FB	FH	FB
0	-0,530	-0,350	-0,6144	-0,4492	-1,560	-1,560
5	-0,476	-0,474	-0,5427	-0,5335	-1,290	-1,200
10	-0,392	-0,180	-0,4447	-0,2396	-1,035	-0,895
15	-0,291	-0,062	-0,3323	-0,1061	-0,795	-0,600
20	-0,150	0,037	-0,182	0,0049	-0,540	-0,355
25	-0,037	0,135	-0,0592	0,1129	-0,308	-0,135
30	0,075	0,228	0,0662	0,2142	-0,032	0,060
35	0,200	0,320	0,1936	0,313	0,122	0,235
40	0,345	0,425	0,3421	0,4213	0,310	0,380
45	0,500	0,500	0,5	0,5	0,500	0,500
50	0,655	0,548	0,6534	0,5506	0,635	0,580
55	0,777	0,588	0,7744	0,5927	0,745	0,645
60	0,900	0,612	0,8967	0,6188	0,860	0,695
65	1,007	0,615	1,0009	0,6265	0,932	0,755
70	1,115	0,600	1,117	0,6205	1,140	0,850
75	1,188	0,569	1,2025	0,6019	1,365	0,970
80	1,245	0,530	1,2737	0,578	1,595	1,115
85	1,278	0,479	1,32	0,5463	1,790	1,300
90	1,290	0,440	1,3449	0,5257	1,960	1,485
95	1,287	0,402	1,3494	0,4935	2,048	1,518
100	1,269	0,373	1,3379	0,4687	2,100	1,540
105	1,240	0,350	1,3152	0,448	2,158	1,545
110	1,201	0,340	1,2831	0,44	2,203	1,560
115	1,162	0,340	1,2512	0,4426	2,250	1,592
120	1,115	0,350	1,2134	0,4559	2,315	1,642
125	1,069	0,380	1,1773	0,4898	2,390	1,720
130	1,025	0,437	1,1455	0,5569	2,495	1,900
135	0,992	0,520	1,1263	0,6487	2,630	2,090
140	0,945	0,605	1,0958	0,7452	2,785	2,315
145	0,908	0,683	1,0717	0,8344	2,905	2,530
150	0,875	0,750	1,0492	0,9057	3,000	2,650
155	0,848	0,802	1,026	0,9592	3,020	2,720
160	0,819	0,845	0,9957	1,0003	2,975	2,740
165	0,788	0,872	0,955	1,0206	2,825	2,685
170	0,755	0,883	0,9105	1,0184	2,652	2,535
175	0,723	0,878	0,8639	0,9954	2,442	2,310
180	0,690	0,860	0,8125	0,9608	2,185	2,090
185	0,656	0,823	0,7571	0,9072	1,890	1,850
190	0,619	0,780	0,6933	0,8448	1,525	1,570
195	0,583	0,725	0,6332	0,768	1,195	1,250
200	0,555	0,660	0,5861	0,6842	0,935	0,955
205	0,531	0,580	0,5444	0,5923	0,695	0,730
210	0,510	0,490	0,5092	0,4933	0,500	0,530
215	0,502	0,397	0,4915	0,3931	0,374	0,350
220	0,500	0,310	0,4817	0,2989	0,277	0,175
225	0,505	0,230	0,4792	0,2111	0,190	0,000
230	0,520	0,155	0,4867	0,1292	0,114	-0,160
235	0,539	0,085	0,4996	0,0539	0,058	-0,205
240	0,565	0,018	0,5175	-0,0183	-0,115	-0,425
245	0,593	-0,052	0,5354	-0,0928	-0,110	-0,550
250	0,615	-0,123	0,5466	-0,1678	-0,220	-0,670
255	0,634	-0,220	0,5547	-0,2692	-0,334	-0,820
260	0,640	-0,348	0,5515	-0,4008	-0,440	-0,992
265	0,638	-0,490	0,5406	-0,549	-0,550	-1,213
270	0,630	-0,680	0,5234	-0,7472	-0,670	-1,500

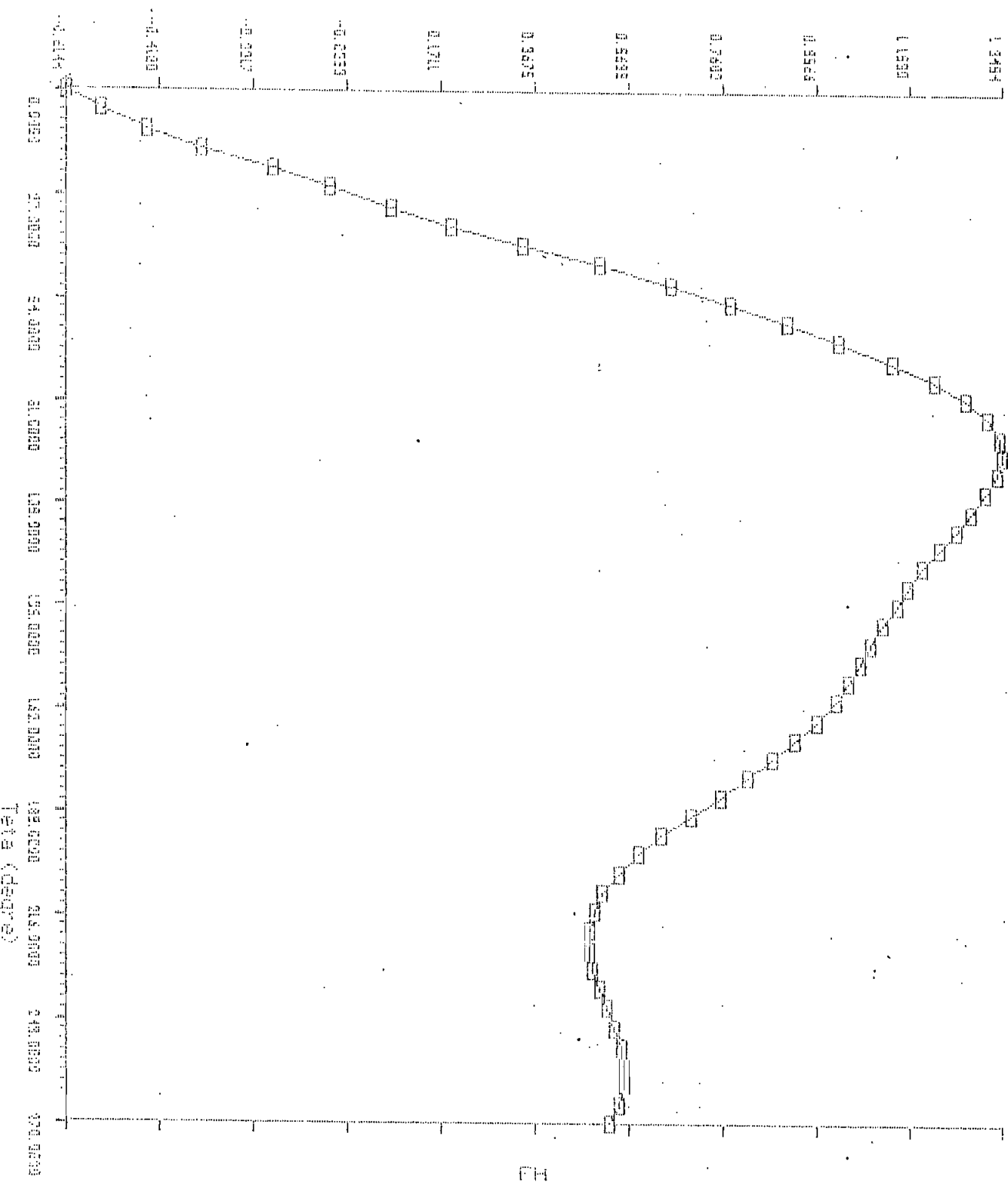
(*) : pompe d'exemple de calcul

Tableau2 : Pompe référence(Ns=147 et Ns=261)

