

MINISTERE DE L'EDUCATION NATIONALE

Institut des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral

## MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

*En vue de l'obtention du Diplôme*

**D'INGENIORAT D'ETAT EN AMENAGEMENT ET  
PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT**

*Option : Aménagement du Littoral*

### THEME

## **Contribution A l'Etude de l'Aménagement d'un Port Mixte A RAIS-HAMIDOU**

Présenté le : Juin 1993

Présenté par :

Melle. MOHAMED SAHNOUN Naima  
Mr. REBBA Adnan

Devant le Jury composé de :

Mr. BOULAHIDID	M	-	Président.
Mr. BOUTIBA	M	-	Rapporteur.
Mr. BERNAOUI	O	-	Examineur.
Melle KORICHI	H	-	Examineur.

PROMOTION 1993

## *Dédicaces*

• *Nous dédions cet humble travail à :*

*ma douce et merveilleuse maman, Hassiba  
mon papa chéri, Mohamed  
ma grand-mère,  
Ma mami  
mes très chères soeurs, Amel et Amina  
mon Oncle, Abdelkader  
Adnan, et à tous mes ami(e)s*

*M.S. Naïma*

*La plus merveilleuse des mères, Daou  
La plus douce des grand-mères, Mâ  
Mon grand Oncle, Lakhdar  
mon unique soeur, Dyna  
mes chers frères  
Naïma, et à tous mes ami(e)s d'ici et de GHARDAIA*

*R. Adnan*

## *Remerciements.*

*Nos remerciements s'adressent à tous ceux qui ont contribué, chacun dans son domaine, au bon déroulement de ce travail.*

*Tout d'abord, nous tenons à remercier monsieur le Docteur Mustapha-BOULAHIDJ qui nous a fait le grand honneur d'avoir voulu accepter de présider notre jury de mémoire et de s'être efforcé d'y trouver un intérêt.*

*L'immense reconnaissance contractée tout au long de la réalisation de cette étude va à monsieur Makhlouf-BOUTIBA, chargé de cours pour sa précieuse et permanente aide d'encadrement.*

*Nous remercions également Mademoiselle KORICHI et monsieur BERNAOUI qui nous font l'honneur de participer au jugement de notre travail.*

*Nos remerciements vont aussi à mesdames et messieurs les ingénieurs du L.E.M qui ont fait preuve de grande patience en nous accueillant dans leur service.*

*Enfin, nous ne saurions oublier messieurs BENANI chérif, CHAHMANA Med.Amine, ZERROUKI Samir et CHOUIAL Rabah qui ont assuré la frappe de ce mémoire avec dévouement, compétence et beaucoup de soin.*

# SOMMAIRE:

	Page
<i>INTRODUCTION</i>	1
<i>CHAPITRE -I- Situation géographique</i>	2
<i>CHAPITRE -II- Données hydrographiques</i>	
II.1 Les vents	3
II.1.1 Représentation graphique des vents	4
II.1.2 Interprétation des roses des vents	4
II.1.3 Tempêtes	6
II.2 Les Houles	6
II.2.1 Houle au large	6
II.2.1.1 Statistique de la houle au large	6
a-Représentation graphique des houles	12
b-Interprétation des roses des houles	12
II.2.1.2 Calcul des Hs, fréquence et probabilité de retour	12
II.2.2 Houle à la côte	23
II.2.2.1 Réfraction	23
II.2.2.2 Détermination de la houle de projet H'o	23
II.2.2.3 Etude du déferlement	24
a-Calcul du déferlement par la méthode des abaques	24
b-Classification des déferlements	29
c-Détermination de la Cambrure	29
II.3 Les marées	30
II.4 Les courants	31
<i>CHAPITRE -III- Données physiques de base</i>	
III.1 Etude topographique	32
III.2 Etude bathymétrique	32
III.3 Sondage à la lance	32
III.4 Inspection des ouvrages existants	32

## CHAPITRE -IV- Détermination des besoins

IV.1	Répartition de la demande	34
IV.1.1	Hypothèses de répartition des embarcations de pêche	35
IV.1.2	Hypothèses de répartition des embarcations de plaisance	35
IV.2	Equipements de superstructure	36 37
IV.2.1	Equipements de mise à sec des bateaux	36 37
IV.2.1.1	Parking	36 37
IV.2.1.2	Maintenance et carénage	36 37
	a-Surface nécessaire par type d'embarcation	
	b-Surface de maintenance par type de bateaux	
IV.3	Infrastructure de fonctionnement	38
IV.3.1	Réseaux et équipements annexes	38
IV.3.2	Réseaux télécommunication	38
IV.3.3	Energie électrique	38
IV.3.4	Réseau assainissement et sanitaires	38
IV.4	Récapitulatif des surfaces nécessaire	39

## CHAPITRE -V- Description de la variante d'aménagement et essais d'agitation

V.1	Description de la variante d'aménagement	40
V.2	Essais d'agitation	40
V.2.1	Description du modèle	41
V.2.1.1	Génération de la houle	41
V.2.1.2	Résultats et essais d'agitation	41
V.2.1.3	Conclusion	42
V.2.2	Essai d'agitation du port RAIS-HAMIDOU	44
V.2.3	Conclusion	46

## CHAPITRE -VI- Prédimensionnement

VI.1	Ouvrages de protection	47
VI.1.1	Jetée principale	47
VI.1.1.1	Profil courant	47
	a-Carapace	
	*Dimension du B.C.R	
	b-Sous-couches	
	c-Noyau	
	d-Butée de pied	
VI.1.1.2	Musoir	50
	a-Carapace	
	b-Dimension du B.C.R	
VI.1.1.3	Couronnement	52

VI.1.1.4	Calcul du franchissement	52
	a-Profil courant	
	b-Profil au Mousoir	
VI.1.1.5	Calcul de la quantité de matériaux	54
VI.1.2	Protéction du terre-plein	57
VI.2	Ouvrages d'accostage	57
VI.2.1	Quais	57
VI.2.2	Appontements	58

## CHAPITRE -VII- *Calcul de stabilité*

VII.1	Calcul de stabilité du quai à (-3.50m)	59
VII.1.1	Calcul des Volumes,Poids,Moments et Centres de gravité	62
VII.1.2	Bilan des charges permanentes	66
VII.1.3	Calcul des poussées	67
VII.1.3.1	Poussées des terres	68
VII.1.3.2	Surcharges	70
VII.1.3.3	Force de Bollards	70
VII.1.3.4	Poussée hydrodynamique	70
VII.1.3.5	Cas statique	71
	a-Stabilité an renversement	
	b-Stabilité au glissement	
VII.1.3.6	Cas dynamique	72
	a-Stabilité an renversement	
	b-Stabilité au glissement	
VII.2	Calcul de stabilité du quai à (-2.50m)	73
VII.2.1	Calcul des Volumes,Poids,Moments et Centres de gravité	73
VII.2.2	Bilan des charges permanentes	74
VII.2.3	Calcul des poussées	76
VII.2.3.1	Poussées des terres	76
VII.2.3.2	Surcharges	77
VII.2.3.3	Poussée hydrodynamique	78
VII.2.3.4	Cas statique	78
	a-Stabilité an renversement	
	b-Stabilité au glissement	
VII.2.3.5	Cas dynamique	79
	a-Stabilité an renversement	
	b-Stabilité au glissement	
VII.3	Calcul de stabilité de l'appontement	80
VII.3.1	Efforts verticaux	80
VII.3.1.1	Poids propre de la structure	80
VII.3.1.2	Surcharge	82
VII.3.2	Efforts horizontaux	82
VII.3.3	Stabilité au glissement et au renversement	82
	a-Stabilité au glissement	
	b-Stabilité au glissement	

- \*Annexe-1 : Réfraction
- \*Annexe-2 : Plans
- \*Bibliographie

## *INTRODUCTION*

Le littoral ,est un monde mystérieux-notre ami,notre pourvoyeur ,il est considéré comme une frontière naturelle qui assure la jonction entre les milieux marin et terrestre. Et comme une zone favorable à la réception des installations portuaires nécessaires aux liaisons avec l'outre-mer et aux activités halieutiques .Son role économique s'est considérablement développé durant la deuxième moitié de ce siècle au rythme des relations économiques internationales; Il est donc devenu un espace convoité.

Ce mémoire ambitionne de donner un aperçu sur la conception et l'aménagement d'un port mixte (pêche et plaisance) à travers une étude tenant compte des contraintes relevant des disciplines très diverses comme l'hydraulique maritime (stabilité des ouvrages , protection suffisante),la mécanique des sols ( stabilité d'ensemble de la digue et des fondations) la résistance des matériaux ( non rupture des blocs,résistance de l'ouvrage de couronnement)et les procédés de construction sans oublier évidemment les aspects socio-économiques et écologiques qui devraient être pris en compte qui malheureusement ne font pas l'objet de cette étude.

Il ambitionne aussi la pose d'un modèle théorique permettant de faire valoir l'efficacité des ouvrages extérieurs vis à vis des facteurs contraignant le bon fonctionnement du port,et des ouvrages intérieurs face à la réception des navires (mouillage) .

La première partie de ce travail essaye de présenter la situation géographique du site ainsi que les données hydrographiques et physiques nous permettant d'avoir une approche relativement détaillée de la conception du port.

La deuxième partie tente de mettre en évidence les dispositions générales des divers ouvrages , qui constituent un port maritime et de son équipement.

Le problème qui traite de l'implantation et de la conception des ouvrages de protection fait l'objet de la troisième partie de ce travail.Quant à la quatrième partie , elle traite des ouvrages d'accostage en exposant les méthodes de calcul de leur stabilité.

# CHAPITRE I

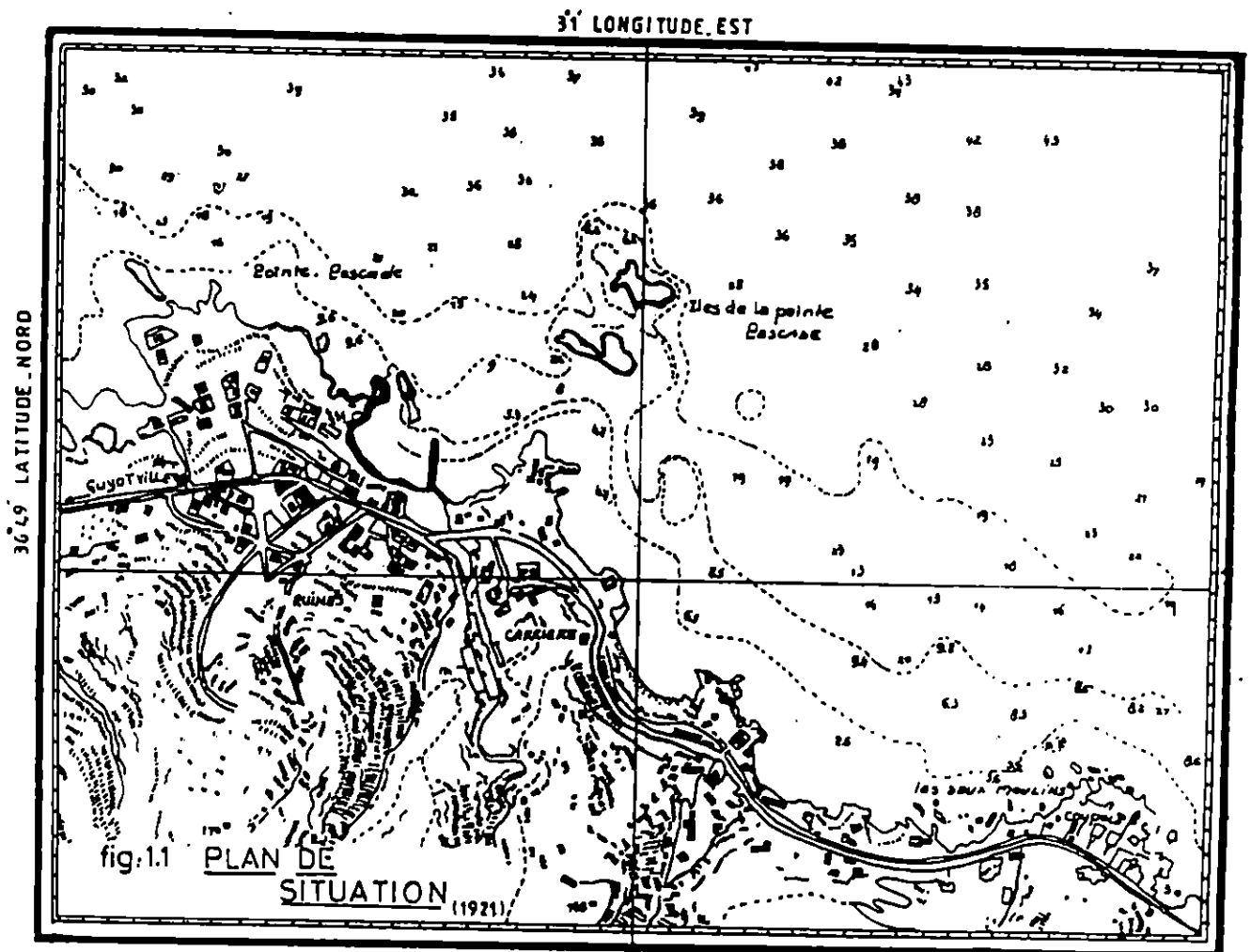
## Situation géographique

## Situation géographique

Le site de **RAIS-HAMIDOU** est situé par  $3^{\circ}1'$  de longitude Est et  $36^{\circ}49'$  de latitude Nord (voir fig. 1.1) à une quinzaine de kilomètres à l'ouest d'**ALGER** chef lieu de la wilaya

C'est un site exposé aux houles et vents des secteurs Nord-Ouest et Nord-Est, (il est protégé naturellement vers cette dernière direction par deux îlots dits: "îlots de la pointe pescade" formé d'une petite crique et d'une digue de protection orientée sensiblement Ouest-Est.

L'accessibilité est très facile, s'effectuant par une voie d'accès goudronnée de 150m de long environ, débouchant sur la RN N° 11 (**ALGER - MOSTAGANEM**) à hauteur de l'usine de ciment, assez loin de la cathédrale Notre Dame d'Afrique.



ech: 1/10 000 réduite au demi

## **CHAPITRE II**

# **Données hydrographiques**

# Données hydrographiques

Dans ce chapitre , nous avons examiné les 4 données hydrographiques essentielles à tout projet de conception d'un port.

## II.1 Les vents

Pour l'analyse statistique des vents , nous avons traité les données du S.S.M.O (1) de l'US NAVAL WEATHER SERVICE COMMAND qui donne des observations au large d'ALGER s'étendant sur une période de 56 ans (1914 - 1970).

L'US NAVAL définit 5 états de vents en fonction de leur vitesse.

Etats	Vitesse (noeuds)
0	0 à 3
1	4 à 10
2	11 à 21
3	22 à 23
4	>34

Pour établir la rose de vents , nous avons procédé à une analyse des données du S.S.M.O qui donne le pourcentage de fréquence selon les 12 mois c.à.d (12 mois + annuelle), selon les états définis plus haut et les huit directions ; Puis selon les 4 trimestres avec les même paramètres (voir tableaux de 1 à 5) et figure 2.1 qui nous donne la représentation graphique des vents.

### Période :Automne

Tableau 1

Directions Etats	N	NE	E	SE	S	SO	O	NO
0	1.33	1.9	2.63	0.93	0.96	1.26	2.06	0.86
1	4.03	8.43	10.56	2.83	3.1	7.53	9.06	3.86
2	4.13	4.2	5.43	0.7	0.63	4.23	7.43	1.83
3	0.36	0.63	0.56	0.03	0.2	1.33	2.5	0.6
4	0.03	0.03				0.2	0.5	0.1

Etat calme = 6.96

### Période :Hiver

Tableau 2

Directions Etats	N	NE	E	SE	S	SO	O	NO
0	0.86	1.16	1.7	0.83	1.26	1.03	1.76	0.7
1	3.43	4.06	6.33	2.7	4.26	6.33	8.63	3.93
2	2.5	2.56	2.33	0.56	1.3	5.96	10.4	3.7
3	1.36	0.6	0.5	0.03	0.16	2.3	6	1.73
4	0.43	0.13	0.03			0.6	1.4	0.5

Etat calme = 6.13

(1) "S.S.M.O" : Summary of Synoptic Meteorological Observations

## Période : Printemps

Tableau 3

Directions Etats	N	NE	E	SE	S	SO	O	NO
0	1.16	1.73	2.16	0.8	1.16	1.46	2	0.9
1	3.63	7.86	9.73	2.26	2.46	5.5	9.56	3.86
2	1.53	5.1	5.26	0.33	0.6	3.73	8.3	2
3	0.46	0.96	0.76	0.03	0.01	1.26	3.03	0.53
4	0.03	0.06				0.23	0.63	0.13

Etat calme = 7.43

## Période : Eté

Tableau 4

Directions Etats	N	NE	E	SE	S	SO	O	NO
0	1.5	2.93	3.06	0.7	0.8	1.13	2.53	1.23
1	3.63	15.1	15	1.5	1.1	3.36	7.73	2.63
2	0.53	9.5	9.13	0.36	0.16	1.3	3.26	0.43
3	0.03	0.9	0.83			0.06	0.5	0.03
4			0.03					

Etat calme = 7.76

## Période : Annuelle

Tableau 5

Directions Etats	N	NE	E	SE	S	SO	O	NO
0	1.3	1.9	2.4	0.8	1.1	1.3	2	0.9
1	3.6	8.8	10.4	2.4	2.6	5.2	8.7	3.6
2	1.5	5.4	5.5	0.5	0.7	3.8	7.5	2
3	0.6	0.7	0.6		0.2	1.2	3.1	0.7
4	0.1					0.2	0.6	0.2

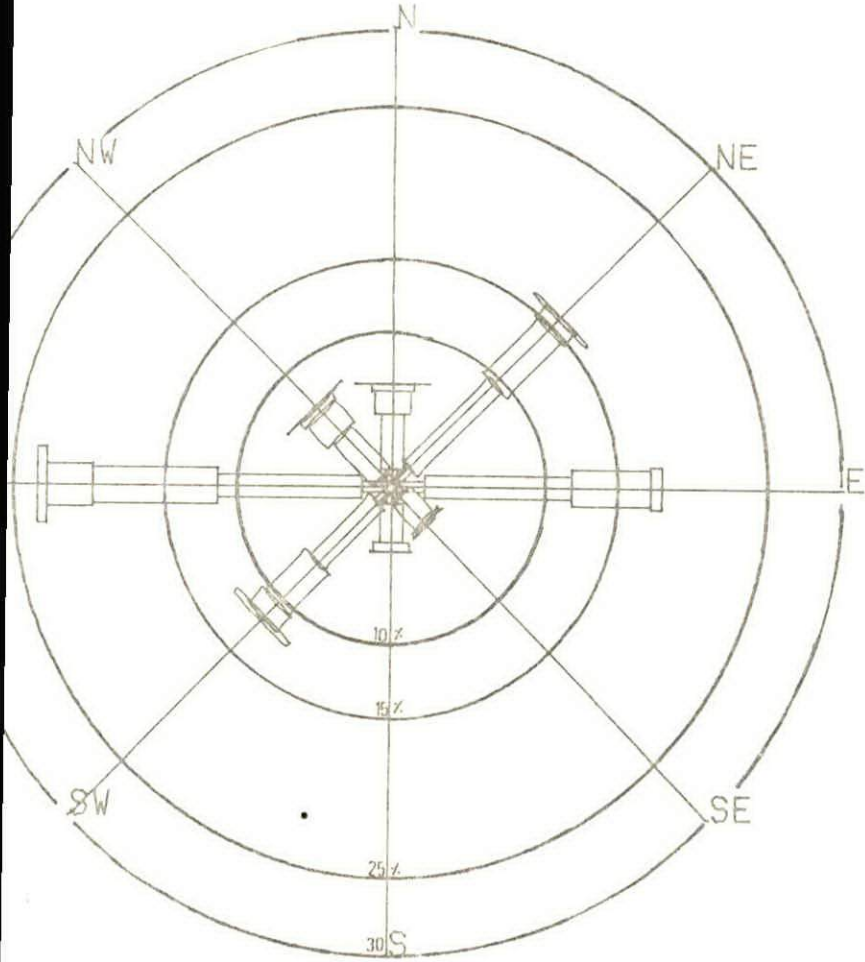
Etat calme = 7

## II - 1.1 Représentation graphique des vents (Roses) "Voir fig 2.1"

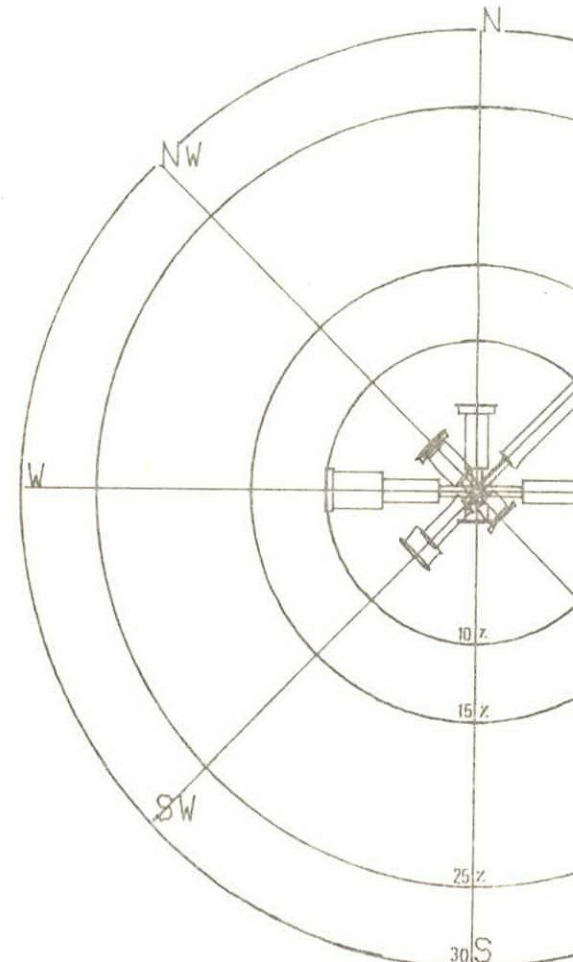
## II - 1.2 Interprétation des roses des vents

Le tableau suivant , nous donne les directions préférentielles selon les saisons.

Saisons	Direction préférentielle	Pointe de vitesse (noeuds)
Automne	Ouest et Est	22 à 33
Hiver	Ouest	>34
Printemps	Ouest, Est et Nord-Est	22 à 33
Eté	Est et Nord-Est	11 à 21



DE : Prétemps ETAT CALME = 7.43%



PERIODE : Eté ETAT CALME

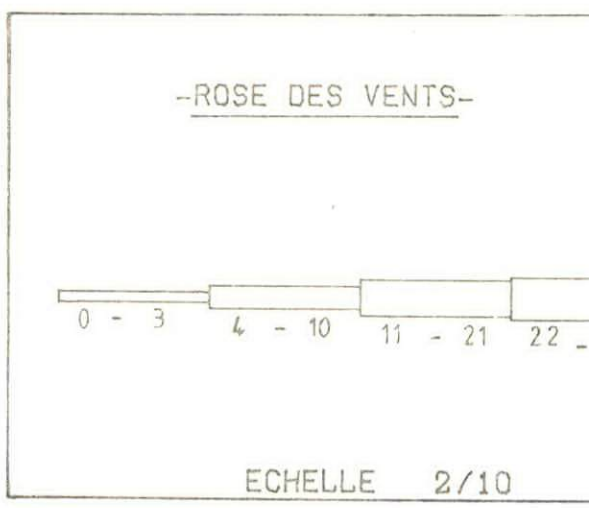
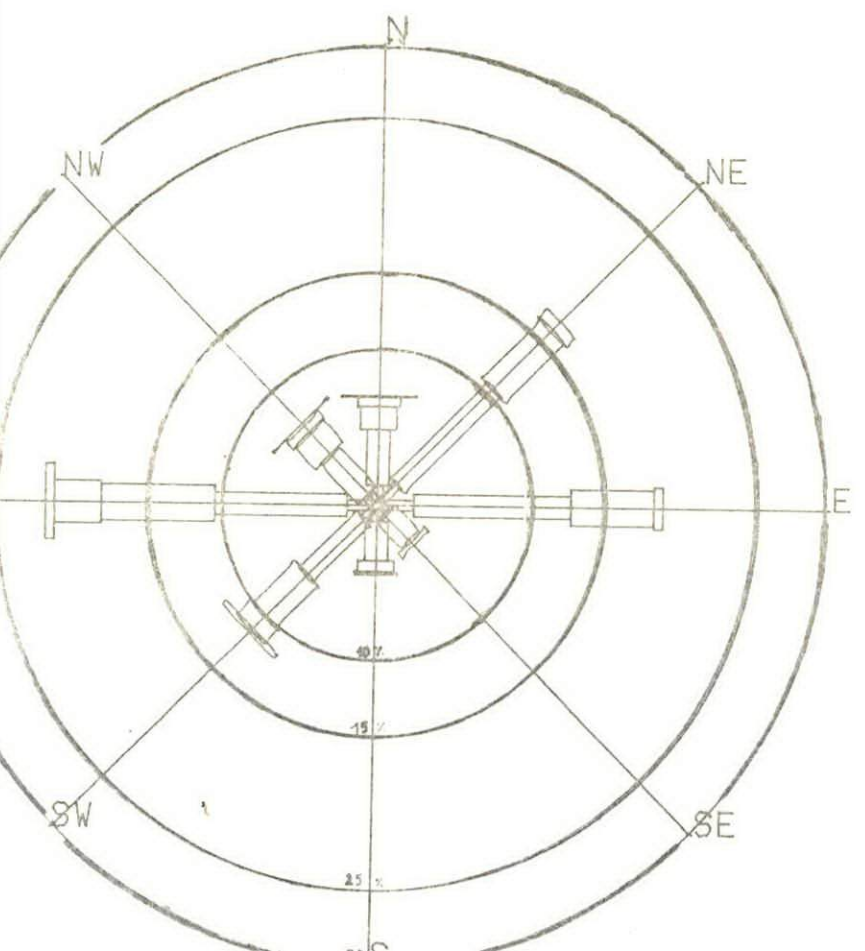
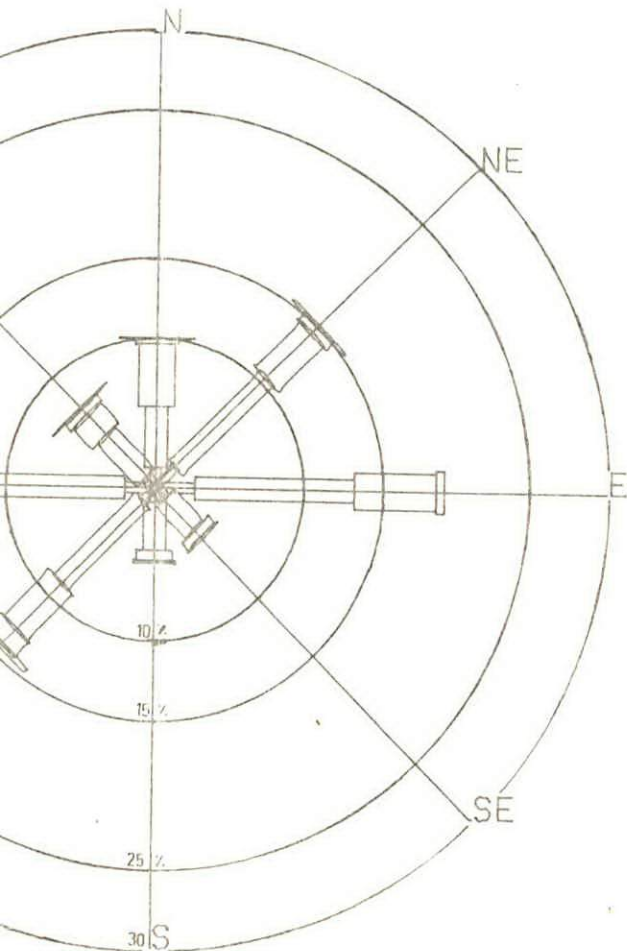
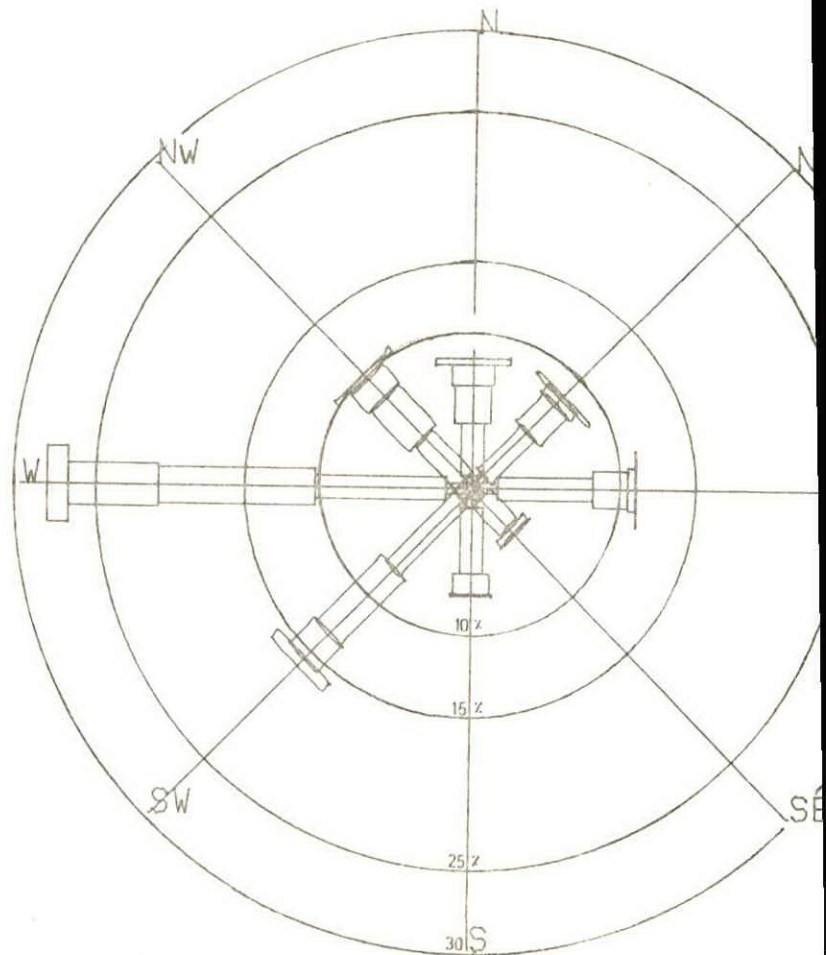


FIG: 2.1 : ROSES TRIMESTRIELLES ET ANNUELLE DES VENTS

source - S.S.M.O



ETAT CALME= 6.96%



PERIODE: Hiver

ETAT CALME= 6.13%

Nous noterons une direction préférentielle Ouest avec des pointes de vitesse de plus de 34 noeuds et une seconde direction Est et enfin Nord - Est en période Estivale.

## II 1.3 les tempêtes

Par tempête , s'entend chaque vent dépassant 15 m/s ,sans égard à la durée de son action , à la variation de sa direction et de son étendue.

Les données sont récoltées au niveau de TAMENFOUST vu la proximité des deux sites.

Les tableaux suivants, donnent :

**le nombre moyen**

**Maximum et minimum des tempêtes par an.**

Périodes	Nombre de tempêtes
Octobre - Avril	3.3
Mai - Septembre	0.1
Annuellement	3.4
Maximum	6
Minimum	2

**La direction dominante**

Direction	N	NE	E	SE	S	SO	O	NO
fréquences	8	9	6	1	0	13	11	52

**La durée**

Direction	N	NE	E	SE	S	SO	O	NO
Durée (heure)	12	18	12	6	0	18	30	33

La durée moyenne des tempêtes est de 14 heures ,la durée maximale est de 33 heures.

## II - 2 Les Houles

La houle est une oscillation périodique formée par des crêtes et des creux . Elle se propage sans déformation tant que la profondeur est grande par rapport a sa longueur d'onde  $d \geq L / 2$  (LARRAS , 1979)

### II 2.1 Houle au large

#### II 2.1.1 Statistique de la houle

Comme pour les vents ,l'analyse statistique des houles a été traitée à partir des données du S.S.M.O de l'US NAVAL WEATHER service command qui donne le pourcentage de fréquence de houle de vent au large d'Alger au point 37.4 Nord et 03.9 Est durant une période de 7 ans (1963 1970).

Moulin et al (1978) définissent les états de la mer au large (voir tableau 6) (L'état et les messages d'observation de la mer Moulin et al 1978).

Tableau 6

Degrés	Amplitudes	Appellations
Calme	< 0.25 m	Ridée ou belle
degré 0	de 0.25 à 0.75 m	Ridée ou Belle
degré 1	de 0.75 à 1.75 m	Modérée
degré 2	de 1.75 à 2.75 m	Agitée
degré 3	de 2.75 à 3.75m	forte
degré 4	> 3.75 m	très forte ou supérieur

Les tableaux de (7 à 19) donnent les pourcentages de fréquence mensuelles des houles de vent selon les 12 mois c.à.d (12 mois + annuelle) , les huit directions et selon les 5 états définit plus haut.