theta (degrés)	Ns =147		Ns = 200 (*)		Ns =261	
	FH	FB	FH	FB	FH	FB
0	-1,560	-1,560	-1,2996	-1,0951	-1,000	-0,560
5	-1,290	-1,200	-1,131	-0,9211	-0,948	-0,600
10	-1,035	-0,895	-0,9685	-0,7602	-0,892	-0,605
15	-0,795	-0,600	-0,8066	-0,5907	-0,820	-0,580
20	-0,540	-0,355	-0,5981	-4238	-0,665	-0,503
25	-0,308	-0,135	-0,4846	-0,2373	-0,475	-0,355
30	-0,032	0,060	-0,145	-0,0423	-0,275	-0,160
35	0,122	0,235	0,0397	0,01583	-0,055	0,070
40	0,310	0,380	0,2589	0,3521	0,200	0,320
45	0,500	0,500	0,5	0,5	0,500	0,500
50	0,635	0,580	0,7047	0,5986	0,785	0,620
55	0,745	0,645	0,8798	0,6743	1,035	0,708
60	0,860	0,695	1,0553	0,7554	1,280	0,825
65	0,932	0,755	1,1998	0,848	1,508	0,955
70	1,140	0,850	1,4143	0,9895	1,730	1,150
75	1,365	0,970	1,6463	1,176	1,970	1,413
80	1,595	1,115	1,8879	1,3442	2,225	1,608
85	1,790	1,300	2,1131	1,5232	2,485	1,078
90	1,960	1,485	2,3226	1,7058	2,740	1,960
95	2,048	1,518	2,4813	1,8118	2,980	2,150
100	2,100	1,540	2,6144	1,9143	3,195	2,345
105	2,158	1,545	2,7261	2,0006	3,380	2,525
110	2,203	1,560	2,813	2,0946	3,515	2,710
115	2,250	1,592	2,8646	2,2001	3,572	2,900
120	2,315	1,642	2,8985	2,2734	3,570	3,000
125	2,390	1,720	2,9014	2,3197	3,490	3,010
130	2,495	1,900	2,8925	2,3765	3,350	2,925
135	2,630	2,090	2,8671	2,4015	3,140	2,760
140	2,785	2,315	2,8268	2,401	2,875	2,500
145	2,905	2,530	2,7493	2,3975	2,570	2,245
150	3,000	2,650	2,6746	2,3432	2,300	1,990
155	3,020	2,720	2,576	2,269	2,065	1,750
160	2,975	2,740	2,4473	2,1719	1,840	1,518
165	2,825	2,685	2,2708	2,0411	1,633	1,300
170	2,652	2,535	2,0885	1,8609	1,440	1,085
175	2,442	2,310	1,8925	1,6405	1,260	0,870
180	2,185	2,090	1,6713	1,4252	1,080	0,660
185	1,890	1,850	1,439	1,2224	0,920	0,500
190	1,525	1,570	1,1786	1,0749	0,780	0,505
195	1,195	1,250	0,9695	0,9269	0,710	0,555
200	0,935	0,955	0,8118	0,7969	0,670	0,615
205	0,695	0,730	0,6787	0,6835	0,660	0,630
210	0,500	0,530	0,5256	0,5161	0,555	0,500
215	0,374	0,350	0,3907	0,3337	0,410	0,315
220	0,277	0,175	0,2714	0,1401	0,265	0,100
225	0,190	0,000	0,1319	-0,0349	0,065	-0,075
230	0,114	-0,160	-0,0041	-0,2321	-0,140	-0,315
235	0,058	-0,205	-0,1294	-0,3973	-0,345	-0,515
240	-0,115	-0,425	-0,2637	-0,5598	-0,550	-0,715
245	-0,110	-0,550	-0,4052	-0,7034	-0,745	-0,880
250	-0,220	-0,670	-0,564	-0,8374	-0,960	-1,080
255	-0,334	-0,820	-0,7366	-1,0083	-1,200	-1,225
260	-0,440	-0,992	-0,8863	-1,2049	-1,480	-1,450
265	-0,550	-1,213	-1,1358	-1,5138	-1,810	-1,860
270	-0,670	-1,500	-1,3813	-1,8254	-2,200	-2,200

(*) :pompe d'exemple de calcul

Fig. 1: COURBE DE PRESSION (Ns=35)



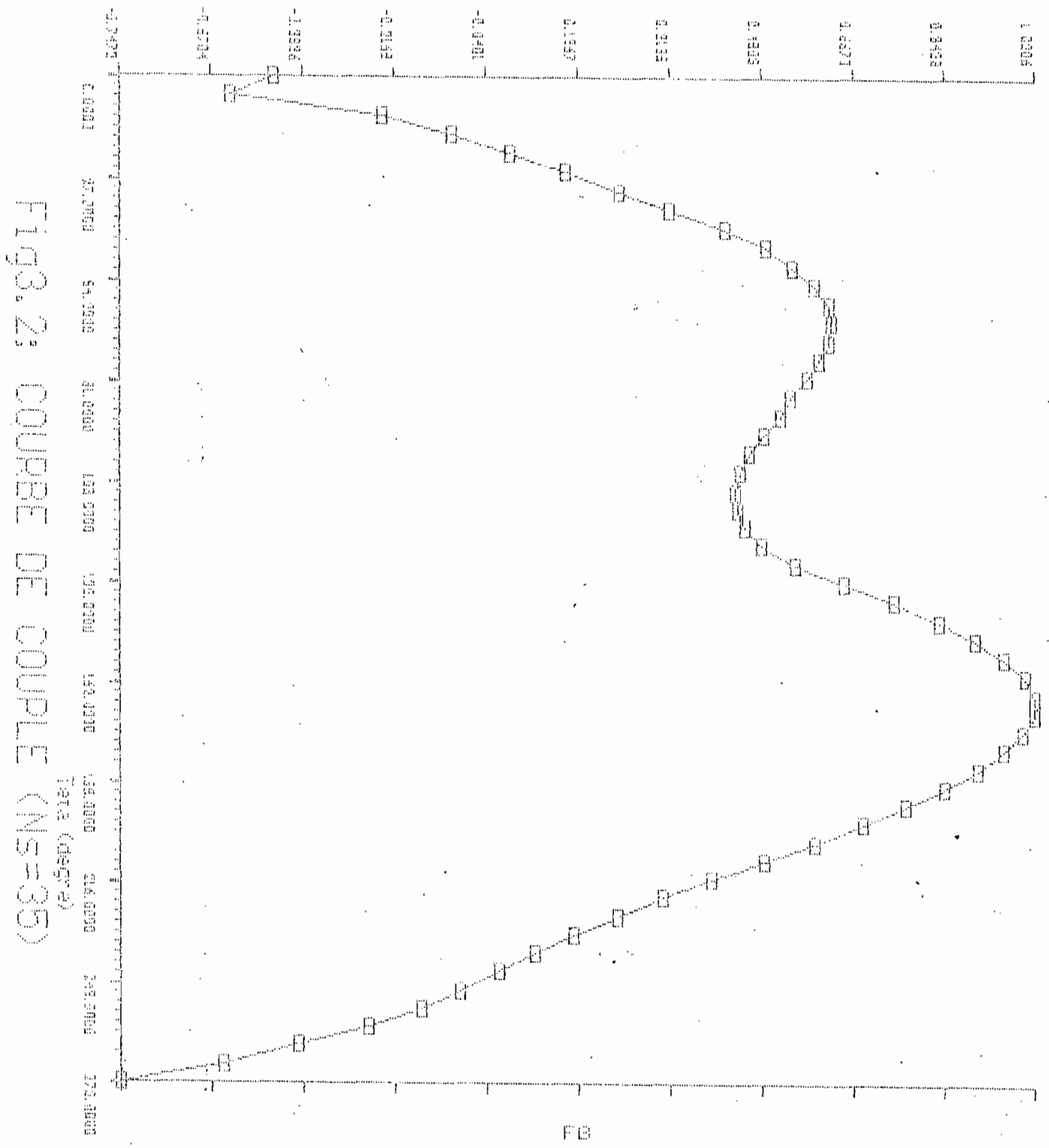


FIG. 2: COURBE DE COUPLE (MS=35)

Fig. 4: COURBE DE COUPLE (Ns=200)