### Période :Janvier

Tableau 7

Directions Etats	N	NE	E	SE	S	SO	O	NO
Calme	1.4	1.7	4	1.5	0.9	1.2	1.5	0.4
0	2.2	5.4	6.4	2.2	3	3.4	5.3	2.1
1	3.1	4.4	7.3	1.3	2.4	7.1	10.8	3.6
2	0.7	0.7	0.2		0.1	1.2	7.9	1.2
3	0.6	0.1	0.1			0.4	1.7	
4	0.4	0.5	0.1				1.4	

Etat calme = 12.6

### Période :Février

Tableau 8

Directions Etats	N	NE	E	SE	S	SO	O	NO
Calme	1.1	1	3.4	1.4	1.4	2.3	3.6	0.4
0	2	2.7	4.1	1.7	3.3	6.2	9.2	1.1
1	3.5	4.5	3	0.8	1	6.3	1.3	3.0
2	1.7	1.2	0.8		0.1	1.2	6.0	0.7
3	0.1	0.6				0.7	2.0	0.5
4	0.1	0.1					1.5	

Etat calme = 13.2

**Période : Mars**

Tableau 9

Directions Etats	N	NE	E	SE	S	SO	O	NO
Calme	2.0	2.1	2.2	1.1	1.3	2.1	3.3	0.7
0	2.5	4.7	5.4	1.3	2.0	3.9	6.8	3.2
1	4.4	4.6	7.2	1.0	1.2	4.0	14.8	3.9
2	1.4	0.8	0.7			1.2	4.0	1.1
3	0.6		0.2			0.1	0.8	
4	0.2	0.1					0.6	0.1

Etat calme = 14.8

**Période : Avril**

Tableau 10

Directions Etats	N	NE	E	SE	S	SO	O	NO
Calme	2.4	2.8	3.0	0.5	1.3	1.9	2.1	2.0
0	4.2	3.7	5.4	1.4	1.6	2.9	8.6	2.6
1	3.9	7.1	6.5		1.2	7.1	12.2	4.8
2	0.9	1.5	0.6		0.1	1.5	3.2	0.4
3		0.2	0.1			0.2	0.5	0.2
4						0.1		

Etat calme = 16

**Période : Mai**

Tableau 11

Directions Etats	N	NE	E	SE	S	SO	O	NO
Calme	2.7	3.9	6.2	0.9	1.8	2.1	3.2	1.5
0	3.9	11.7	13.8	2.1	1.3	3.4	4.5	2.3
1	1.0	9.8	11.4	0.1	0.1	1.5	3.9	2.1
2	0.1	0.7	0.5		0.1	0.1	1.2	0.1
3	0.3						0.1	0.1
4	0.1							

Etat calme = 22.3

**Période : Juin**

Tableau 12

Directions Etats	N	NE	E	SE	S	SO	O	NO
Calme	3.1	5.0	5.0	0.7	0.6	1.4	1.9	1.9
0	3.2	10.9	11.4	0.9	0.6	2.9	5.5	1.4
1	2.5	13.1	12.3	0.2	0.2	3.5	7.9	0.8
2	0.1	1.4	0.9			0.2	1.0	0.1
3	0.1	0.1						
4		0.5						

Etat calme = 19.6

**Période :Juillet**

Tableau 13

Directions Etats	N	NE	E	SE	S	SO	O	NO
Calme	2.9	3.6	5.0	0.2	0.6	1.9	2.8	0.7
0	1.8	11.6	12.9	0.7	0.3	2.3	6.4	1.0
1	0.8	14.4	16.0	0.4		1.7	6.7	0.3
2	0.2	2.6	1.1				0.2	
3		0.2					0.1	
4								

Etat calme = 17.7

**Période :Août**

Tableau 14

Directions Etats	N	NE	E	SE	S	SO	O	NO
Calme	2.7	3.8	5.3	1.1	0.4	1.3	3.9	1.3
0	3.9	11.9	15.0	0.5	0.5	1.5	4.5	2.3
1	1.9	10.6	14.4	0.1	0.2	2.1	5.0	1.2
2	0.4	1.6	2.4	0.1		0.1		0.1
3			0.3	0.1			0.1	
4								

Etat calme = 19.8

**Période :Septembre**

Tableau 15

Directions Etats	N	NE	E	SE	S	SO	O	NO
Calme	2.3	3.2	4.5	0.1	1.3	0.4	3.0	0.5
0	3.0	10.8	16.8	0.9	0.5	1.7	5.4	1.1
1	1.2	11.4	17.3	0.9	0.4	2.1	5.2	0.6
2		0.8	1.7			0.3	0.9	
3							0.1	
4							0.1	

Etat calme = 15.3

**Période :Octobre**

Tableau 16

Directions Etats	N	NE	E	SE	S	SO	O	NO
Calme	1.2	2.5	4.2	0.8	1.0	1.5	2.6	1.6
0	6.0	10.3	9.9	1.4	2.9	3.5	5.4	2.9
1	0.6	1.2	5.6	0.9	0.4	7.1	14.6	1.5
2		0.1	0.5	0.1		2.2	5.1	0.7
3			0.1			0.6	1.0	0.2
4						0.1	0.4	

Etat calme = 15.6

**Période : Novembre**

Tableau 17

Directions Etats	N	NE	E	SE	S	SO	O	NO
Calme	1.2	1.2	2.1	0.9	3.4	3.4	4.9	3.4
0	2.4	2.9	4.3	2.3	3.5	5.0	6.8	2.2
1	0.5	1.5	3.2	1.3	2.5	6.7	18.3	3.6
2	1.0	0.1	0.1	0.2	0.3	2.6	7.2	1.9
3						0.1	2.2	0.2
4						0.1	0.6	

Etat calme = 20.5

**Période : Décembre**

Tableau 18

Directions Etats	N	NE	E	SE	S	SO	O	NO
Calme	1.2	1.1	2.5	1.3	2.1	1.4	1.6	0.5
0	1.7	1.7	4.3	2.3	2.6	4.2	5.8	2.0
1	4.7	2.4	1.8	1.0	2.5	7.5	18.3	5.0
2	1.9	0.6	0.1		0.2	0.6	8.4	1.8
3	0.4	0.1				0.3	2.5	0.1
4	0.1					0.2	0.2	0.3

Etat calme = 11.7

**Période : Annuelle**

Tableau 19

Directions Etats	N	NE	E	SE	S	SO	O	NO
Calme	2.0	2.7	4.0	0.9	1.1	1.6	2.9	1.1
0	2.9	7.0	9.3	1.4	2.9	3.4	6.2	2.0
1	2.6	7.5	9.1	0.6	1.0	4.8	7.9	2.7
2	0.7	1.2	9.0			0.8	3.6	0.6
3	0.1					0.1	0.9	0.1
4							0.3	

Etat calme = 16.3

Les tableaux de (20 à 23) donnent les pourcentages de fréquences trimestrielles ; Ces derniers nous serviront à la représentation graphique des roses des houles trimestrielles.

**Période :Automne**

Tableau 20

Directions Etats	N	NE	E	SE	S	SO	O	NO
0	3.8	8	10.33	1.53	2.3	3.4	5.86	2.06
1	0.76	4.7	8.7	1.03	0.96	5.3	12.7	1.9
2	0.33	0.33	0.76	0.1	0.1	1.7	4.4	1.3
3			0.03			0.23	1.1	0.13
4						0.06	0.36	

Etat calme = 17.13

**Période :Hiver**

Tableau 21

Directions Etats	N	NE	E	SE	S	SO	O	NO
0	1.96	3.26	4.93	2.06	2.96	4.6	6.76	1.73
1	3.76	3.76	4.03	1.03	1.96	6.96	10.13	3.86
2	1.43	0.83	0.36		0.13	1	7.43	1.23
3	0.36	0.26	0.1			0.36	2.06	0.3
4	0.2	0.2	0.03			0.06	1.03	0.1

Etat calme = 12.16

**Période :Printemps**

Tableau 22

Directions Etats	N	NE	E	SE	S	SO	O	NO
0	3.53	6.7	8.2	1.6	1.63	2.12	6.63	2.7
1	3.1	7.16	8.36	0.36	0.83	4	10.3	3.6
2	0.8	1	0.6		0.06	0.93	2.8	0.5
3	0.3	0.06	0.1			0.1	0.46	0.1
4	0.1	0.03				0.03	0.2	0.03

Etat calme = 17.7

**Période :Eté**

Tableau 23

Directions Etats	N	NE	E	SE	S	SO	O	NO
0	2.96	11.46	13.1	0.7	0.46	2.23	5.46	1.56
1	1.73	12.7	14.23	0.23	0.2	2.43	6.53	0.76
2	0.23	1.86	1.46	0.03		0.1	0.33	0.06
3	0.03	0.16	0.1	0.03			0.06	
4		0.16						

Etat calme = 19.03

## a. Représentation graphique des roses de houle

(voir fig. 2.2)

## b. Interprétation des Roses

Le tableau 24 nous donne les directions préférentielles selon les saisons.

Tableau 24

Saisons	Directions préférentielles
Automne	Ouest + Est
Hiver	Ouest
Printemps	Ouest + Est
Eté	Nord - Est + Est

### II.2.1.2 Calcul de Hs, fréquence et probabilité de retour

Sur un nombre d'observations de 8870, nous avons pu calculer la fréquence d'apparition d'une hauteur donnée selon les cinq directions (N, NE, E, O et NO) et selon la toute direction. (voir tableaux de 24 à 29)

#### Remarque:

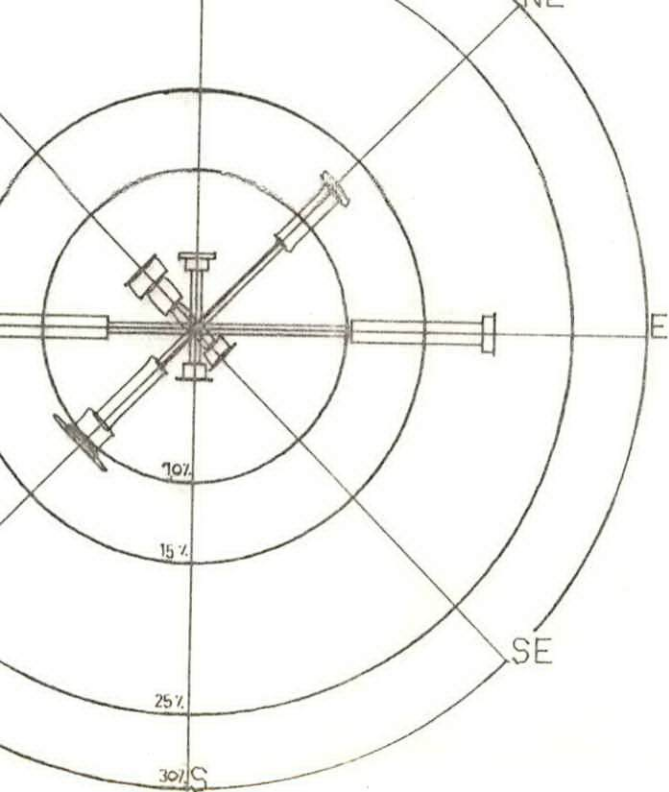
Les six tableaux récapitulatifs de fréquence nous permettent d'obtenir les courbes de régression linéaire de la variation de la houle.

#### Direction : Nord

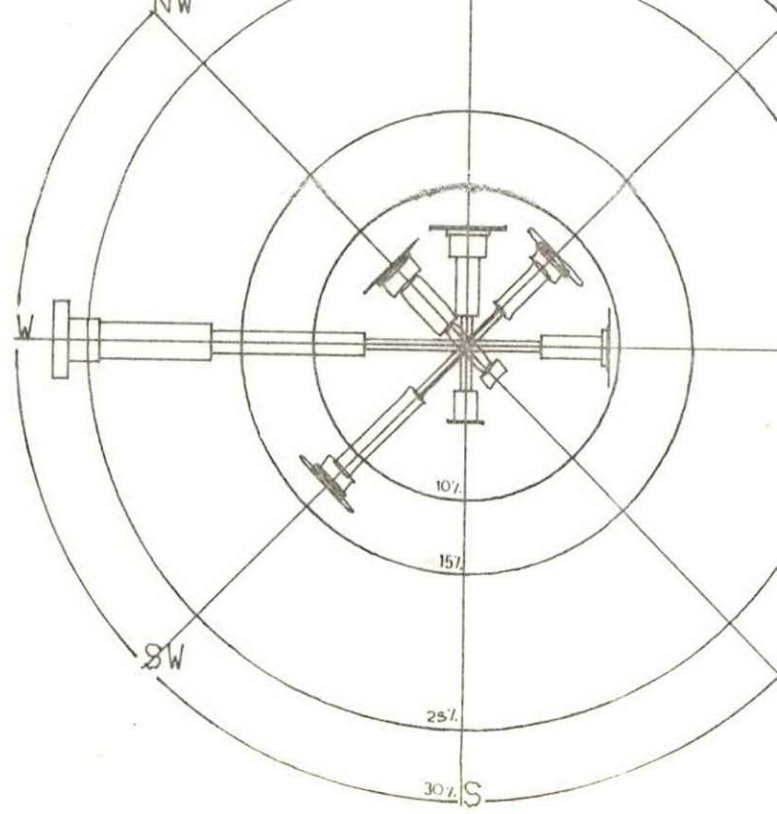
Tableau 24

Hauteur Significative	Nombre D'observation	Hauteur D'observation(m)	Nombre D'observation	Fréquences D'apparition >h
0.25	179	0	758	$8.54.10^{-2}$
0.75	263	0,5	579	$6.52.10^{-2}$
1.25	148	1.0	316	$3.56.10^{-2}$
1.75	77	1.5	168	$1.89.10^{-2}$
2.25	41	2.0	91	$1.02.10^{-2}$
2.75	25	2.5	50	$5.63.10^{-3}$
3.25	14	3.0	25	$2.8110^{-3}$
3.75	3	3.5	11	$1.24.10^{-3}$
4.75	5	4.50	8	$9.0110^{-4}$
5.75	3	5.50	3	$3.38.10^{-4}$
6.75		6.50		
7.75		7.50		
9.75		9.50		
12.25		12.00		
14.75		14.50		

Total par direction = 758

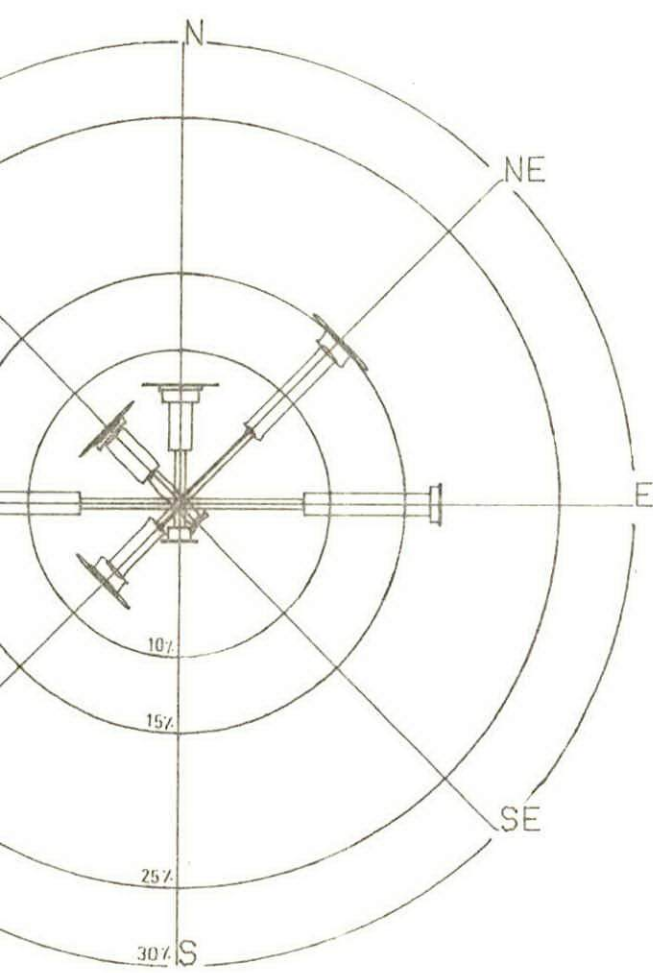


ETAT CALME= 17.13%

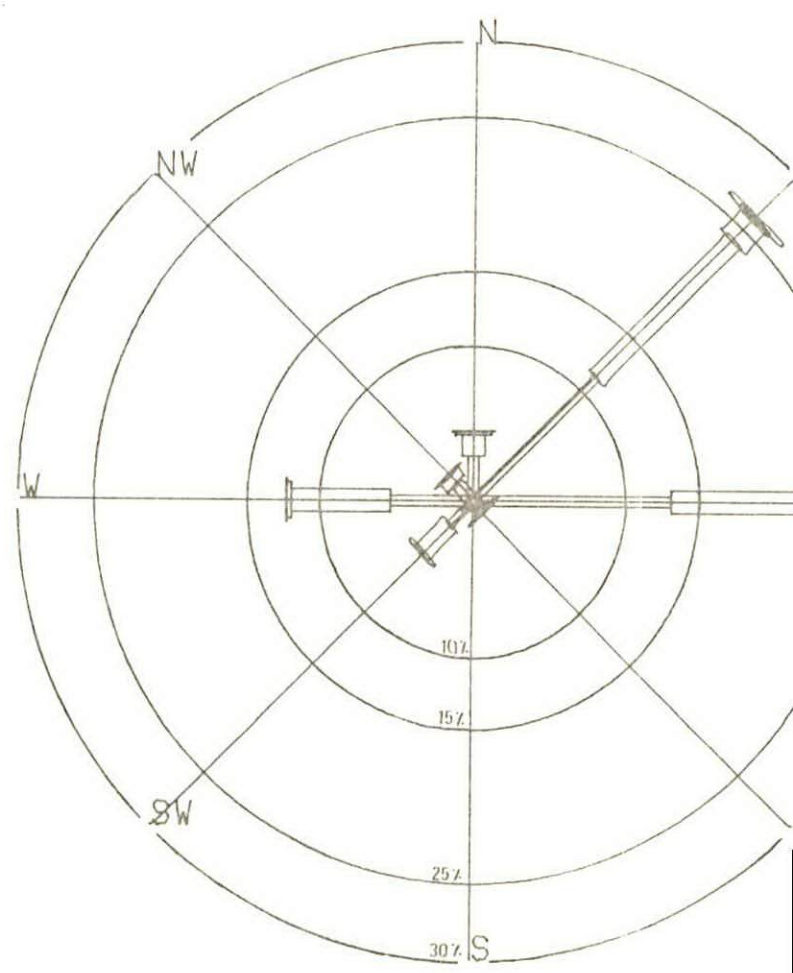


PERIODE: Hiver

ETAT CALME= 12.16%

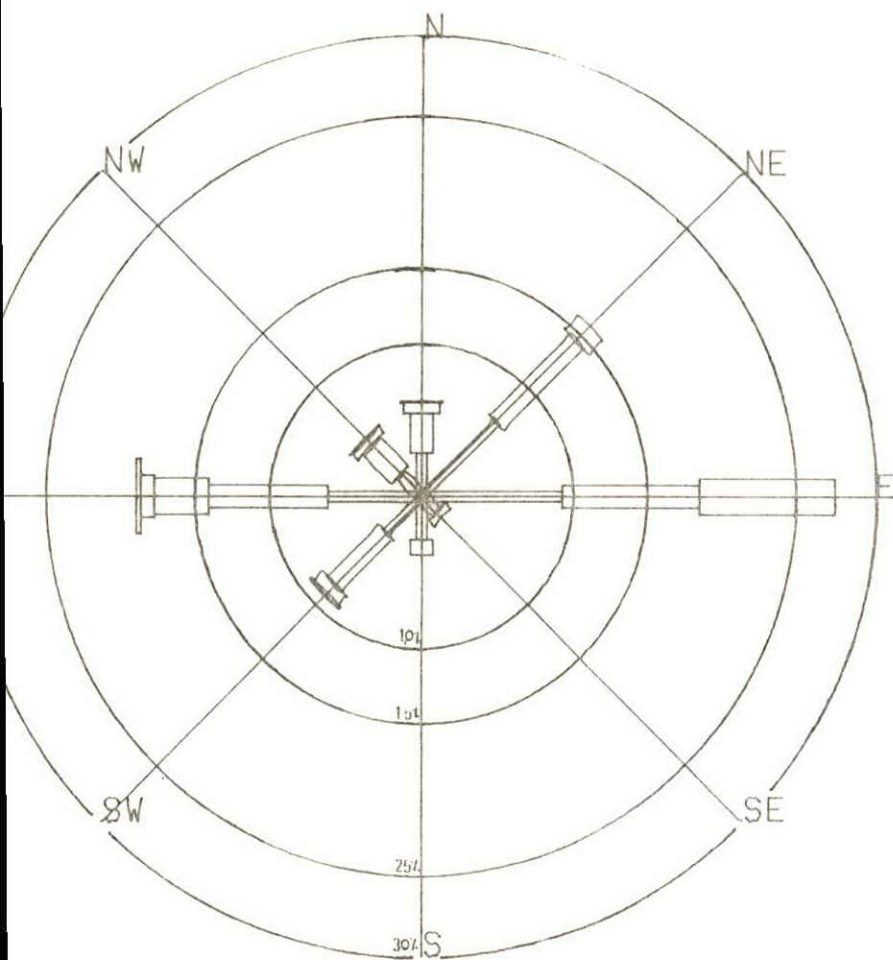


ETAT CALME= 17.70%

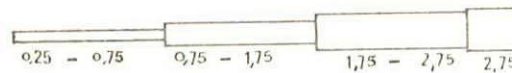


PERIODE: Eté

ETAT CALME= 19.03%



-ROSE DE LA HOULE-



ECHELLE 2/10

DE: Annuelle ETAT CALME= 16.30%

Direction : Nord - Est

Tableau 25

Hauteur Significative	Nombre D'observation	Hauteur D'observation(m)	Nombre D'observation	Fréquences D'apparition>h
0.25	236	0	1627	$1.83.10^{-1}$
0.75	615	0.5	1421	$1.60.10^{-1}$
1.25	462	1.0	806	$9.08.10^{-2}$
1.75	197	1.5	344	$3.87.10^{-2}$
2.25	64	2.0	147	$1.65.10^{-2}$
2.75	25	2.5	83	$9.35.10^{-3}$
3.25	8	3.0	58	$6.53.10^{-3}$
3.75	5	3.5	50	$5.63.10^{-3}$
4.75	5	4.50	45	$5.07.10^{-3}$
5.75	5	5.50	40	$4.50.10^{-3}$
6.75		6.50		
7.75		7.50		
9.75		9.50		
12.25		12.00		
14.75		14.50		

Total par direction = 1627

Direction : Est

Tableau 26

Hauteur Significative	Nombre D'observation	Hauteur D'observation(m)	Nombre D'observation	Fréquences D'apparition>h
0.25	353	0	2053	$2.31.10^{-1}$
0.75	818	0.5	1700	$1.91.10^{-1}$
1.25	574	1.0	882	$9.94.10^{-2}$
1.75	226	1.5	308	$3.47.10^{-2}$
2.25	49	2.0	82	$9.24.10^{-3}$
2.75	25	2.5	33	$3.72.10^{-3}$
3.25	6	3.0	8	$9.01.10^{-4}$
3.75	1	3.5	2	$2.25.10^{-4}$
4.75		4.50		
5.75		5.50		
6.75	1	6.50	1	$1.12.10^{-4}$
7.75		7.50		
9.75		9.50		
12.25		12.00		
14.75		14.50		

Total par direction : 2053

**Direction : Ouest**

Tableau 27

Hauteur Significative	Nombre D'observation	Hauteur D'observation(m)	Nombre D'observation	Fréquences D'apparition>h
0.25	255	0	2225	$2.50.10^{-2}$
0.75	546	0.5	1970	$2.22.10^{-1}$
1.25	607	1.0	1424	$1.60.10^{-1}$
1.75	363	1.5	817	$9.21.10^{-2}$
2.25	224	2.0	454	$5.11.10^{-2}$
2.75	107	2.5	230	$2.59.10^{-2}$
3.25	53	3.0	123	$1.38.10^{-2}$
3.75	31	3.5	70	$7.89.10^{-3}$
4.75	24	4.50	39	$4.39.10^{-3}$
5.75	5	5.50	15	$1.69.10^{-3}$
6.75	6	6.50	10	$1.12.10^{-3}$
7.75	3	7.50	4	$4.50.10^{-4}$
9.75	1	9.50	1	$1.12.10^{-4}$
12.25		12.00		
14.75		14.50		

Total par direction : 2225

**Direction : Nord-Ouest**

Tableau 28

Hauteur Significative	Nombre D'observation	Hauteur D'observation(m)	Nombre D'observation	Fréquences D'apparition>h
0.25	97	0	582	$6.56.10^{-2}$
0.75	182	0.5	485	$5.46.10^{-2}$
1.25	149	1.0	303	$3.41.10^{-2}$
1.75	81	1.5	154	$1.73.10^{-2}$
2.25	41	2.0	73	$8.22.10^{-3}$
2.75	19	2.5	32	$3.60.10^{-3}$
3.25	7	3.0	13	$1.46.10^{-3}$
3.75	3	3.5	6	$6.76.10^{-4}$
4.75	3	4.50	3	$3.38.10^{-4}$
5.75		5.50		
6.75		6.50		
7.75		7.50		
9.75		9.50		
12.25		12.00		
14.75		14.50		

Total par direction : 582

**Direction : Toute direction**

**Tableau 29**

Hauteur Significative	Nombre D'observation	Hauteur D'observation(m)	Nombre D'observation	Fréquences D'apparition>h
0.25	2221	0	9729	1
0.75	3073	0.5	7508	$7.71 \cdot 10^{-1}$
1.25	2347	1.0	4435	$4.55 \cdot 10^{-1}$
1.75	1144	1.5	2088	$2.14 \cdot 10^{-1}$
2.25	490	2.0	944	$9.70 \cdot 10^{-2}$
2.75	234	2.5	454	$4.66 \cdot 10^{-2}$
3.25	104	3.0	220	$2.26 \cdot 10^{-2}$
3.75	50	3.5	116	$1.19 \cdot 10^{-2}$
4.75	40	4.50	66	$6.78 \cdot 10^{-3}$
5.75	15	5.50	26	$2.67 \cdot 10^{-3}$
6.75	7	6.50	11	$1.13 \cdot 10^{-3}$
7.75	3	7.50	4	$4.11 \cdot 10^{-4}$
9.75	1	9.50	1	$1.02 \cdot 10^{-4}$
12.25		12.00		
14.75		14.50		

Total par direction : 9729

**\*Calcul de la probabilité de retour d'une houle donnée**

La probabilité annuelle de voir une houle d'amplitude donnée peut apparaître au moins une fois sur n années est défini par :

$$P_n = 1/3 \cdot 365 \cdot n$$

3 : état de la mer

$P_n$ : probabilité

n : Nombre d'années par période de retour

**Tableau 30**

Période de retour	Probabilités associées
Biennale	$4.57 \cdot 10^{-4}$
Quinquennale	$1.28 \cdot 10^{-4}$
Décennale	$9.13 \cdot 10^{-5}$
Vingtennale	$4.65 \cdot 10^{-5}$
Cinquantennale	$1.83 \cdot 10^{-5}$
Centennale	$9.13 \cdot 10^{-6}$

Grâce à la droite de régression linéaire des hauteurs significatives en fonction de leur fréquence d'apparition (probabilité de retour), On peut trouver les hauteurs significatives associées aux périodes de retour citées plus haut.