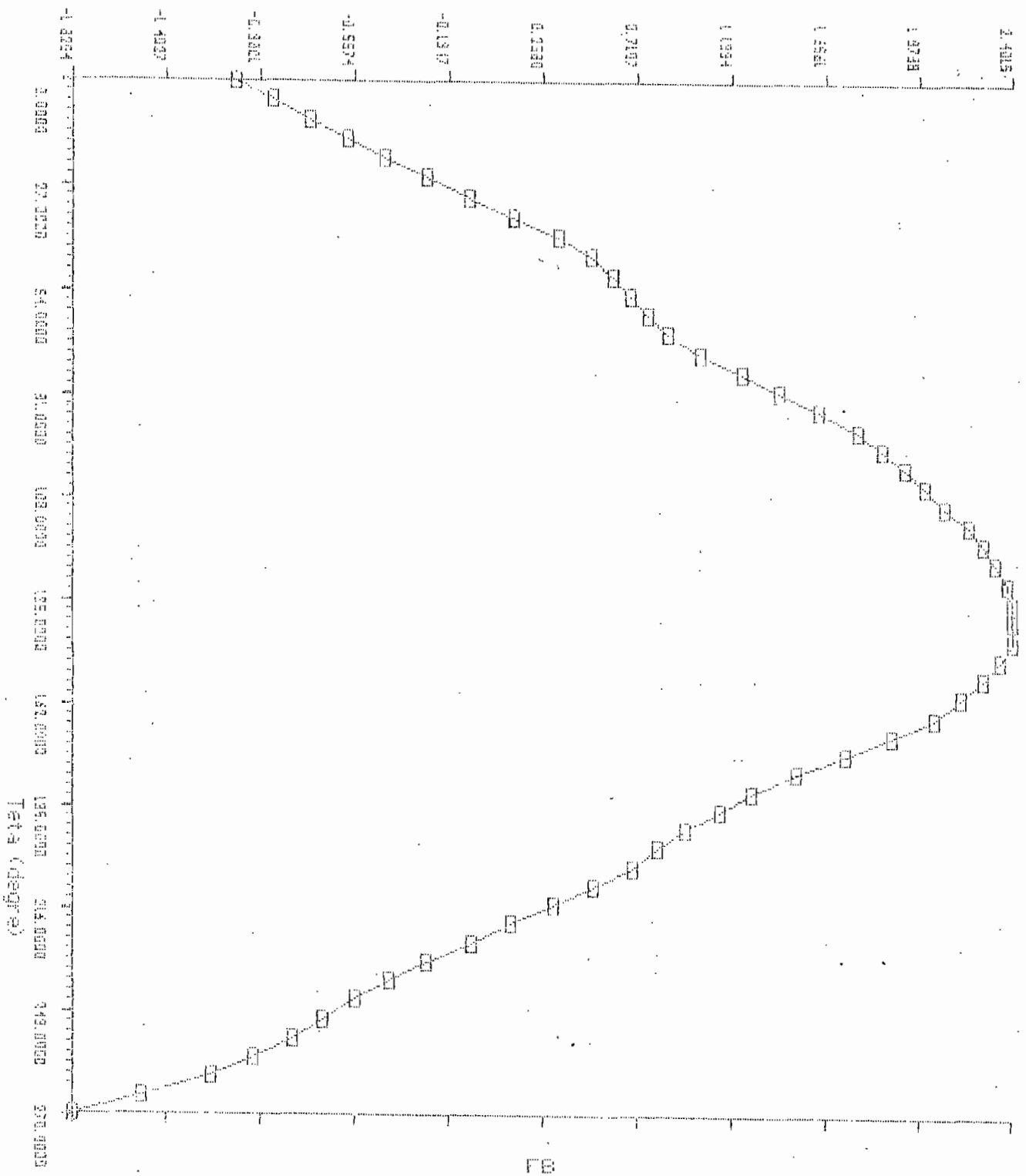
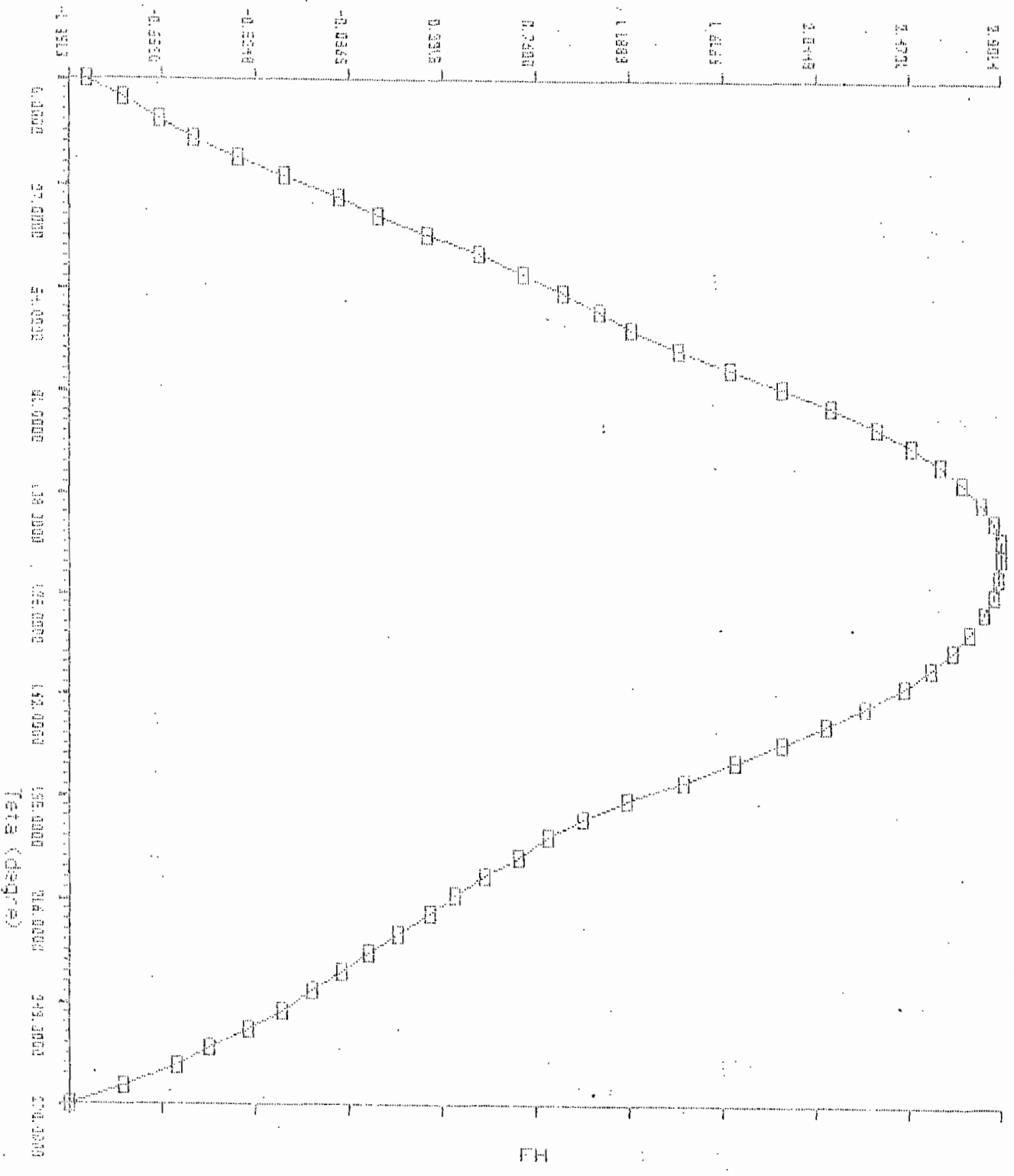


Fig. 3: COURBE DE PRESSION (Ns=200)



CHAPITRE 4 :
CONCLUSION ET
RECOMMANDATIONS

CHAPITRE 4
CONCLUSION ET
RECOMMANDATIONS

L'objectif principal de ce projet est d'établir un modèle numérique de pompe en régime transitoire. Cet objectif a été atteint par l'établissement des courbes $FH = f(\theta)$ et $FB = g(\theta)$ pour une pompe quelconque. Les seules données nécessaires pour la pompe sont soit ses courbes caractéristiques de la pompe soit, sa vitesse spécifique . Pour atteindre cet objectif, nous avons fait un certain nombre d'hypothèses. Nous avons considéré que $\alpha = 1$, et que la régression est polynômiale d'ordre 2. Nous avons supposé en outre une interpolation linéaire pour le calcul des valeurs de FH et FB en dissipation d'énergie et en turbine .

Il faut noter que l'étude est valable seulement pour les pompes dont les vitesses spécifiques sont comprises entre celles des pompes de référence .

L'analyse des résultats obtenus montre que les hypothèses que nous avons considérées sont acceptables. Il n'en demeure pas moins qu'il soit nécessaire de formuler les recommandations suivantes :

- dans le but de perfectionner le programme, il est nécessaire de créer une banque de données pour les pompes les plus utilisées dans le marché local ;
- calculer les valeurs de FH et de FB en dissipation d'énergie et en turbine par une interpolation double et faire la comparaison avec les résultats que nous avons obtenus ;
- retrouver à partir des valeurs de FH et FB les paires (H,Q) et (HP,Q) ;
- avoir la possibilité de choisir le degré de régression dans le programme.

LEXIQUE

Liste des symboles utilisés

- FH : valeur adimensionnelle , ordonnée de la courbe de pression .
- FB : valeur adimensionnelle , ordonnée de la courbe de couple .
- θ : valeur adimensionnelle , abscisse des courbes de pression et de couple ; inverse de la tangente de (α/v) .
- v : valeur adimensionnelle , rapport entre le débit et le débit nominal .
- h : valeur adimensionnelle , rapport entre la hauteur manométrique et la hauteur nominale .
- β : valeur adimensionnelle , rapport entre le couple et le couple nominal .

ANNEXE :

LISTING DU PROGRAMME

```

{$M 65520,0,655360 }
PROGRAM LINGUERE;

{$N+}
Uses crt,dos,graph,printer,grapher,grimpr ;

(* {$IFDEF CPU87}
   {$N+}
alors)           {i.e S'il y a une puce (coprocesseur)
                  { définir le type réel cō étant extended
(possible aussi pour)
Type Real=Extended; {les types double ,single et comp) }
{$Else}             {Sinon}
Type Extended=Real; {Définir Le type Extended cō Real}
{$ENDIF}           { C'est une des Forces de TPascal
                   La Déclaration Condinnelle } *)

TYPE
  tablette = array[1..56] of longint;
  MATRICE   = ARRAY [1..20,1..20] of extended;
  Contenu =Record
    tabX:tableaux;
    tabY1,tabY:tableaux;
    tabH:tableaux;
    tabHp:tableaux;
    TabCoef:tableaux;
  End;
  ENR1     = Record
    VarTT1: integer;
    VarH,VARHP : tableaux;
    VarFH,VARFB : tableaux;
end;
CONST
  Question : Array[1..2] of string
    = (' Est_ce la regression des HMT ?',
       ' Est_ce la regression des HP ?');

VAR
  fich :File of contenu;
  fic:file of enr1;
  coefficients:array[1..50,1..10] of extended;
  num:byte; N :MATRICE;
  ii,i,j:integer;
  teta,v,Ns1,Ns,Qr,hpr,hr :extended;
  coderetour :byte;
  DD,ch, reponsel,reponse:char;

```

```

tt1,nligne,ncol :integer;
tt,coef_correl:extended;
T,BB,B1,B2,C1,C2 : tableaux;
Q,H,pH,FH,Hp,FB,Beta,A,B,C,
X,Y,H_calc,HP_calc,coef,Y_calc      :tableaux;
Procedure lis_fichp(Var Ta:tableaux;Var Num:byte);forward;
Procedure affichagep(Ta:tableaux;NN:byte);forward;
Procedure Mp;Forward;
Procedure MSH;Forward;
Procedure MSP;Forward;
Procedure HMTFH;Forward;
Procedure HPFB; Forward;
Procedure DDANN (Ly,Lx :word; Var Tab :tableaux); Forward;

```

```

PROCEDURE Cadre(CoinSupY,CoinSupX,CoinInfY,CoinInfX:word;
titre:String);

```

```

Var v:word;
Begin
Clrscr; textbackground(7);textcolor(0);
gotoxy(coinSupY+10,CoinSupX-2);
textcolor(0+16);gotoxy(coinSupY+15,CoinSupX-2); write(titre);
Textcolor(0);
gotoxy(coinSupY,CoinSupX); write('┌');
gotoxy(CoinInfY,CoinSupX); write('┐');
gotoxy(coinSupY,CoinInfX); write('└');
gotoxy(coinInfY,CoinInfX); write('┘');
For v:=CoinSupY+1 To CoinInfY-1 Do
begin
gotoxy(v,CoinSupX);write('=');
gotoxy(v,CoinInfX);write('=')
end;
For v:=CoinSupX+1 To CoinInfX-1 Do
begin
gotoxy(CoinSupY,v);write('||');
gotoxy(CoinInfY,v);write('||')
end;
textbackground(0);textcolor(15)
End;

```

```

PROCEDURE CREER_TAB;

```

```

Type
Donnees=Record
Donnee:array [1..40,1..6] of real;
End;
Var TDonnee :Donnees;
Infile :file of donnees;

```

BEGIN

```
With TDonnee do
For j:=1 To 6 Do
Begin
cadre(1,3,75,25,'ENTRER LES VALEUR ');
For i:=1 To 40 DO
Begin
gotoxy(12+3*j,3+i);
Read(Donnee[i,j]);
End;
End;
Assign(Infile,'a:intn.dat');
{$I-}
reset(infile);
{$I+}
If IORESULT<>0 THEN REWRITE(INFILE);
seek(infile,filesize(infile));
write(infile,tdonnee);
END;
```

(*PROCEDURE DDANN (Ly,Lx :word;Var TAB:tableaux);

VAR

```
touche : char;
Correct:boolean;
Procedure Control_Deplacemt; forward;
Procedure Control_Deplacemt;
Begin
Repeat
gotoxy(Ly,Lx); touche:=Ucase(readkey);
IF touche=#0 Then touche:=Readkey;

case touche of

#027 : Begin end;{ escape }

{C Up} #072 : if (i>1) then
begin
Dec(i,1); Dec(Lx,1); gotoxy(Ly,Lx);
end;

{C Dwn} #080 : if i< 5 then
begin
inc(i,1); Inc(Lx,1); gotoxy(Ly,Lx);
end;
end; {case}
```

```

    until touche In ['0'..'9', '-', '+', 'E', '/', '*', #13, #27]
End;
BEGIN
    Repeat
        Control_deplacent;
        gotoxy(Ly,Lx); write(' '); gotoxy(Ly,Lx);
        textbackGround(7); textcolor(0);
        {$I-} Readln(Tab[i]); {$I+}
        Correct:=ioresult=0;
        If not correct then write(#7);
        textbackGround(0); textcolor(15);
        Until Correct;
    END; *)

PROCEDURE LIRE_VALH(VAR X,Y:tableaux;
                    VAR NLIGNE :INTEGER);

    (* introduire les valeurs de nligne et des tableaux x,y
*)

VAR
    ch : char;
BEGIN
    NLIGNE := 6;
    CADRE(15,10,75,24,'DONNEES DES DEBITS');
    gotoxy(25,14);write('Est_ce que les debits
ont été donnés une fois? : ');
    repeat
        reponse:=upcase(readkey);
        if not (reponse in ['N','O','Y']) then
            write(#07);
        until reponse in ['N','O','Y'];
        write(reponse);
        IF reponse In ['O','Y'] then
            begin
                i:=1;
                Repeat
                    gotoxy(30,15+i);
                    writeln(X[i]); i:=i+1;
                Until i=7;
                gotoxy(50,23); textcolor(0+16);write('Press any key to
continue');
                reponse:=readkey; textcolor(15);
            end
        ELSE
            begin
                Cadre(15,10,75,24,'DONNEES DES Q ');
                gotoxy(20,13);
                write(' Donner les debits en m^3/s ');
            end
        end
    end

```

```

    gotoxy(20,14);
    write('*****-----*****');
    for i:=1 to nligne do
    begin gotoxy(23,15+i); write(i,'°/');write(#032);
    {DDANN(28,15+i,X)};readln(X[i]);
    end;
end;
CADRE(15,10,75,24,'DONNES DES HMT');
gotoxy(30,13);
writeln('Donner les HMT ');
gotoxy(20,14);
write('*****-----*****');
For i:=1 to nligne do
begin gotoxy(23,15+i); write(i,'°/');write(#032);
{DDANN(28,15+i,Y)} ;readln(Y[i]);
end;
clrscr;
gotoxy(25,10);
write(' regression HMT et      HPterminee?');
reponse:=upcase(readkey);
IF reponse='O' then Halt(0);clrscr;
END (* procedure lire_val *);

```

PROCEDURE CREE_FICHH;

```

CONST
  nligne =6;
VAR
  fich :file of contenu;
  j:integer;  enr:contenu;
BEGIN
  clrscr;
  assign(fich,'a:lingh.dat');
  {$I-}
  reset(fich);
  {$I+}
  IF IORESULT<>0 then rewrite(Fich);
  with enr do
  Begin
    For i:=1 to nligne do
    begin  TabX[i]:=X[i]; tabY[i]:=Y[i];
          tabH[i]:=H_CALC[i];
          if i<4 then tabcoef[i]:=coef[i];
    end;
    seek(Fich,filesize(Fich));
    {$I-}
    write(fich,enr);
    {$I+}
  end;

```

```

    if IORESULT<>0 then write(#7,#7,#7);

    close(fich);
end;
j:=1;
repeat
    gotoxy(25,9+j);
    writeln('coef[' ,j, ']=' ,coef[j]:10:3);
    j:=j+1;
until j=4;      { fin affichage }
gotoxy(25,16);
write(' peser une touche pour continuer ');ch:=readkey;
clrscr;
END;      { procedure creation de fichier }

```

```
PROCEDURE ECRIRE_VALH;
```

```

    (* imprimer les resultats *)

CONST
    nligne =6;      ncol =3;
VAR
    I:INTEGER;
BEGIN
    CLRSCR;
    WRITELN('Ns=?');READLN(NS);
    GOTOXY(15,2);WRITELN({LST,}'POMPE DE Ns =' ,Ns:10:0);
    WRITELN;
    GOTOXY(15,4);WRITELN({LST,}' I          Q          H
H_CALC');
    FOR I:=1 TO NLLIGNE DO
    BEGIN
        GOTOXY(15,6+i);WRITELN({LST,}I:3
        ,X[I]:10:3,Y[I]:10:3,Y_CALC[I]:10 :3);
    END;
    GOTOXY(25,12);WRITELN({LST,}' 

|              |
|--------------|
| Coefficients |
|--------------|

 ');
    GOTOXY(25,13);WRITELN({LST,}' ');
    GOTOXY(25,14);WRITELN({LST,}' ');
    FOR I:=1 TO NCOL DO
    BEGIN
        GOTOXY(15,16+i);
        WRITELN({LST,}'COEF[' ,i, ']' = ',COEF[I]:15:4);
    END;
    GOTOXY(15,20);
    WRITELN({LST,}'Le coefficient de correlation est',
COEF_CORREL:8:5);
    GOTOXY(15,24);
    WRITELN('PESER UNE TOUCHE POUR CONTINUER ');ch:=readkey;

```

```

CLRSCR;
MSH;
END(* ecrire_val *);