**Equation de la droite de régression linéaire.**

$$y = A \ln x + B$$

DIRECTION : NORD

— HOULE AU LARGE —

$$Y = A \cdot \text{LOG}(X) + B$$

$$A = -0.92$$

$$B = -2.19$$

COEFFICIENT DE CORRELATION = -0.99

BIANNUELLE = 4.90 M

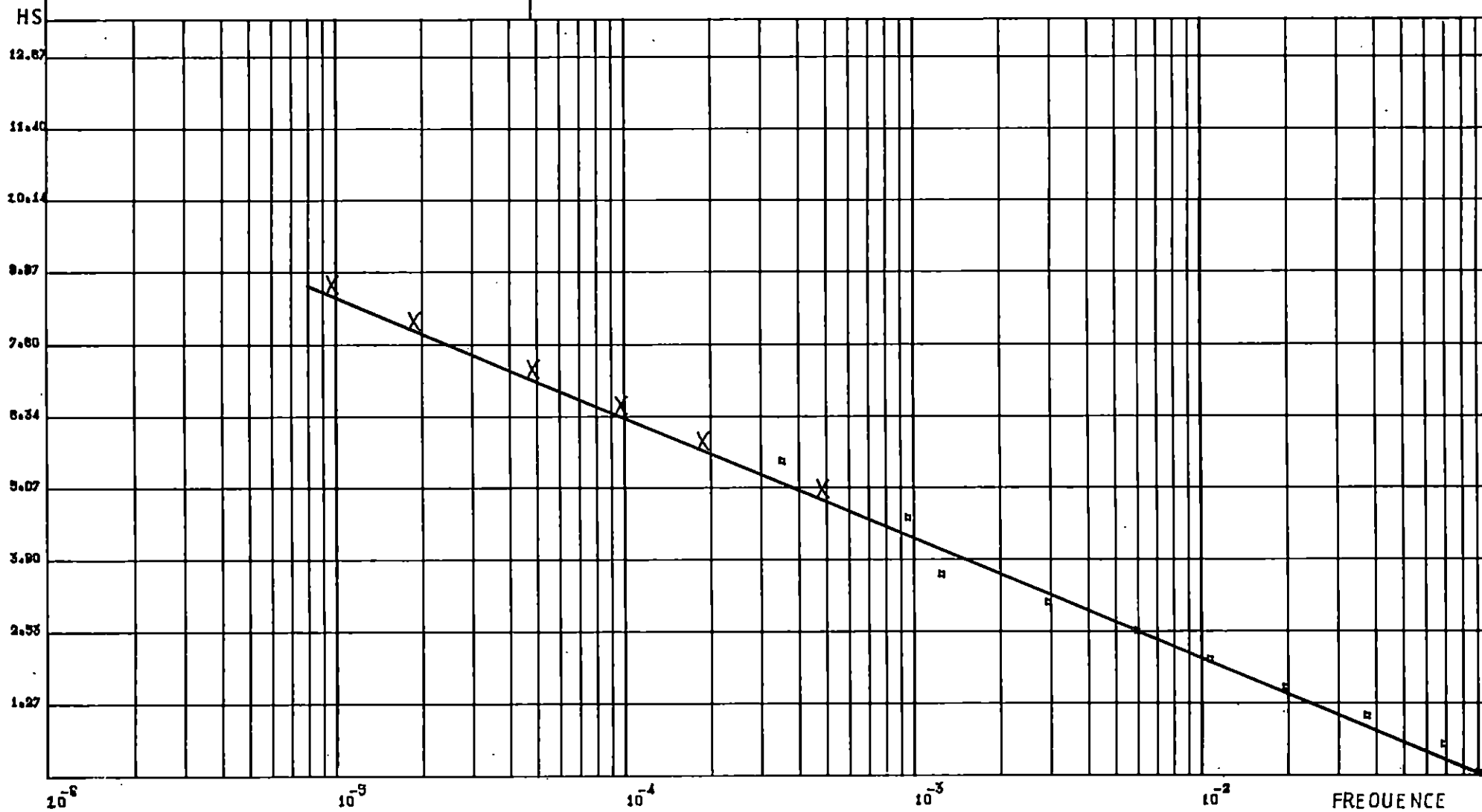
QUINQUENNALE = 5.74 M

DECENNALE = 6.38 M

VINGTENNALE = 7.02 M

CINQUANTENNALE = 7.87 M

CENTENNALE = 8.50 M



DIRECTION : NORD-EST — HOULE AU LARGE —

$Y = A \times \text{LOG}(X) + B$

A = -1.10

B = -1.09

COEFFICIENT DE CORRELATION = -0.92

BIANNUELLE = 6.60 M

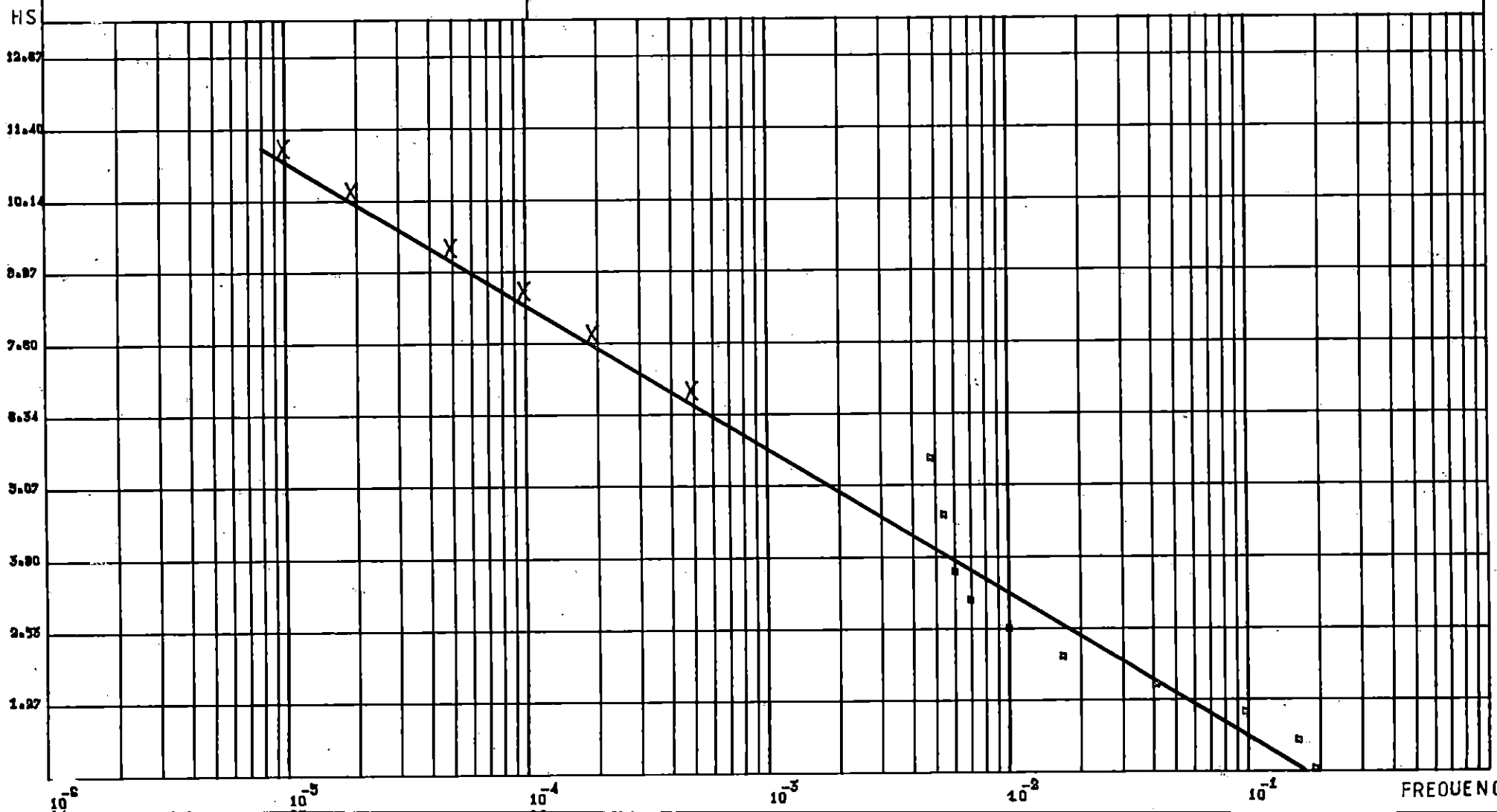
QUINQUENNALE = 7.61 M

DECENNALE = 8.38 M

VINGTENNALE = 9.14 M

CINQUANTENNALE = 10.16 M

CENTENNALE = 10.92 M



DIRECTION : EST

— HOULE AU LARGE —

$$Y = A \cdot \text{LOG}(X) + B$$

$$A = -0.47$$

$$B = -0.28$$

COEFFICIENT DE CORRELATION = -0.99

BIANNUELLE = 3.34 M

QUINQUENNALE = 3.78 M

DECENNALE = 4.10 M

VINGTENNALE = 4.43 M

CINQUANTENNALE = 4.86 M

CENTENNALE = 5.19 M

HS

12.82

11.40

10.14

9.07

7.80

6.34

5.07

3.90

2.58

1.27

$10^{-6}$

$10^{-5}$

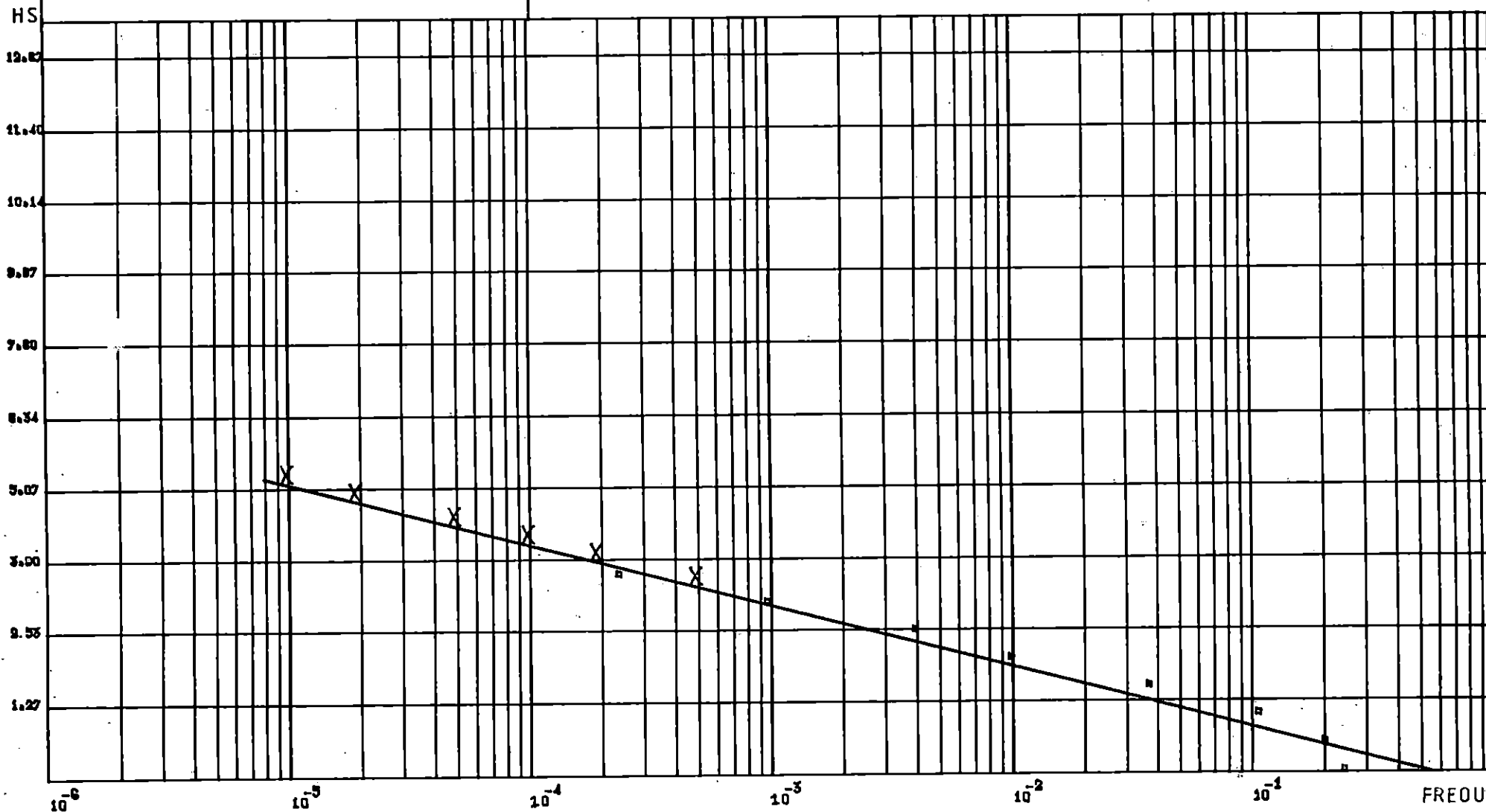
$10^{-4}$

$10^{-3}$

$10^{-2}$

$10^{-1}$

FREQUEN



DIRECTION : WEST

— HOULE AU LARGE —

$$Y = A \log(X) + B$$

$$A = -1.15$$

$$B = -1.52$$

COEFFICIENT DE CORRELATION = -0.99

BIANNUELLE = 7.36 M

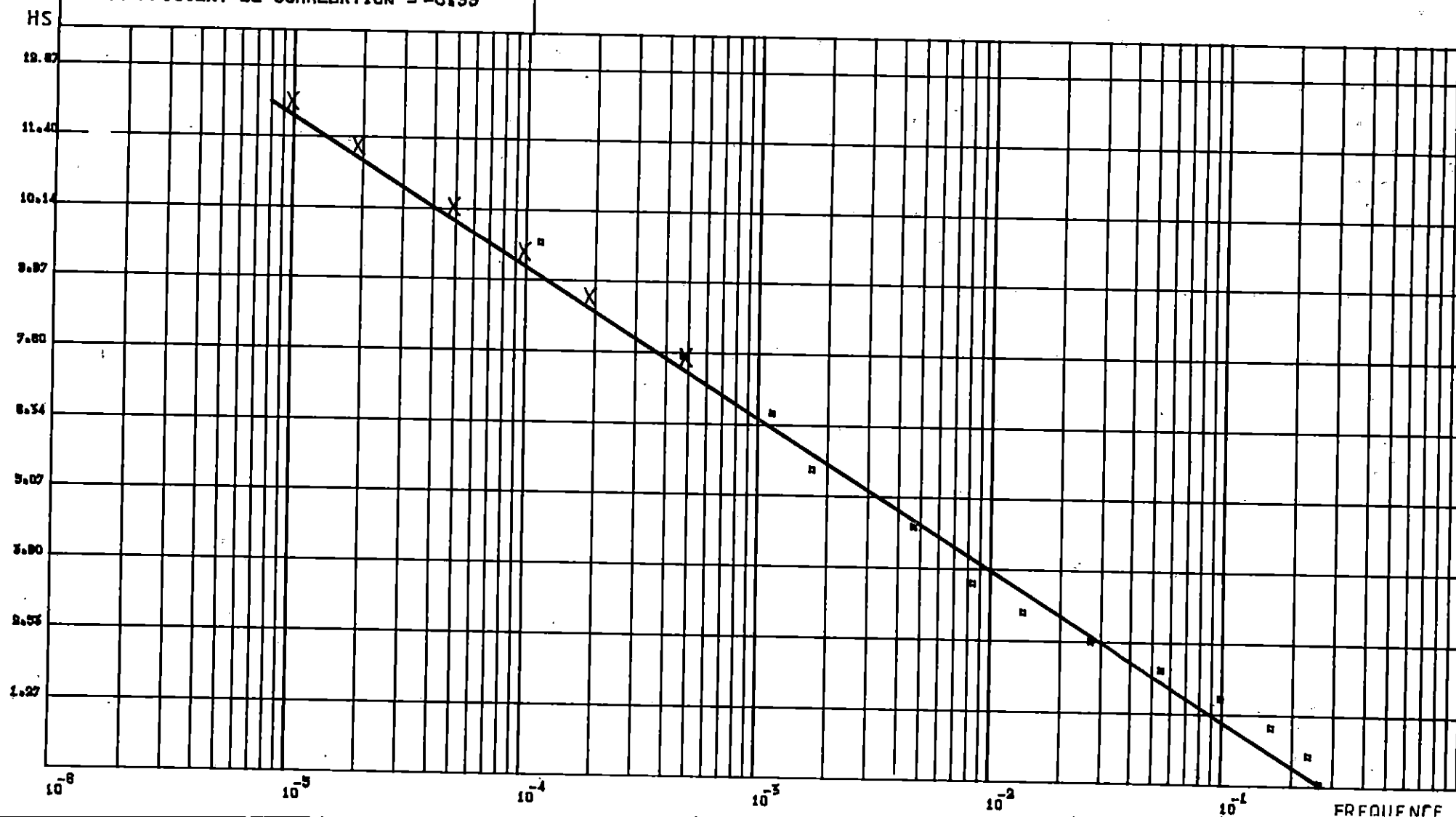
QUINQUENNALE = 8.42 M

DECENNALE = 9.22 M

VINGTENNALE = 10.02M

CINQUANTENNALE = 11.08M

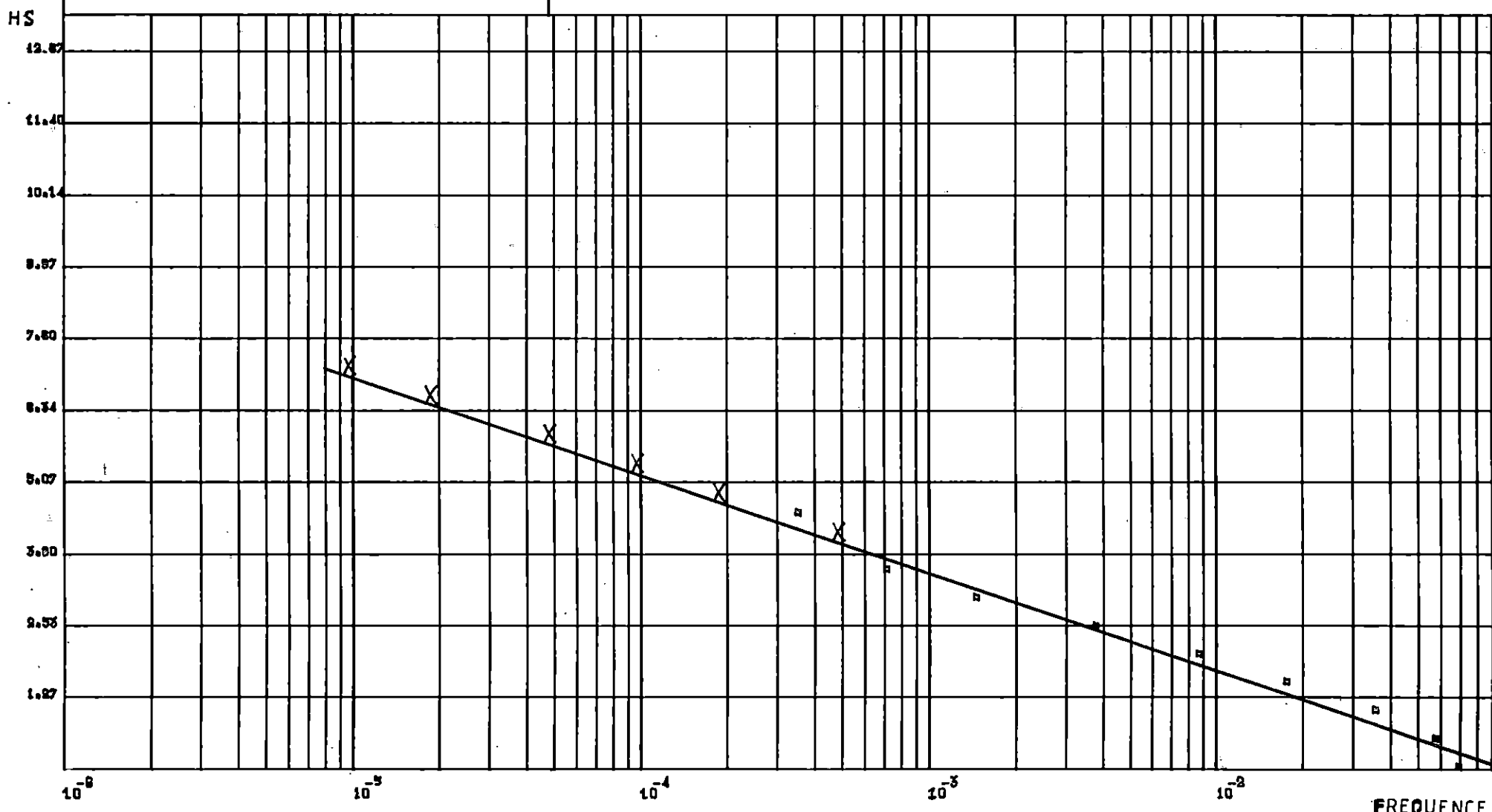
CENTENNALE = 11.97M



DIRECTION : NORD-WEST — HOULE AU LARGE —

$Y = A \log(X) + B$   
 $A = -0.75$   
 $B = -1.72$   
 COEFFICIENT DE CORRELATION = -0.99

BIANNUELLE = 4.05 M      VINGTENNALE = 5.77 M  
 QUINQUENNALE = 4.74 M    CINQUANTIENNALE = 6.40 M  
 DECENNALE = 5.25 M        CENTENNALE = 6.98 M