```

```

PROCEDURE RESOUD (M:MATRICE;Y:tableaux;VAR COEF :tableaux;
                 NLIGNE:INTEGER;
                 VAR ERREUR:BOOLEAN);

```

```

VAR

```

```

    I,J :INTEGER;
    DET :extended;

```

```

FUNCTION DETER (M:MATRICE):extended;
    (* calculer le determinant d'une matrice 3-par-3 *)
    BEGIN (* fonction deter *)
        DETER:= M[1,1] * (M[2,2] * M[3,3] - M[3,2] * M[2,3])
              - M[1,2] * (M[2,1] * M[3,3] - M[3,1] * M[2,3])
              + M[1,3] * (M[2,1] * M[3,2] - M[3,1] * M[2,2])
    END (* fonction deter *);

```

```

PROCEDURE PREPAR(VAR N      : MATRICE ;
                 VAR COEF  : tableaux;
                 J      : INTEGER);

```

```

VAR

```

```

    I : INTEGER ;

```

```

BEGIN (* prepar *)
    FOR I:=1 TO NLIGNE DO
        BEGIN
            N[I,J]:= Y[I];
            IF J>1 THEN N[I,J - 1]:=M[I,J - 1]
            END;
            COEF[J] := DETER(N)/DET;
        END (* prepar *);

```

```

BEGIN (* procedure resoud *)
    ERREUR:= FALSE;
    FOR I:= 1 TO NLIGNE DO
        BEGIN
            FOR J := 1 TO NLIGNE DO
                N[I,J]:=M[I,J];
            END;
            DET:=DETER(N);
            IF DET=0.0 THEN
                BEGIN
                    ERREUR := TRUE;

```



```

        WRITELN('ERREUR:matrice singuliere')
    END
    ELSE
    BEGIN
        PREPAR (N,COEF,1);
        PREPAR (N,COEF,2);
        PREPAR (N,COEF,3)
    END (* else *)
END (* procedure resoud *);

PROCEDURE AJUST(X,Y :tableaux;
                VAR Y_CALC :tableaux;
                VAR COEF :tableaux;
                NLIGNE :INTEGER;
                VAR NCOL :INTEGER);

    (* ajustement de nligne points x-y a une parabole *)
    (* dans le sens des moindres carres *)

VAR
    M:MATRICE;
    G:tableaux;
    I:INTEGER;
    ERREUR:BOOLEAN;
    SOMME_X,SOMME_Y,SOMME_XY,SOMME_X2,
    SOMME_Y2,XI,YI,SXY,SXX,SYY,
    SOMME_X3,SOMME_X4,SOMME_2Y,DENOM,
    SRC,X2 :extended;
BEGIN (* ajust *)
    NCOL := 3 ;
    SOMME_X := 0 ;
    SOMME_Y := 0 ;
    SOMME_XY := 0 ;
    SOMME_X2 := 0 ;
    SOMME_Y2 := 0 ;
    SOMME_X3 := 0 ;
    SOMME_X4 := 0 ;
    SOMME_2Y := 0 ;
    FOR I:= 1 TO NLIGNE DO
        BEGIN
            XI := X[I];
            YI := Y[I];
            X2 := X[I]*X[I];
            SOMME_X := SOMME_X+XI;
            SOMME_Y := SOMME_Y+YI;
            SOMME_XY:= SOMME_XY+XI*YI;
            SOMME_X2:= SOMME_X2+X2;
            SOMME_Y2:= SOMME_Y2+YI*YI;
            SOMME_X3:= SOMME_X3+X2*XI;

```

```

        SOMME_X4:= SOMME_X4+X2*X2;
        SOMME_2Y:= SOMME_2Y+X2*YI
    END;
    M[1,1] := NLIGNE;
    M[2,1] := SOMME_X ; M[1,2] := SOMME_X;
    M[3,1] := SOMME_X2; M[1,3] := SOMME_X2;
    M[2,2] := SOMME_X2; M[3,2] := SOMME_X3;
    M[2,3] := SOMME_X3; M[3,3] := SOMME_X4;
    G[1] := SOMME_Y;
    G[2] := SOMME_XY;
    G[3] := SOMME_2Y;
    RESOUD(M,G,COEF,NCOL,ERREUR);
    SRC := 0.0;
    FOR I:= 1 TO NLIGNE DO
    BEGIN
        Y_CALC[I] :=COEF[1] + COEF[2] * X[I] + COEF[3] *
        SQR(X[I]);
        SRC := SRC + SQR(Y[I] - Y_CALC[I]);
    END;
    WRITELN('EST_CE LA REGRESSION DES HMT ?');
    REPOSE1:=UPCASE(READKEY);
    IF REPOSE1 ='O' THEN
    BEGIN
        FOR I:=1 TO NLIGNE DO
            H_CALC[i]:= Y_CALC[i];
        END
        ELSE
        BEGIN
            FOR I:=1 TO NLIGNE DO
                HP_CALC[i]:=Y_CALC[i];
            END;
        COEF_CORREL :=
        SQRT(1.0 - SRC/(SOMME_Y2 - SQR(SOMME_Y)/NLIGNE));
        WRITELN('CHOISIR DANS LE MENU SEC. LE FICHIER D''INT. ');
        WRITELN('PESER UNE TOUCHE POUR CONTINUER');CH:=READKEY;
        CLRSCR;
    END (* AJUST *);

```

```

FUNCTION en_radian(nbre:extended):extended;
BEGIN
    en_radian:=(pi/180)*nbre;
END;

```

```

FUNCTION tan(x:extended):extended;
BEGIN
    tan:=sin(x)/cos(x);
END;

```

```
PROCEDURE Calch;
```

```
  CONST
```

```
    nligne =37;ncol =6;
```

```
  VAR
```

```
    FH1,FH2,FH3,
```

```
    FB1,FB2,FB3      :tableaux; ch:char;
```

```
    FN :enr1;
```

```
PROCEDURE INTERPOLATION;
```

```
  Type
```

```
    Donnees=Record
```

```
      Donnee:array [1..40,1..6] of real;
```

```
    End;
```

```
  Var TDonnee :Donnees;
```

```
    Infile  :file of donnees;
```

```
    numenr  : integer;
```

```
  BEGIN
```

```
    assign(infile,'a:intn.dat');
```

```
    {$I-}
```

```
    reset(infile);
```

```
    {$I+}
```

```
    If IOresult<>0 Then
```

```
      Begin Clrscr; cadre(15,10,70,20,'ATTENTION');
```

```
        gotoxy(17,17); Write('FICHER DE DONNEES NON  
EXISTANT');
```

```
        delay(2000);
```

```
      End
```

```
    ELSE
```

```
    Begin
```

```
      Repeat
```

```
        cadre(15,10,70,15,'NUMERO D'ENREGISTREMENT ?');
```

```
        gotoxy(17,12); write('NB: Num <',Filesize(Infile)+1,' : ');
```

```
        readln(numenr);
```

```
        until numenr<=Filesize(Infile)+1;
```

```
        Seek(Infile,NumEnr-1);
```

```
        Read(Infile,TDonnee);
```

```
        close(infile);
```

```
        with tdonnee do
```

```
        BEGIN
```

```
          i:= 19;
```

```
          repeat
```

```
            j:=i-18;
```

```
            FH1[ i ]:= donnee[j,1];
```

```
            FH2[ i ]:= donnee[j,3];
```

```
            FH3[ i ]:= donnee[j,5];
```

```
            writeln(' FH1[' ,i, ']=' ,FH1[i]);
```

```
            i:=i+1;
```

```
          until i=56;(nligne+1);
```

```
        END;
```

```

i:=19;
writeln(' donner la vitesse specifique Ns :');
readln(Ns1);
Ns := round(Ns1);
repeat
  if (25<=Ns) and (Ns<=147) then
    FH[i]:=FH1[i]+(Ns-25)*(FH2[i]-FH1[i])/122;
  if (147<=Ns) and (Ns<=261) then
    FH[i]:=FH2[i]+(Ns-25)*(FH3[i]-FH2[i])/114;
    writeln('FH[' ,i, ']=',FH[i]);
    i:=i+1;
until i=56; {nligne+1;}
writeln('une touche pour continuer');ch:=readkey;
i:=19; tt:=90;
assign(fic,'a:morf2h.dat');
{$I-}
reset(fic);
{$I+}
if IOresult<>0 then rewrite(fic);
repeat
  ttl:=Round(tt);
  Fn.Vartt1 := ttl;
  Fn.Varh[i]:=0;
  Fn.Varfh[i]:=FH[i];
  i:=i+1;
  tt:=ttl+5;
until tt=275;
seek(fic,filesize(fic));
write(fic,fn);
close(fic);
write('peser une touche pour continuer');ch:=readkey;
clrscr;
END; {else du ioresult}
END;      { procedure interpolation }
BEGIN
  Cadre(5,4,50,10,' DEBITS ');
  gotoxy(7,6); write(' donner le debit nominal :');
  readln(Qr);
  gotoxy(7,8); write(' donner la Hauteur nominale :');
  readln(Hr);
  gotoxy(45,12); write('COEFFICIENTS:');
  gotoxy(45,14);write('Coef1 :',coef[1]:6:6);
  gotoxy(45,16);write('Coef2 :',coef[2]:6:6);
  gotoxy(45,18); write('Coef3 :',coef[3]:6:6);
  delay(2000);
  clrscr;
  i:=1; tt:=0;
  assign(fic,'a:morf2h.dat');
  {$I-}