# DIRECTION : TOUTE DIRECTION HOULE AU LARGE —

$$Y = A \log(X) + B$$

$$A = -0.98$$

$$B = -0.17$$

$$\text{COEFFICIENT DE CORRELATION} = -0.99$$

BIANNUELLE = 7.34 M

QUINQUENNALE = 8.23 M

DECENNALE = 8.91 M

VINGTENNALE = 9.59 M

CINQUANTENNALE = 10.48 M

CENTENNALE = 11.15 M

HS

12.87

11.40

10.14

8.97

7.80

6.74

5.80

4.98

4.27

3.65

3.12

$10^{-8}$

$10^{-5}$

$10^{-4}$

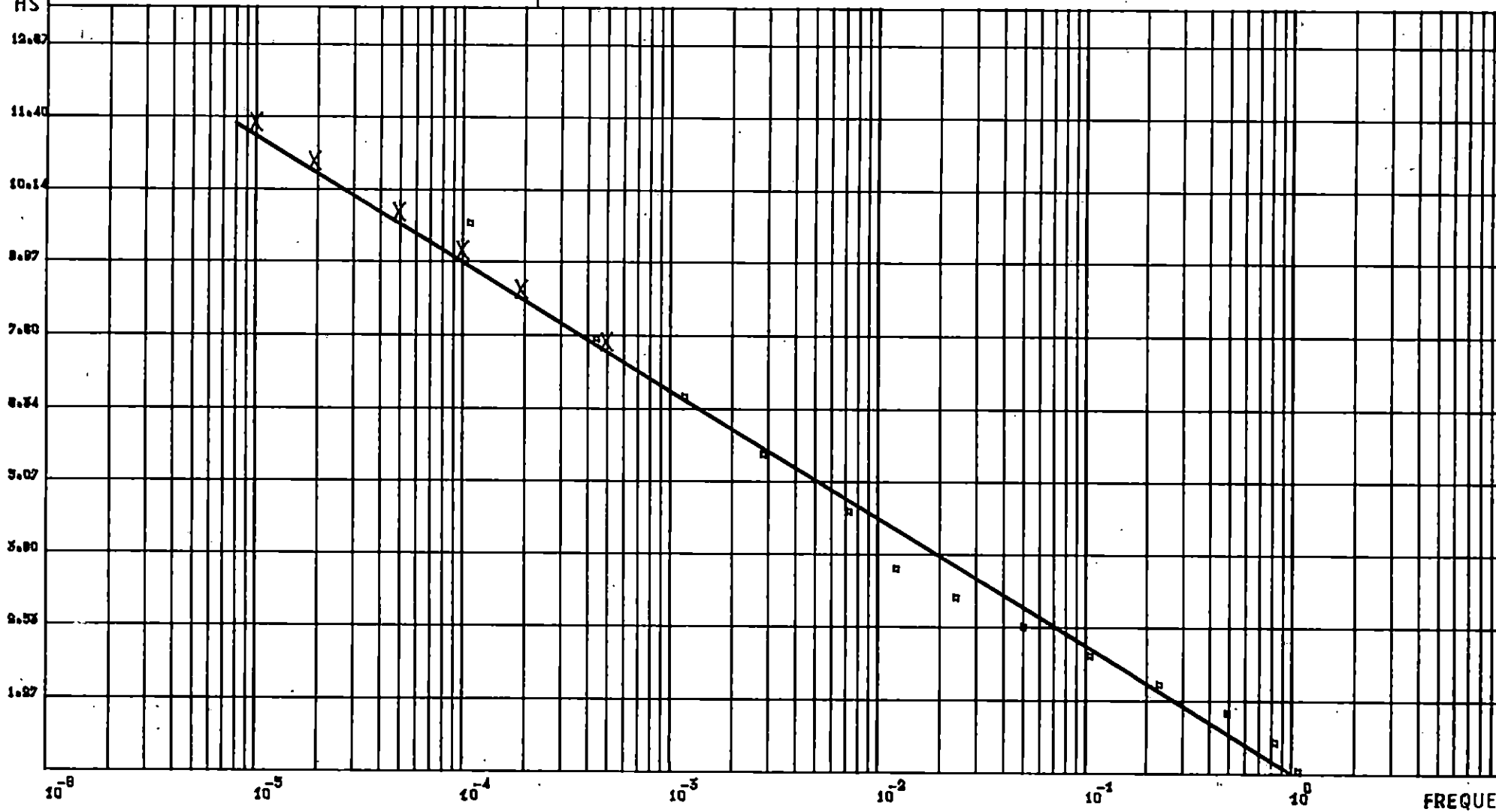
$10^{-3}$

$10^{-2}$

$10^{-1}$

$10^0$

FREQUE



- y** : étant la hauteur significative  $H_s$   
**x** : étant la probabilité associée aux périodes de retour =  $P_n$   
**A**: étant la pente de la droite  
**B**: étant l'ordonnée à l'origine  
 voir figures 2.3,2.4,2.5,2.6,2.7,2.8

**Tableau récapitulatif  
Selon les périodes de retour et les directions**

Tableau 31

Période de retour	N	NE	E	O	NO	$\pi D^*$
Biennale	4.90m	6.60m	3.34m	7.36m	4.05m	7.34m
Quinquennale	5.74m	7.61m	3.78m	8.42m	4.74m	8.23m
Décennale	6.38m	8.38m	4.10m	9.22m	5.25m	8.91m
Vingtennale	7.02m	9.14m	4.43m	10.02m	5.77m	9.59m
Cinquantennale	7.87m	10.16m	4.86m	11.08m	6.48m	10.48m
Centennale	8.50m	10.92m	5.19m	11.78m	6.98m	11.15m

\*: " $\pi D$ " Toute direction

**Remarque** : Nous constatons que les coefficient de corrélation est très proche de 1 , donc les résultats sont acceptables.

## II 2.2 Houle à la côte

### II 2.2.1 La réfraction

La réfraction , nous permet d'étudier la houle au voisinage de la côte , et en particulier pour savoir sous quelle incidence elle aborde un ouvrage. ( R.BONNEFILLE - 1980 )  
(Résultats et commentaires, voir annexe 1)

### II 2.2.2 Détermination de la houle de projet: $H'o$

$$H'o / H_o = K_r * K_s * K_f$$

$H'o$  = creux de la houle non réfracté en grande profondeur

$H_o$  = amplitude réelle au point considéré

$K_r$  = coefficient de réfraction

$K_s$  = coefficient de SHOALLING

$K_f$  = coefficient de frottement : supposé égale à 1

$H_s$  = hauteur significative "  $H_s$  = Cinquantennale."

$H_s = H_o$

Donc:

$$H'o = K_r * K_s * K_f * H_s$$

Direction 0° N Hs = 7.87

Direction 30° N Hs = 10.16

Périodes	Kr	Ks	H'o		Périodes	Kr	Ks	H'o
6	0.87	0.94	6.43		6	1.0	0.93	9.44
8	0.91	0.99	7.09		8	0.95	0.92	8.88
10	0.97	0.93	7.84		10	1.01	0.93	9.54
12	1.74	0.99	13.55		12	1.05	1.00	10.66

Direction 330° N Hs = 6.46

Direction 60° N Hs = 10.16

Périodes	Kr	Ks	H'o		Périodes	Kr	Ks	H'o
6	0.92	0.95	5.64		6	0.72	0.92	6.72
8	0.80	1.02	5.27		8	0.68	0.91	6.28
10	0.73	1.04	4.90		10	0.75	1.03	7.84
12	0.78	0.95	4.78		12	0.43	1.00	4.36

## II 2.2.3 ETUDE DU DEFERLEMENT

Les vagues s'approchent des ouvrages se déforment habituellement avant de se briser, elles sont alors partiellement ou totalement détruites: La houle déferle (R.Bonnefille-1980).

Cette houle dépend de la pente devant l'ouvrage et de H'o (houle de projet).  
Les abaques du C.E.R.C (Coastal Engineering Research Center de L'US Army) permettent de déterminer aussi :

**dbmin** : La profondeur minimale au déferlement

**dbmax** : La profondeur maximale au déferlement

**xp** : Distance sur laquelle se produit déferlement:  $xp = (4 - 9.25 \times m) \cdot Hb$

On considère une pente moyenne de 10% ( $m = 0.10$ )

### -a. Calcul du déferlement avec la méthode des abaques

(GODA 1970, WEGGEL 1972) fig. 2.9 2.10

#### DIRECTION 0° N

\* Période T = 6 s

\* H'o = 6.43 m

$$H'o/gT^2 = 0.017 \Rightarrow Hb/H'o = 1.025 \Rightarrow Hb = 6.59 \text{ m}$$

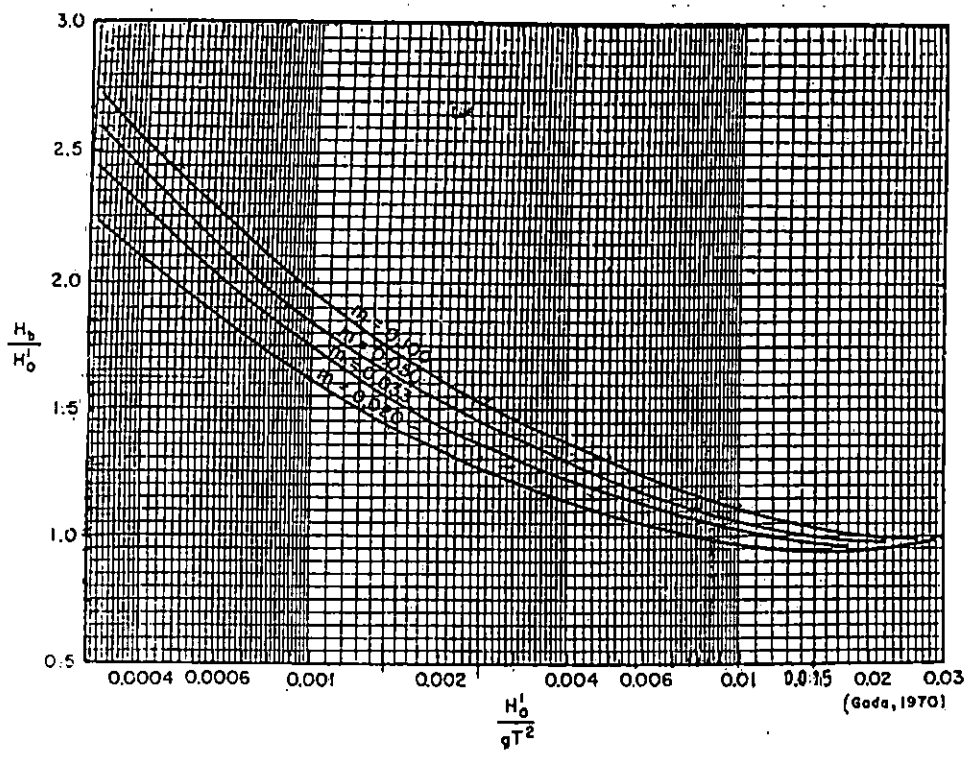
$$Hb/gT^2 = 0.018 \Rightarrow \beta = 1.35$$

$$\alpha = -$$

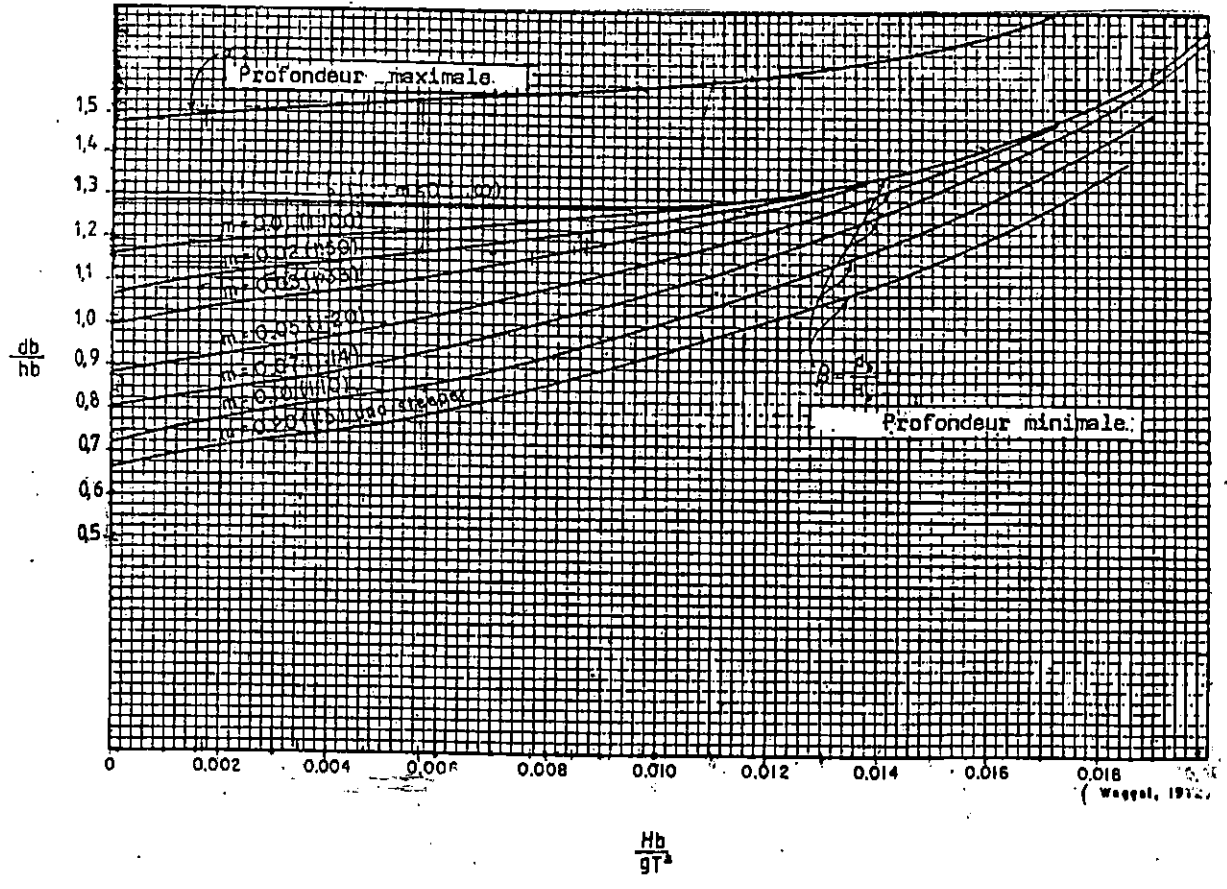
$$\Rightarrow dbmin = \beta \cdot hb = 8.89 \text{ m}$$

$$\Rightarrow dbmax = \alpha \cdot hb = -$$

détermination de  $\frac{H_0}{H_b}$  en fonction de  $\frac{H_b}{gT^2}$



détermination de  $\frac{db}{hb}$  en fonction de  $\frac{H_b}{gT^2}$



$$x_p = 20.26 \text{ m}$$

\* Période  $T = 8 \text{ s}$   
\*  $H' o = 7.09 \text{ m}$

$$\begin{aligned} H'o/gT^2 &= 0.011 &\Rightarrow Hb/H'o &= 1.1 &\Rightarrow Hb &= 7.80 \text{ m} \\ Hb/gT^2 &= 0.012 &\Rightarrow \beta &= 1.0125 \\ & &\alpha &= 1.60 \\ & &\Rightarrow db_{\min} &= \beta \cdot hb = 7.89 \text{ m} \\ & &\Rightarrow db_{\max} &= \alpha \cdot hb = 12.48 \text{ m} \\ & &x_p &= 23.98 \text{ m} \end{aligned}$$

\* Période  $T = 10 \text{ s}$   
\*  $H' o = 7.09 \text{ m}$

$$\begin{aligned} H'o/gT^2 &= 0.007 &\Rightarrow Hb/H'o &= 1.20 &\Rightarrow Hb &= 8.50 \text{ m} \\ Hb/gT^2 &= 0.008 &\Rightarrow \beta &= 0.925 \text{ m} \\ & &\alpha &= 1.55 \text{ m} \\ & &\Rightarrow db_{\min} &= \beta \cdot hb = 7.86 \text{ m} \\ & &\Rightarrow db_{\max} &= \alpha \cdot hb = 13.17 \text{ m} \\ & &x_p &= 26.13 \text{ m} \end{aligned}$$

\* Période  $T = 12 \text{ s}$   
\*  $H' o = 13.55 \text{ m}$

$$\begin{aligned} H'o/gT^2 &= 0.009 &\Rightarrow Hb/H'o &= 1.15 &\Rightarrow Hb &= 15.58 \text{ m} \\ Hb/gT^2 &= 0.011 &\Rightarrow \beta &= 1.05 \\ & &\alpha &= 1.58 \\ & &\Rightarrow db_{\min} &= \beta \cdot hb = 16.36 \text{ m} \\ & &\Rightarrow db_{\max} &= \alpha \cdot hb = 24.61 \text{ m} \\ & &x_p &= 48.72 \text{ m} \end{aligned}$$

**DIRECTION 330°N**

\* Période  $T = 6 \text{ s}$   
\*  $H' o = 5.64 \text{ m}$

$$\begin{aligned} H'o/gT^2 &= 0.016 &\Rightarrow Hb/H'o &= 1.025 &\Rightarrow Hb &= 5.78 \text{ m} \\ Hb/gT^2 &= 0.016 &\Rightarrow \beta &= 1.3 \\ & &\alpha &= 1.7 \\ & &\Rightarrow db_{\min} &= \beta \cdot hb = 7.51 \text{ m} \\ & &\Rightarrow db_{\max} &= \alpha \cdot hb = 9.82 \\ & &x_p &= 17.76 \text{ m} \end{aligned}$$

\* Période  $T = 8 \text{ s}$   
\*  $H' o = 5.27 \text{ m}$

$$H'o/gT^2 = 0.008 \Rightarrow Hb/H'o = 1.15 \Rightarrow Hb = 6.06m$$

$$Hb/gT^2 = 0.009 \Rightarrow \beta = 0.96$$

$$\alpha = 1.5625$$

$$\Rightarrow dbmin = \beta \cdot hb = 5.81m$$

$$\Rightarrow dbmax = \alpha \cdot hb = 9.24m$$

$$xp = 18.63m$$

\* Période T= 10 s

\* H' o = 4.90m

$$H'o/gT^2 = 0.005 \Rightarrow Hb/H'o = 1.15 \Rightarrow Hb = 5.63m$$

$$Hb/gT^2 = 0.005 \Rightarrow \beta = 0.85$$

$$\alpha = 1.525$$

$$\Rightarrow dbmin = \beta \cdot hb = 4.78m$$

$$\Rightarrow dbmax = \alpha \cdot hb = 8.58m$$

$$xp = 17.30m$$

\* Période T= 12 s

\* H' o = 4.78m

$$H'o/gT^2 = 0.003 \Rightarrow Hb/H'o = 1.525 \Rightarrow Hb = 7.29m$$

$$Hb/gT^2 = 0.005 \Rightarrow \beta = 0.85$$

$$\alpha = 1.525$$

$$\Rightarrow dbmin = \beta \cdot hb = 6.19m$$

$$\Rightarrow dbmax = \alpha \cdot hb = 11.11m$$

$$xp = 22.41m$$

### DIRECTION 30°N

\* Période T= 6 s

\* H' o = 9.44m

$$H'o/gT^2 = 0.026 \Rightarrow Hb/H'o = 1 \Rightarrow Hb = 9.44m$$

$$Hb/gT^2 = 0.02 \Rightarrow \beta = 1.7$$

$$\alpha = -$$

$$\Rightarrow dbmin = \beta \cdot hb = 16.04m$$

$$\Rightarrow dbmax = \alpha \cdot hb = -$$

$$xp = 29.02m$$

\* Période T= 8 s

\* H' o = 8.88m

$$H'o/gT^2 = 0.014 \Rightarrow Hb/H'o = 1.05 \Rightarrow Hb = 9.32m$$

$$Hb/gT^2 = 0.014 \Rightarrow \beta = 1.175$$

$$\alpha = 1.63$$

$$\Rightarrow dbmin = \beta \cdot hb = 10.95m$$

$$\Rightarrow dbmax = \alpha \cdot hb = 15.19m$$

$$xp = 28.65m$$

\* Période T= 10 s

\*  $H'o = 9.54m$   
 $H'o/gT^2 = 0.097 \Rightarrow Hb/H'o = 1.15 \Rightarrow Hb = 10.97m$   
 $Hb/gT^2 = 0.011 \Rightarrow \beta = 1.03$   
 $\alpha = 1.58$   
 $\Rightarrow dbmin = \beta.hb = 11.51m$   
 $\Rightarrow dbmax = \alpha.hb = 17.33m$   
 $xp = 33.72m$

\* Période  $T = 12 s$   
\*  $H'o = 10.66m$   
 $H'o/gT^2 = 0.075 \Rightarrow Hb/H'o = 1.075 \Rightarrow Hb = 11.46m$   
 $Hb/gT^2 = 0.0081 \Rightarrow \beta = 0.925$   
 $\alpha = 1.55$   
 $\Rightarrow dbmin = \beta.hb = 10.60m$   
 $\Rightarrow dbmax = \alpha.hb = 17.76m$   
 $xp = 35.23m$

**DIRECTION 60°N**

\* Période  $T = 6 s$   
\*  $H'o = 6.72m$   
 $H'o/gT^2 = 0.019 \Rightarrow Hb/H'o = 1 \Rightarrow Hb = 6.72m$   
 $Hb/gT^2 = 0.019 \Rightarrow \beta = 1.5$   
 $\alpha = -$   
 $\Rightarrow dbmin = \beta.hb = 10.08m$   
 $\Rightarrow dbmax = \alpha.hb = -$   
 $xp = 20.65m$

\* Période  $T = 8 s$   
\*  $H'o = 6.28m$   
 $H'o/gT^2 = 0.010 \Rightarrow Hb/H'o = 1.1 \Rightarrow Hb = 6.90m$   
 $Hb/gT^2 = 0.011 \Rightarrow \beta = 1.05$   
 $\alpha = 1.58$   
 $\Rightarrow dbmin = \beta.hb = 7.24 m$   
 $\Rightarrow dbmax = \alpha.hb = 10.90m$   
 $xp = 21.21m$

\* Période  $T = 10 s$   
\*  $H'o = 7.84m$   
 $H'o/gT^2 = 0.008 \Rightarrow Hb/H'o = 1.15 \Rightarrow Hb = 9.01 m$   
 $Hb/gT^2 = 0.009 \Rightarrow \beta = 0.96$   
 $\alpha = 1.56$   
 $\Rightarrow dbmin = \beta.hb = 8.64m$   
 $\Rightarrow dbmax = \alpha.hb = 14.05 m$   
 $xp = 27.69m$

\* Période  $T = 12 s$   
\*  $H'o = 4.36 m$

$$H_o/gT^2 = 0.003 \Rightarrow H_b/H_o = 1.45 \Rightarrow H_b = 6.32 \text{ m}$$

$$H_b/gT^2 = 0.0044 \Rightarrow \beta = 0.825$$

$$\alpha = 1.525$$

$$\Rightarrow db_{\min} = \beta \cdot h_b = 5.21 \text{ m}$$

$$\Rightarrow db_{\max} = \alpha \cdot h_b = 9.63 \text{ m}$$

$$x_p = 19.43 \text{ m}$$

**TABLEAU RECAPITULATIF de -a-**

Direction	T (s)	H'o	Hb (m)	dbmin (m)	dbmax (m)	xp (m)
0°N	6	6.43	6.59	8.89		20.26
	8	7.09	7.80	7.89	12.48	23.98
	10	7.09	8.50	7.86	13.17	26.13
	12	13.55	15.58	16.36	24.61	48.72
330°N	6	5.64	5.78	7.51	9.82	17.76
	8	5.27	6.06	5.81	9.24	18.63
	10	4.90	5.63	4.78	8.58	17.30
	12	4.78	7.29	6.19	11.11	22.41
30°N	6	9.44	9.44	16.04		29.02
	8	8.88	9.32	10.95	15.19	28.65
	10	9.54	10.97	11.51	17.33	33.72
	12	10.66	11.46	10.60	17.76	35.23
60°N	6	6.72	6.72	10.08		20.65
	8	6.28	6.90	7.24	10.90	21.21
	10	7.84	9.01	8.64	14.05	27.69
	12	4.36	6.32	5.21	9.63	19.43

**-b : Classification des déferlements selon la pente de la plage et la cambrure en eau profonde.**

(D'après Patrick et Wiegel)

Pente de la plage	Déferlement gonflants	Déferlement plongeants	Déferlement déversants
0.10	$\frac{H_o}{Lo} \leq 0.009$ à $0.010$	$0.009 \frac{H_o}{Lo} \leq 0.060$	$\frac{H_o}{Lo} \geq 0.060$

**-c : Détermination de la cambrure de la houle en eau profonde.  $H_o / Lo$**

**-Calcul de  $Lo$**

$$Lo = gT^2 / 2\pi$$

T (s)	Lo (m)
6	56.20
8	99.92
10	156.13
12	224.82

**TABLEAU RECAPITULATIF DE -b-**

T (s)	Direction	H'o /Lo	Nature du déferlement
6	0°N	0.114	Le Déferlement est déversant
	330°N	0.100	
	30°N	0.167	
	60°N	0.119	
8	0°N	0.070	→déferlement déversant →déferlement plongeant } déferlement déversant
	330°N	0.052	
	30°N	0.088	
	60°N	0.072	
10	0°N	0.050	le déferlement est plongeant
	330°N	0.031	
	30°N	0.061	
	60°N	0.050	
12	0°N	0.060	le déferlement est plongeant
	330°N	0.021	
	30°N	0.047	
	60°N	0.019	

**-Conclusion :**

Nous concluons que le déferlement est plongeant pour les périodes  $T=10s$  et  $T=12s$  avec des longueurs d'ondes  $Lo = 156.13m$  et  $Lo = 224.82m$   
Le déferlement plongeant étant considéré comme l'un des plus dangereux pour les structures portuaires, ainsi pour leur stabilité, nous retiendrons une houle déferlante  $H_b = 8.50m$

**II . 3 La marée et le niveau de l'eau**

La marée est un phénomène périodique, prévisible entraînant des variations connues du niveau de l'eau

La marée méditerranéenne notamment sur la côte Algérienne est très faible et dépasse rarement 0.20m avec des périodes de 24heures et de 12heures .

**\* Les niveaux de référence**

Les différents niveaux de références utilisés sont :

- Zéro Hydrographique (Z.H) . 0.0m par rapport au (Z.H)
- Nivellement général d'Algérie (N.G.A) . 0.34m par rapport au (Z.H)
- Niveau moyen .  $\pm 0.10m$  par rapport au (Z.H)

## **II .4 Les courants .**

Les courants déterminent en général les critères d'implantation d'un port ; Mais ces courants sont relativement faibles le long de la côte Algérienne et ne constituent pas un facteur déterminant pour notre projet.

Les informations compilées au cours des observations enregistrées au large par le K.N.M.I (Institut Météorologique Royal Néerlandais) indiquent que les courants ont une vitesse inférieur à 0.5 noeuds pendant environ 75 % du temps et à 1 noeud pour 80 % du temps.

# **CHAPITRE III**

## **Données physiques de base**

### III DONNEES PHYSIQUES DE BASE

Nous entendons par données physiques de base les données

- topographiques
- Bathymétriques
- sondage à lance
- inspection des ouvrages existants.

#### III - 1 Etude topographique

Le levé topographique qui a été effectué par le département de reconnaissance du site du L.E.M couvrant une superficie de 5 hectares environ a été vérifié par notre sortie effectuée le mois d'AOUT 1992.

#### III - 2 Etude Bathymétrique

La campagne de sondage bathymétrique a été effectuée par le même service à l'intérieur et à l'extérieur du port d'une superficie de 5 hectares.

On notera qu'à l'intérieur du port la profondeur est variable entre la côte ( 0 et -4 m ) avec de faibles pentes; et un plateau à l'entrée du port à la côte (-4 m) , par contre qu'à la sortie de celui-ci la profondeur augmente de plus en plus arrivant jusqu'à (-24 m) (Les résultats sont portés sur le plan n°2).

#### III - 3 Sondage à la lance

Les résultats de la campagne de sondage à la lance effectuées par le département cité ci-dessus montrent que les fonds sont en général rocheux , la présence du sable est liée certainement à l'érosion des fonds gréseux par les actions incessantes de la mer et son transport par la houle. (voir plan n°3).

#### III - 4 Inspection des ouvrages existants

L'inspection de l'état actuel de la protection du port s'est faite par le départ<sup>ement</sup> de reconnaissance sur site du laboratoire d'étude maritime en JANVIER 1987 et complétée par notre sortie effectuée en AOUT 1992 nous avons noté:

Du secteur NWN, le port est abrité actuellement par une falaise rocheuse émergant à une côte moyenne de 5.50m protégée par des enrochements artificiels (tétrapodes ) sur un tronçon de 35m.

On constatera qu'une quantité importante de ces enrochements a été emporté vers le large.

Du NE il est protégé par une jetée de type verticale accostable de longueur 30 m mais partiellement détruite.

La reconnaissance sous marine nous a permis de constater:

Un emportement des matériaux vers le large, une présence de cavernes due à l'affaissement de quelques blocs constituant l'ouvrage et un affouillement généralisé. Le plan n°3 montre dans l'ensemble l'ampleur des dégâts.

# **CHAPITRE IV**

## **Détermination des besoins**

## IV DETERMINATION DES BESOINS

A défaut des données de base disponibles, d'une étude socio-économique et d'une estimation des besoins qui devraient être faites par l'administration, nous avons retenu en fonction du site et en collaboration avec l'administration locale un dimensionnement minimum pour 300 embarcations de tout genres confondues.

Ceci étant admis comme une norme qui peut justifier économiquement l'investissement .

La vocation touristique et plaisancière du port s'est faite sur la base de l'étude établie par le " C.N.E.R.U" (2) qui a eu pour objet l'aménagement de la façade de RAIS HAMIDOU . La stratégie du C.NE.RU. s'est basée sur un port exclusivement plaisancier comme pôle d'attraction et point névralgique de tout l'aménagement touristique de la façade.

Par conséquent, nous pouvons faire deux remarques sur l'aménagement proposé.

- 1/ Sous estimation des aspects économiques et sociaux par le C.N.E.R.U., de la cimenterie qui produit un fort tonnage de ciment de haute qualité, et qui dans son étude prévoit l'élimination de cette unité , car la pollution de l'atmosphère par celle-ci met en péril la santé des citoyens de RAIS HAMIDOU.
- 2/ A notre avis , le C.N.E.R.U. n'a pas donné assez d'importance à l'intégration sociale du projet.

En examinant l'étude faite par le C.N.E.R.U. et en tenant compte des points suivants:

- L'existence à RAIS HAMIDOU d'une association regroupant 50 pêcheurs.
- La présence de quelques embarcations de pêche de moyennes taille abritées par l'actuel port.

La forte densité d'embarcation de pêche au niveau du port d'ALGER distant de 15 Km environ de RAIS HAMIDOU.

L'implantation d'un port de plaisance projeté par l'A.P.C de RAIS HAMIDOU nous a amener à nous rapprocher de cette administration et après une discussion positive nous avons opté conjointement pour la réalisation d'un port mixte ( pêche et plaisance) avec un taux élevé d'embarcations plaisancières .

### IV - 1 REPARTITION DE LA DEMANDE

Ondistingue :

- 1/ Les bateaux séjournant dans le port.
- 2/ Les bateaux n'effectuant dans le port qu'un séjour temporaire.
- 3/ Les bateaux en réparation ou en carénage.

Donc du point de vue réparation , nous avons retenu en fonction de notre site , 362 embarcations sont:

- 30 % sont des embarcations de pêche
- 70 % de plaisance.

(2): "C.N.E.R.U.": Centre National d'étude et de Recherches en Urbanisme

#### IV -1.1 Hypothèses de répartition des embarcations de pêche

type d'embarcations	nombre	longueur ( Max) en m.	largeur (max) en m.	tirant d'eau en m.
chalutiers, sardiniers	10	15	4	2.50
petits métiers.	96	6	2.50	1.50
TOTAL	106	-	-	-

Etant donné que l'amarrage de ces bateaux se fait perpendiculairement aux appointements ou quais et qu'ils sont espacés de 0.50m l'un de l'autre dans ce cas la linéaire de quai serait de:

types d'embarcations	linéaire de quai nécessaire (mètre linéaire)
chalutiers , sardiniers	$10 (4+0.5) = 45 \text{ m.l}$
petits métiers	$96 (2.50+0.5) = 288 \text{ m.l}$
TOTAL	333 m.l

#### IV -1.2 Hypothèses de répartition des embarcations de plaisance

Nous avons retenu trois types d'embarcations:

type	Nombre	Longueur (Max) m	Largeur (Max) m	Tirant d'eau m
A	14	12	3.50	2.50
B	16	9.00	3.00	1.50
C	226	6.00	2.50	1.50
TOTAL	256	-	-	-

Sachant que l'espacement des embarcations de plaisance est identiques à celui des embarcations de pêche , le linéaire de quai serait de :

types	linéaire de quai nécessaire (m.l)
A	$14 ( 350 + 0.5 ) = 56 \text{ m.l}$
B	$16 ( 3 + 0.5 ) = 56 \text{ m.l}$
C	$226 ( 2.50 + 0.5 ) = 678 \text{ m.l}$
TOTAL	$= 790 \text{ m.l}$

Donc le linéaire total à prévoir serait de :  
 $333 \text{ m.l} + 790 \text{ m.l} = 1123 \text{ m.l}$

## IV - 2 EQUIPEMENTS DE SUPERSTRUCTURE

### IV - 2 .1 Equipements de mise à sec des bateaux

#### IV - 2 .1.1 Parkings

On estime durant la période de pointe (moment de la journée où la circulation des piétons et des véhicules est la plus intense.) 1.5 véhicules par bateau , sachant que le véhicule occupe une surface de 23m<sup>2</sup> , et tenant compte des distances de séparations ; Nous aurons donc une surface de :  $362 * 1.5 * 23 = 12489 \text{ m}^2$ .