```

```

reset(fic);
{$I+}
if IOresult<>0 then rewrite(fic);
REPEAT
  teta:=en_radian(tt);
  if tt=0 then begin v:= 1E+20 ;Q[i]:=Qr*1E20;end
  else
  begin
  v:=1/tan(teta);
  Q[i]:=Qr/tan(teta);
  end;
  tt:=(180/pi)*teta;
  tt1:=Round(tt);
  H[i]:= Coef[1] + coef[2]*Q[i] + coef[3]*sqr(Q[i]);
  writeln({LST,} 'tt1=',tt1 , '          H[' ,i, ']=' ,H[i]);
  writeln;

  PH[i]:= H[i]/Hr;
  FH[i]:= PH[i]/(1 + sqr(v) );
  fn.Vartt1:=tt1;
  fn.Varfh[i]:=FH[i];
  fn.Varh[i]:=H[i];
  seek(fic,filesize(fic));
  write(fic,fn);
  i:=i+1;
  tt:=tt1+5;
until tt=90;
writeln('peser une touche pour aller');ch:=readkey;
close(fic);
INTERPOLATION;
END;      { procedure calc}

```

```

PROCEDURE lire_fichh
  ( Var coef,H_calc,HP_calc:tableaux;
    coef_correl:extended);

```

```

CONST
  nligne=6; ncol=3;
VAR
  fich :file of contenu;
  enr:contenu;
  numehreg :integer;
  Termine:boolean;
  repons:char;
Begin
  assign(fich,'a:Lingh.dat');
  reset(fich);
  Termine:=false;

```

```

REPEAT
  clrscr;
  Writeln('LE NOMBRE D'ENREGISTREMENTS EST DE :
',FileSize(Fich));
  Write('ENTRER LE Numero d'enrgmt désiré : ');
  Readln(NumEnreg);
  Seek(Fich,NumEnreg-1);
  read(fich,enr);
  With Enr Do
  For i:=1 to nligne do
  begin
    if i<4 then coef[i]:=TabCoef[i];
    Q[i]:=tabX[i];
    H[i]:=tabY[i];
    H_CALC[i]:=tabH[i];
    writeln(Q[i],H[i],H_CALC[i]);
  end;
  j:=1;
  repeat
    writeln('coef[' ,j, '=' ,coef[j]);
    j:=j+1;
  until j=4;
  Gotoxy(25,25); write('LIRE UN AUTRE ENREGISTREMENT ? O/N');
  Repons:=Uppcase(readkey);
  IF REPONS='N' then termine:=true;
UNTIL TERMINE;
close(fich);
End; { procedure lire_fichh }

PROCEDURE ReelXY(x,y: integer;nbr:extended);

VAR chaine:string;
Begin
  str(nbr:10:4,chaine);
  outTextXY(x,y,chaine);
End;

PROCEDURE inf(nb1:extended;var nb2,nb3:extended);

Begin
  if nb1<nb2 then nb3:=nb1 else nb3:=nb2;
End;

FUNCTION InfTableau(var A:tableaux;var nb:byte;NN:byte):extended;

var
  Max,interm:extended;
  temp:byte;i:byte;

```

```

Begin
  Max:=5E10;Interm:=Max;
  For i:=1 to NN do
    Begin
      inf(max,A[i],max);
      if max<interm then temp:=i;
      interm:=max;
    End;
  Nb:=temp; inftableau:=interm;
End;

```

```

PROCEDURE Sup (nb1:extended;var nb2,nb3:extended);
  Begin
    if nb1<nb2 then nb3:=nb2 else nb3:=nb1;
  End;

```

```

FUNCTION SupTableaux(var A:tableaux;NN:byte):extended;
  var
    Min:extended;
    i:byte;
  Begin
    min:=-5E10;
    for i:=1 to NN do Sup(min,A[i],min);
    supTableaux:=min;
  End;

```

```

PROCEDURE ordonner(var a,b:tableaux;NN:byte);
  var
    maxi,mini,attente,Maximum:extended;
    A1,B1:tableaux;
    Ay,x,y,z,t,miny:byte;
  Begin
    maxi:= supTableaux(A,NN);
    mini:=infTableau(B,Miny,NN);
    Maximum:=Maxi+10;
    For x:=1 to NN do
      Begin
        attente:=infTableau(A,ay,NN);
        A1[x]:=attente;B1[x]:=B[ay];
        A[ay]:=Maximum;
      End;
    For y:=1 to NN do
      Begin
        A[y]:=A1[y];
        B[y]:=B1[y];
      End;
    End;
End;

```

```

PROCEDURE  AXES(A,B,C:tableaux;NN:byte);

VAR
  x,x1,x2,y,z,w,grmode,grdriver:integer;
  d:char;
  nb,nc,na,i,j,k :byte;
  tex:string;
  PasA,PasB,PasC,PtA,Ptb,Ptc,fa,fc,fb:extended;
  Ax,By,Cy:tablette;
begin

  PtB:=inftableau(B,nB,NN);
  PasB:=(SupTableaux(B,NN)-PtB)/7;
  PtC:=inftableau(C,nC,NN);
  PasC:=(SupTableaux(C,NN)-PtC)/7;
  PtA:=inftableau(A,nA,NN);
  PasA:=(SupTableaux(A,NN)-PtA)/7;
  write('pasA=   ',pasA:12:4,'   PasB   ',pasB:12:4);
  readln;
  detectgraph(grdriver,grmode);
  initgraph(grdriver,grmode,'');
  rectangle(150,5,570,145);
  rectangle(150,180,570,320);
  settextstyle(smallfont,0,4);
  X1:=145;  I:=1;
  X2:=320;
  fA:=PtA; fB:=PtB; fC:=PtC;
  repeat
    line(150,x1,570,x1); ReelXY(70,x1,fB);
    line(150,X2,570,x2); ReelXY(70,x2,fC);
    fb:=fb+PasB;  fc:=fc+PasC;
    x1:=X1-20;
    x2:=x2-20;
    i:=i+1;
  until i=9;
  Tabs:='teta(degre)';
  x1:=150;
  i:=1;
  repeat
    line(x1,5,x1,145);
    line(x1,180,x1,320);
    ReelXY((x1-30),162,fA);
    fA:=fA+PasA;
    x1:=X1+60;
    i:=i+1;
  until i=9;
  i:=0;

```



```

Repeat   {calcul des coord. normalisées }
  i:=i+1;
  Ax[i]:= Round(((A[i]-ptA)/pasA)*60)+150;
  By[i]:= 145-Round(((B[i]-ptB)/pasB)*20);
  Cy[i]:= 320-Round(((C[i]-ptC)/pasC)*20);
until i=NN;
setlinestyle(0,0,3);
For j:=1 to NN-1 do  { tracé des courbes }
begin
  Line(Ax[j],By[j],Ax[j+1],By[j+1]);
  Line(Ax[j],Cy[j],Ax[j+1],Cy[j+1]);
  delay(200);
end;
END;

```

```

PROCEDURE LIS_FICHH ( VAR Ta:tableaux;Var num:byte );

```

```

VAR
  i,j,NN:byte;
  Fn1,Fn2 :enr1;
begin
  i:=1; tt:=0;
  assign(fic,'a:morf2h.dat');
  reset(fic);
  seek(Fic,Filesize(fic)-2); Read(fic,fn1);
  Seek(Fic,Filesize(fic)-1); Read(fic,fn2);
  Close(fic);
  repeat
    tt1:=Round(tt);
    IF i<19 Then Ta[i]:=Fn1.VarFH[i]
    Else Ta[i]:=Fn2.VarFH[i];
    writeln('A[' ,i, ' ]          =',Ta[i]);
    i:=i+1;
    tt:=tt1+5;
  until tt=275;
  write('peser une touche pour continuer');ch:=readkey;
  clrscr;
  num:=i-1;
END; { lis_fichh}

```

```

PROCEDURE cls;
VAR i:byte;
begin
  for i:=1 to 20 do
  begin
    gotoxy(3,(4+i));
    writeln(' :
    :');
  end;
end;

```

```

    end;
end;

PROCEDURE Affichageh (Ta:tableaux;NN:byte) ;
VAR
    i,j:byte;      B:tableaux;
    Qr:extended;
BEGIN
    i:=1;tt:=0;
    repeat
        tt1:=round(tt);
        B[i]:=tt1;
        BB[i]:=tt1;
        i:=i+1;
        tt:=tt1+5;
    until tt=275;
    j:=1;
    Repeat
        i:=1;
        cls;
        gotoxy(3,2);
        writeln({LST,})'
        gotoxy(3,3);
        writeln({LST,})' :           Tt(degré)           :           FH
                : ');
        gotoxy(3,4);
        writeln({LST,})'
        for i:=1 to 20 do
            if j<NN then
                begin
                    gotoxy(3,(4+i));
                    writeln({LST,})' :
                            : ');
                    gotoxy(3,(4+i));
                    writeln({LST,})' : ',B[j]:17:0,           ':           ',Ta[j]:17:4
                );
                j:=j+1;
            end;
            gotoxy(3,(4+i));
            writeln({LST,})'
            writeln;
            write('Peser Une touche pour continuer ');ch:=readkey;
            cls;
        until (j=NN) or (ch=#27);
    END;
END;

```

```
PROCEDURE PG;
```

```
  BEGIN
```

```
  gotoxy(20,10);write(' ');
  gotoxy(20,11);write(' *E.* P.*DE**THIES** ');
  gotoxy(20,12);write(' PROJ. DE FIN D'ETUDES ');
  gotoxy(20,13);write(' AUTEUR: MOR T. NDIAYE ');
  gotoxy(20,14);write(' DIRECTEUR:Mr S.TAMBA ');
  gotoxy(20,15);write(' DEPARTEMENT G. CIVIL ');
  gotoxy(20,16);write(' ');
  gotoxy(20,17);write(' Sujet : ET. NUM. POMPE ');
  gotoxy(20,18);write(' ');
  delay(200);
  end;
```

```
PROCEDURE MP ; (* menu principal *)
```

```
  VAR
```

```
    chiffre:integer;
```

```
  BEGIN
```

```
    clrscr;
```

```
    textbackground(7);textcolor(0);
```

```
    gotoxy(1,12);
```

```
    writeln(' taper 1 pour retourner en turbo ');
```

```
    writeln(' taper 2 pour resolution de FH ');
```

```
    writeln(' taper 3 pour resolution de FB ');
```

```
    writeln(' ');
```

```
  textbackground(0);textcolor(15);
```

```
  read(chiffre);
```

```
  case chiffre of
```

```
    1: Halt(0);
```

```
    2: Begin
```

```
      Tord := 'FH';
```

```
      Tgal :='Fig1: COURBE DE PRESSION';
```

```
      HMTFH;
```

```
    end;
```

```
    3: Begin
```

```
      Tord :='FB';
```

```
      Tgal :='Fig2: COURBE DE COUPLE';
```

```
      HPFB;
```

```
    end;
```

```
  end;
```

```
END
```

```

PROCEDURE MSH ; (* menu secondaire pour H *)

VAR
  chiffre:integer;
BEGIN
  textbackground(7);textcolor(0);
  gotoxy(1,12);
  w r i t e l n ( '
  writeln('
  regression ');
  writeln('
  ');
  writeln('
  ');
  writeln('
  ');
  w r i t e l n ( '
  ');
  textbackground(0);textcolor(15);
  read(chiffre);
  case chiffre of
    1: ECRIRE_VALH;
    3: HALT(0);
    4: creer_tab;
  end;
  if chiffre =2 then begin clrscr; gotoxy(15,23);
  write('peser une touche pour continuer');ch:=readkey; end;

end;

PROCEDURE HMTFH;

VAR
  B,C : tableaux;NN:byte;
BEGIN
  clrscr;
  LIRE_VALH( X,Y,NLIGNE );
  AJUST(X,Y,Y_CALC,COEF,NLIGNE,NCOL);
  msh;
  CREE_FICHH;
  lire_fichh(coef,H_CALC,HP_calc,coef_correl);
  CALCH;
  lis_fichh (T,Num);
  Affichageh (T,Num) ;
END;

```

```

PROCEDURE LIRE_VALP(VAR X,Y:tableaux;
                   VAR NLIgne:INTEGER );
  (* introduire les valeurs de nligne et des tableaux x,y *)

VAR
  ch : char;
BEGIN
  nligne :=6;
  CADRE(15,10,75,24,'DONNEES DES DEBITS');
  gotoxy(25,14);write('Est_ce que les debits ont été une fois
donnés ? : ');
  repeat
    reponse:=upcase(readkey); if not (reponse in ['N','O','Y'])
then
    write(#07);
    until reponse in ['N','O','Y'];
    write(reponse);
    IF reponse In ['O','Y'] then
    begin
      For i:=1 to nligne do
        gotoxy(30,15+i);
        writeln(X[i]);
        gotoxy(50,23); textcolor(0+16);write('Press any key to
continue');
        reponse:=readkey; textcolor(15);
      end
    ELSE
    begin
      Cadre(15,10,75,24,'DONNEES DES Q ');
      gotoxy(20,13);
      write(' Donner les debits en m^3/s ');
      gotoxy(20,14);
      write('*****-----*****');
      For i:=1 to nligne do
        begin
          gotoxy(24,15+i);write(i,'°/');write(#032);
          {DDANN(28,15+i,X);}
          readln(X[i]);
        end;
      end;
      CADRE(15,10,75,24,'DONNES DES HP');
      gotoxy(30,13);
      writeln('donner les HP ');
      gotoxy(20,14);
      write('*****-----*****');
      for i:=1 to nligne do
        begin gotoxy(24,15+i);write(i,'°/');write(#032);
          {DDANN(28,15+i,Y);}
          readln(Y[i]);
        end;
    end;

```

```

clrscr;
gotoxy(25,23);
write('est ce regression
HMT et HP terminee ?');
reponse:=upcase(readkey);
IF reponse='O' then Halt(0);
clrscr;
END (* procedure lire_valp *);

```

```
PROCEDURE ECRIRE_VALHP;
```

```
(* imprimer les resultats *)
```

```

CONST
  nligne =6;      ncol =3;
VAR
  I:INTEGER;
BEGIN
  CLRSCR;
  WRITELN;
  WRITELN('Ns=?');READLN(NS);
  GOTOXY(15,2);WRITELN({LST,}'POMPE DE Ns =',Ns:10:0);
  GOTOXY(15,4);WRITELN({LST,}' I          Q          HP
HP_CALC');
  FOR I:=1 TO NLLIGNE DO
  BEGIN
    GOTOXY(15,6+i);WRITELN({LST,}I:3,X[I]:10:3,
Y[I]:10:3,Y_CALC[I]:10:3);
  END;
  GOTOXY(25,12);WRITELN({LST,}' 

|              |
|--------------|
| Coefficients |
|--------------|

 ');
  GOTOXY(25,13);WRITELN({LST,}' ');
  GOTOXY(25,14);WRITELN({LST,}' ');
  FOR I:=1 TO NCOL DO
  BEGIN
    GOTOXY(15,16+i);
    WRITELN({LST,}'COEF[' ,i, ' ] = ',COEF[I]:15:4);
  END;
  GOTOXY(15,20);
  WRITELN({LST,}'Le coefficient de correlation est',
COEF_CORREL:8:5);
  GOTOXY(15,24);
  WRITELN('PESER UNE TOUCHE POUR CONTINUER ');ch:=readkey;
  CLRSCR;
  MSP;
END(* ecrire_val *);

```

```

PROCEDURE CREE_FICHP;
Var Enregt:contenu;
BEGIN
  clrscr;
  assign(fich,'a:linghp.dat');
  {$I-}
  reset(fich);
  {$I+}
  IF IoResult<>0 Then rewrite(Fich);

  With Enregt DO
  Begin
    for i:=1 To Nligne do
    begin
      TabX[i]:=X[i]; tabY1[i]:=Y[i];
      TabHp[i]:=HP_CALC[i];
      if i<4 then TabCoef[i]:=Coef[i];
    end;

    Seek(Fich,Filesize(Fich));
    {$I-}
    write(fich,enregt);
    {$I+}
    If ioresult<>0 Then write(#7,#7,#7);
    close(fich);
    write(' peser une touche pour continuer ');ch:=readkey;
    clrscr;
  End; {with}
END;      { procedure creation de fichier }

```

```

PROCEDURE lire_fichp;

CONST
  nligne=6; ncol=3;
VAR
  fich :file of contenu;
  enr:contenu;
  numenreg :integer;
  Termine:boolean;
  repons:char;
Begin
  assign(fich,'a:Linghp.dat');
  reset(fich);
  Termine:=false;

```

```

REPEAT
clrscr;
  Writeln('LE NOMBRE D'ENREGISTREMENTS EST DE :
',FileSize(Fich));
  Write('ENTRER LE Numero d'enrgmt désiré : ');
  Readln(NumEnreg);
  Seek(Fich,NumEnreg-1);
  read(fich,enr);
  With Enr Do
    For i:=1 to nligne do
      begin
        if i<4 then coef[i]:=TabCoef[i];
        Q[i]:=tabX[i];
        HP[i]:=tabY1[i];
        HP_CALC[i]:=tabHP[i];
        writeln(Q[i],HP[i],HP_CALC[i]);
      end;
  j:=1;
  repeat
    writeln('coef[' ,j, '=' ,coef[j]);
    j:=j+1;
  until j=4;
  Gotoxy(25,25); write('LIRE UN AUTRE ENREGISTREMENT ? O/N');
  Repons:=Uppcase(readkey);
  IF REPONS='N' then termine:=true;
  UNTIL TERMINE;
  close(fich);
End; { procedure lire_fichp }

PROCEDURE Calcp;

CONST
  nligne =37;
  ncol =6;

VAR
  FH1,FH2,FH3,
  FB1,FB2,FB3      :tableaux; ch:char;
  FN :enrl; NN:byte;

PROCEDURE INTERPOLATION;

Type
  Donnees=Record
    Donnee:array [1..40,1..6] of real;
  End;
Var TDonnee :Donnees;
  Infile  :file of donnees;
  numer  : integer;
BEGIN

```



```

assign(infile,'a:intn.dat');
{$I-}
reset(infile);
{$I+}
IF IOresult<>0 Then
Begin Clrscr; cadre(15,10,70,20,'ATTENTION');
gotoxy(17,17); Write('FICHER DE DONNEES NON
EXISTANT');
        delay(2000);
End
ELSE
BEGIN
Repeat
cadre(15,10,70,15,'NUMERO D'ENREGISTREMENT ?');
gotoxy(17,12); write('NB: Num <',Filesize(Infile)+1,' : ');
readln(numenr);
until numenr<Filesize(Infile)+1;
Seek(Infile,NumEnr-1);
Read(Infile,TDonnee);
close(infile);
WITH Tdonnee do
Begin
i:= 19;
repeat
j:=i-18;
FB1[ i ]:= donnee[j,2];
FB2[ i ]:= donnee[j,4];
FB3[ i ]:= donnee[j,6];
writeln(' FB1[' ,i, ']=' ,FB1[i]); sound(357);
delay(2); nosound;
i:=i+1;
until i=56;{ nligne+1;}
End;
i:=19;
write(' Donner la vitesse specifique Ns :');
readln(Ns1);
Ns := round(Ns1);
Repeat
if (25<= Ns) and (Ns<= 147) then
FB[i]:=FB1[i]+(Ns-25)*(FB2[i]-FB1[i])/122;
if (147<=Ns) and (Ns<=261) then
FB[i]:=FB2[i]+(Ns-25)*(FB3[i]-FB2[i])/114;
writeln('FB[' ,i, ']=' ,FB[i]); write(#7);
i:=i+1;
Until i= 56; {nligne+1;}
TextBackground(7); textcolor(0+16);
writeln(' Peser touche pour continuer');ch:=readkey;
TextBackground(0); textcolor(15);
i:=19; tt:=90;

```

```

assign(fic, 'a:morhp.dat');
{$I-}
  reset(fic);
{$I+}
  IF IOresult<>0 then Begin {$I-} rewrite(fic); {$I+} End;
  Repeat
    tt1:=Round(tt);
    Fn.Vartt1:=tt1;
    Fn.Varhp[i]:=0;
    Fn.Varfb[i]:=FB[i];
    i:=i+1;
    tt:=tt1+5;
  Until tt=275;
  {$I-}
  seek(fic, filesize(fic));
  {$I+}
  {$I-}
  write(fic, fn);
  {$I+}
  {$I-}
  close(fic);
  {$I+}
  write('peser une touche pour continuer');ch:=readkey;
END; {else du ioresult}
END;      { procedure interpolation }
BEGIN
  Cadre(5,4,50,10, ' DEBITS ');
  gotoxy(7,6); write(' donner le debit nominal :');
  readln(Qr);
  gotoxy(7,8); write(' donner la Puissance nominale :');
  readln(Hpr);
  gotoxy(45,12); write('COEFFICIENTS:');
  gotoxy(45,14);write('Coef1 :',coef[1]:6:6);
  gotoxy(45,16);write('Coef2 :',coef[2]:6:6);
  gotoxy(45,18); write('Coef3 :',coef[3]:6:6);
  clrscr;
  i:=1; tt:=0;
  assign(fic, 'a:morhp.dat');
  {$I-}
  reset(fic);
  {$I+}
  if IOresult<>0 then rewrite(fic);
  REPEAT
    teta:=en_radian(tt);
    if tt=0 then begin v:= 1E+20 ;Q[i]:=Qr*1E20;end
    else
    begin
      v:=1/tan(teta);
      Q[i]:=Qr/tan(teta);
    end;

```

```

    tt:=(180/pi)*teta;
    tt1:=Round(tt);
    HP[i]:= Coef[1] + coef[2]*Q[i] + coef[3]*sqr(Q[i]);
    writeln('tt1=',tt1 , ' HP[' , i, ']=' ,HP[i]);
    Beta[i]:= HP[i]/HPr;
    FB[i]:= Beta[i]/(1 + sqr(v) );
    Fn.Varvtt1:=tt1;
    Fn.Varhpr[i]:=HP[i];
    Fn.Varfb[i]:=FB[i];
    i:=i+1;
    tt:=tt1+5;
until tt=90;
seek(fic, filesize(fic));
write(fic,fn);
close(fic);
INTERPOLATION;
lis_fichp(T,Num);
END;      { procedure calc}

```

```

PROCEDURE LIS_FICHP ( VAR Ta:tableaux;Var num:byte );

```

```

VAR
    i,j,NN:byte;
    Fn1,Fn2 :enr1;
begin
    i:=1; tt:=0;
    assign(fic,'a:morhp.dat');
    reset(fic);
    seek(Fic,Filesize(fic)-2); Read(fic,fn1);
    Seek(Fic,Filesize(fic)-1); Read(fic,fn2);
    Close(fic);
    repeat
        tt1:=Round(tt);
        IF i<19 Then Ta[i]:=Fn1.VarFB[i]
        Else Ta[i]:=Fn2.VarFB[i];
        writeln('A[' , i, ']' =',Ta[i]);
        i:=i+1;
        tt:=tt1+5;
    until tt=275;
    Num:=i-1;
    delay(2000);
    affichagep(T,Num);
END; { procedure lis_fichp}

```

```
PROCEDURE Affichagep (Ta:tableaux;NN:byte) ;
```

```
VAR
  i,j:byte;      B:tableaux;
  Qr:extended;
BEGIN
  i:=1;tt:=0;
  repeat
    tt1:=round(tt);
    B[i]:=tt1;
    i:=i+1;
    tt:=tt1+5;
  until tt=275;
  j:=1;
  Repeat
    i:=1;
    cls;
    gotoxy(3,2);
    writeln({LST,}'-----:-----:');
    gotoxy(3,3);
    writeln({LST,}' : Tt(degré)   : FB   : ');
    gotoxy(3,4);
    writeln({LST,}' :-----:-----:');
    for i:=1 to 20 do
      if j<NN+1 then
        begin
          gotoxy(3,(4+i));
          writeln({LST,}' :           :           : ');
          gotoxy(3,(4+i));
          writeln({LST,}' :',B[j]:17:0,' :',Ta[j]:17:4   );
          bb[j]:=B[j]; T[j]:=Ta[j];
          j:=j+1;
        end;
      gotoxy(3,(4+i));
      writeln({LST,}' :-----:-----:');
      writeln;
      write('Peser Une touche pour continuer ');ch:=readkey;
      cls;
    until (j=NN+1) or (ch=#27);

  END;
```

```
PROCEDURE MSP ; (* menu secondaire pour HP *)
```

```
VAR
  chiffre:integer;
BEGIN
  textbackground(7);textcolor(0);
  gotoxy(1,12);
```

```

writeln(' taper 1 pour affichage regression ');
writeln(' taper 2 pour visualisat°graphiq ');
writeln(' taper 3 pour retourner en turbo ');
writeln(' taper 4 pour fichier interpol. ');
writeln(' taper 5 pour graphisme ');
writeln('
textbackground(0);textcolor(15);
read(chiffre);
case chiffre of
  1: ECRIRE_VALHP;
  3: HALT(0);
  4: creer_tab;
end;
if chiffre =2 then begin clrscr; gotoxy(15,23);
write('peser une touche pour continuer');ch:=readkey; end;
END;

```

PROCEDURE HPFB;

```

VAR
  A,B,C : tableaux;
BEGIN
  clrscr;
  LIRE_VALP(X,Y,NLIGNE);
  AJUST(X,Y,Y_CALC,COEF,NLIGNE,NCOL);
  MSP;
  CREE_FICHP;
  LIRE_FICHP;
  CALCP;
END;
BEGIN (programme principal )
  clrscr;
  PG;
  MP;
  readln;
  Tabs:='Teta (degre) ';
  trace_courbe(BB,T,Num);
  settxtstyle(Smallfont,0,4);
  imprime_ecran(coderetour);
  closegraph;
END.

```

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUE

OUVRAGES

AUTEURS

- | | |
|---|----------------|
| 1. Fluid transients | Wylie/Streeter |
| 2. Les turbopompes | A.Troskolanski |
| 3. catalogue Bombas ITUR | |
| 4. Applied Hydraulic
Transients | Hanif Chaudry |
| 5. Les pompes centrifuges
conception et règles d'utilisation | |