#### IV - 2 .1.2 Maintenance et carénage

Une demi-journée semble nécessaire pour le carénage d'une petite embarcation et deux carénages par an pour pour une embarcation type chalutier.

La maintenance par contre exige trois jours par an et par bateau (voir tableau récapitulatif) .

type de bateaux	nombre	Nb jours de réparation	Nb jours de carenage	Total
pêche: chalutiers,sardiniers	10	10*3*1	10*0.5*2*1	40 J
petits métiers	96	96*3*1	96*0.5*2*1	384 J
Plaisance :A	14	14*3*1	14*0.5*2*1	56 J
B	16	16*3*1	16*0.5*2*1	64 J
C	226	226*3*1	226*0.5*2*1	904 J

Les 362 embarcations seront donc réparées ou carenées en 1448 J.

#### a - Surface nécessaire par type d'embarcations

type de bateaux	surface nécessaire
pêche: chalutiers,sardiniers	40 m <sup>2</sup>
petits métiers	25 m <sup>2</sup>
plaisance A	40 m <sup>2</sup>
B	25 m <sup>2</sup>
C	25 m <sup>2</sup>

#### b - Surface de maintenance par type de bateaux

type de bateaux	surface (m <sup>2</sup> )	Total
chalutiers sardiniers	(40/364)*40	4.38 ~ 5 m <sup>2</sup>
petits métiers	(384/365)*25	26.30 ~ 27 m <sup>2</sup>
A	(56/365)*40	6.13 ~ 6 m <sup>2</sup>
B	(64/365)*25	4.38 ~ 5 m <sup>2</sup>
C	(904/365)*25	61.91 ~ 62 m <sup>2</sup>

La surface totale pour la maintenance que doivent occuper les différents type de bateaux est égale à : 105 m<sup>2</sup>.

On dimensionnera cette surface en tenant compte de la période estivale soit 3 fois la surface estimée.

$$105 * 3 = 315 \text{ m}^2.$$

Sans oublier les surfaces de 400 m<sup>2</sup> pour les ateliers , ce qui donnera une surface approximative de 800 m<sup>2</sup> .

## **IV - 3 INFRASTRUCTURES DE FONCTIONNEMENT**

On distingue divers locaux administratifs

- Concessionnaire
- Douanes, Météorologie... regroupés généralement avec la Capitainerie.
- La station de ravitaillement en combustible.
- Le service de l'outillage et éventuellement sécurité et gardiennage des bateaux.

### **IV - 3.1 Réseaux et équipements annexes**

Le réseau d'eau potable doit prévoir:

- La desserte des réseaux de nettoyage
- La desserte du réseau anti-incendie calculé suivant la réglementation en vigueur.

### **IV - 3.2 Réseau télécommunications**

Raccordement des infrastructures portuaires et implantation de cabines publiques.

### **IV - 3.3 Energie électrique**

- Raccordement ligne 220 V à tout les bâtiments administratifs.
- Raccordement ligne 220/380 V aux ateliers de maintenance.
- L' éclairage des quais et appontements doit permettre de circuler dans de bonnes conditions de sécurité.

### **IV - 3.4 Réseau assainissement et sanitaires**

- Les collecteurs d'assainissement installés au niveau des appontements permettront de collecter les eaux usées des bateaux se trouvant à quai.
- l'implantation des sanitaires doit être imposé par le ministère de l'équipement.

Une réservation de 1500 m<sup>2</sup> est donc nécessaire pour l'ensemble.

#### IV - 4 Récapitulatif des surfaces nécessaires ( m<sup>2</sup> )

Parking	12489
Maintenance	800
Infrastructure de fonctionnement	1500
Total	14789

## **CHAPITRE V**

**Description de la variante d'Aménagement  
et essais d'agitation**

# V -DESCRIPTION DE LA VARIANTE D'AMENAGEMENT et ESSAI D' AGITATION

## V - 1 Description de la variante d'aménagement

les contraintes physiques (Topographiques) que présente le bassin de l'abri de RAIS HAMIDOU, la présence des deux îlots dit: îlots de la pointe PESCADE, l'exposition du site aux houles et vents le nombre nécessaire d'embarcation à accomoder pour la rentabilité de l'investissement limitent les propositions de la variante d'aménagement.

La jetée de 200m de long avec une passe d'entrée de 45 m ouverte vers l'Est plus les ouvrages d'accostage forment la majeure partie des travaux de construction du port; Ces derniers se composent des murs de quai et des appontements au nombre de 11 notons qu'une partie de ces murs de quai est inutilisable ( quais perpendiculaires aux appontements).

Une rampe de lancement ou (cale de Halage) est prévue pour faciliter la sortie et la rentrée des petites embarcations;

Enfin cette variante dégage une surface du bassin d'eau de 24920 m ( voir plan de masse n°5);

L'agencement des appontements, quais et passe d'entrée a été guidé par les normes de sécurité de navigation.

## V -2. Essai d'agitation

L' agitation à l'intérieur du port doit rester inférieure à certaines limites , elle est issue de la houle au large laquelle est diffractée par les musoirs à l'entrée du port.

La disposition des ouvrages de protection doit être examinée pour que la combinaison de la houle diffractée avec celle réfléchiée par les ouvrages intérieurs n'aboutisse pas à un plan d'eau en agitation désordonnée, beaucoup plus incommode pour la navigation des petites unités qu'une houle régulière.

Nous avons projeté la confection d'une digue orientée vers le nord mais nous avons rencontré un handicap financier majeur pour l'étude sur modèle mathématique du plan d'eau à l'intérieur du port (Coût prohibitif).

Devant ce blocage inattendu qui nous empêchait de poursuivre notre projet sur des bases scientifiques rigoureuses, nous avons alors appelé partiellement à notre aide , l'étude hydraulique sur modèle réduit physique du "L.E.M" faite sur le port de RAIS HAMIDOU en 1989.

initialement, nous avons envisagé 4 directions de propagation de la houle (330°N, 360°N, 30°N et 60°N) qui diffèrent sensiblement de celles retenues par le L.E.M (310°N, 360°N et 33°N) et qui à notre humble avis couvrent théoriquement mieux prévisionnellement les effets de la houle sur notre site.

Au vu de l'impossibilité matérielle de réaliser le modèle mathématiques (qui donnerait une ébauche de solution au problème); il devenait risqué , hasardeux et même dangereux de pousser plus avant notre projection.

A notre grand regret nous avons donc dû renoncer à certaines de nos hypothèses de bases pour adopter celle du L.E.M.

## V - 2.1 Description du modèle

Le bassin utilisé pour les essais présente les caractéristiques suivantes:

- Longueur 22 m
- Largeur 18 m
- Fond du modèle fixe
- L'échelle du modèle est de 1/54 ème.

### V - 2 .1.1 Génération de la houle

Tous les essais sont effectués par une houle irrégulière, cette houle est générée grâce à la lecture d'une bande perforée contenant des trains de houle enregistrés lors d'une tempête au niveau des ISSERS (W.de BOUMERDES).

Le dispositif de lecture est relié à un générateur de signaux qui à son tour envoie un signal à une servo-valve qui contrôle le va et vient d'un verin hydraulique entraînant le bâteur à houle.

Pour les mesures de houles dans le modèle plusieurs sondes sont placées à l'intérieur et au niveau de la passe du port.

Le fonctionnement de ces sondes est basé sur le principe de la conductance entre deux électrodes qui recueillent les signaux au fur et à mesure du passage des vagues et les transmettent à une chaîne d'acquisition et de traitement.

### V -2 .1.2 Résultats et essais d'agitation

Comme le montre la figure V.1 les sondes 3,,4,5,6,7,8 sont les plus significatifs et donnent une description complète de l'agitation , les sondes 1 et 2 sont placées au niveau de la passe d'entrée, la sonde 1 est localisée entre le musoir et l'ilôt alors que la sonde 2 est placée juste avant l'entrée du port.

Les critères d'agitation sont les suivants:

-Agitation admissible pour une houle annuelle :30 cm.

-Agitation admissible pour une houle décennale: 70 cm.

Les tableaux suivants résumant les résultats obtenues sont: t1, t2 , t3 .

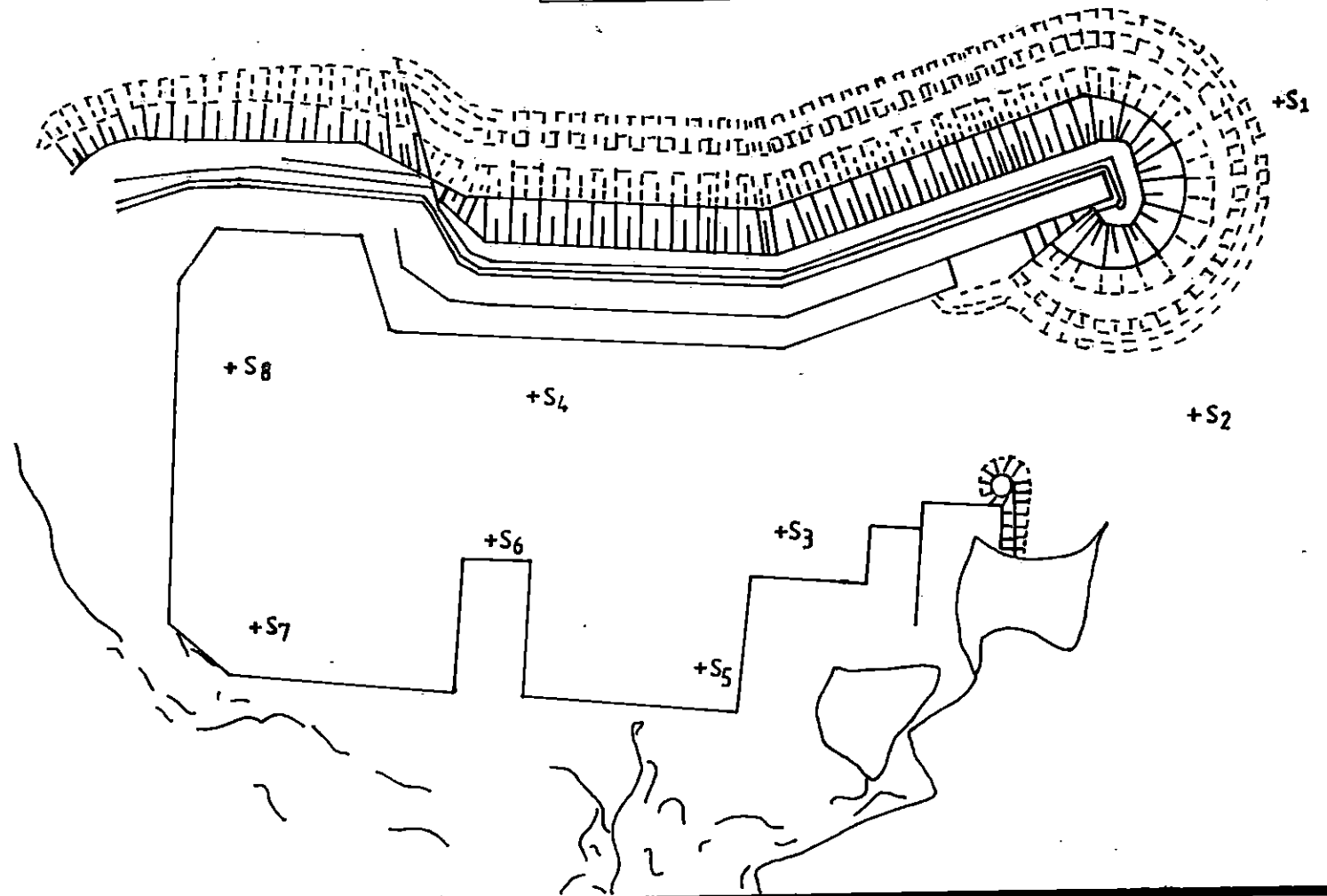
Direction : N360° t1:

Sondes Hs(large) m	1	2	3	4	5	6	7	8
2.47	1	0.31	0.11	0.14	0.09	0.12	0.09	0.08
3.1	1.32	0.37	0.15	0.16	0.12	0.15	0.13	0.12
5.15	1.63	0.54	0.22	0.23	0.19	0.23	0.23	0.20
5.77	1.71	0.59	0.23	0.26	0.22	0.27	0.25	0.22
7.21	1.93	0.66	0.30	0.30	0.28	0.32	0.33	0.28
8.64	2.05	0.73	0.34	0.32	0.34	0.37	0.41	0.32

fig: 5.2

IMPLANTATION  
DES\_SONDES

ech: 1/2000



Direction : N310° t2:

sondes Hs(large) m	1	2	3	4	5	6	7	8
2.68	0.8	0.32	0.16	0.16	0.13	0.18	0.13	0.13
3.51	1.3	0.49	0.24	0.24	0.19	0.26	0.20	0.20
5.58	1.9	0.64	0.29	0.29	0.26	0.34	0.26	0.26
6	1.95	0.67	0.30	0.30	0.29	0.35	0.31	0.30
7.22	2.30	0.72	0.35	0.34	0.35	0.39	0.36	0.36
7.84	2.59	0.78	0.40	0.37	0.41	0.42	0.38	0.39
8.05	2.48	0.80	0.43	0.39	0.42	0.43	0.39	0.40

Direction : N33° t3:

sondes Hs(large) m	1	2	3	4	5	6	7	8
1.78	0.69	0.30	0.10	0.12	0.08	0.11	0.08	0.07
2.97	0.98	0.41	0.13	0.14	0.10	0.12	0.10	0.09
4.16	1.23	0.47	0.17	0.19	0.16	0.17	0.15	0.13
4.75	1.33	0.49	0.19	0.19	0.16	0.19	0.17	0.15
6.34	1.49	0.52	0.21	0.24	0.20	0.20	0.19	0.17
7.33	1.69	0.56	0.24	0.25	0.24	0.22	0.23	0.20
7.73	1.75	0.58	0.25	0.26	0.25	0.23	0.25	0.22

## V -2 .1.3 Conclusion

La passe d'entrée est moins agitée pour la direction N33 (Max 1.75m pour Hs=7.73) en comparaison avec les directions N310 et N33 où on atteint une agitation de 2.48m pour Hs= 8m .

Ces agitations risqueraient de rendre la navigation difficile en période de tempête, néanmoins et sachant que ce type de tempête est relativement exceptionnel , cette contrainte sera levée par le fait que de toute façon toute navigation dans ou vers le port de plaisance sera interdite.

Intérieur du port:

Nous avons noté pour la direction N33 une agitation maximum de 0.25m, alors que pour les directions N310 et N360, nous avons obtenu respectivement 0.43 et 0.41.

Cette grande différence est due à l'existence de deux îlots devant le musoir; les îlots jouant le rôle de brises lames quand la houle est de direction Nord-Est.

On notera que les résultats obtenus sont en dessous des valeurs admissibles.

## V -2.2 Essai d'agitation du port de RAIS-HAMIDOU actuel

Une seule direction N360° a été choisie pour l'étude de l'agitation en modèle sur le port de RAIS-HAMIDOU actuel dans le but de comparer l'agitation existante avec celle apportée par l'aménagement.

(voir la position des sonoles sur la figure V.2)

Résultats de l'agitation (voir tableau t4).

Direction: N360° t4:

Sondes Hs(large) m	5	6	7	8	Observations
2.60	0.40	0.68	1.10	0.27	pas de franchissement
3.50	0.53	0.76	1.28	0.31	pas de franchissement
5.50	0.66	0.86	1.49	0.44	franchissement retombant sur le quai
6.30	0.72	0.99	1.68	0.53	franchissement retombant sur bassin
7.10	-	1.08	1.92	0.59	franchissement retombant sur le bassin
7.80	-	-	2.00	0.65	franchissement très fréquent
8.70	0.84	1.53	2.2	0.68	franchissement très fréquent

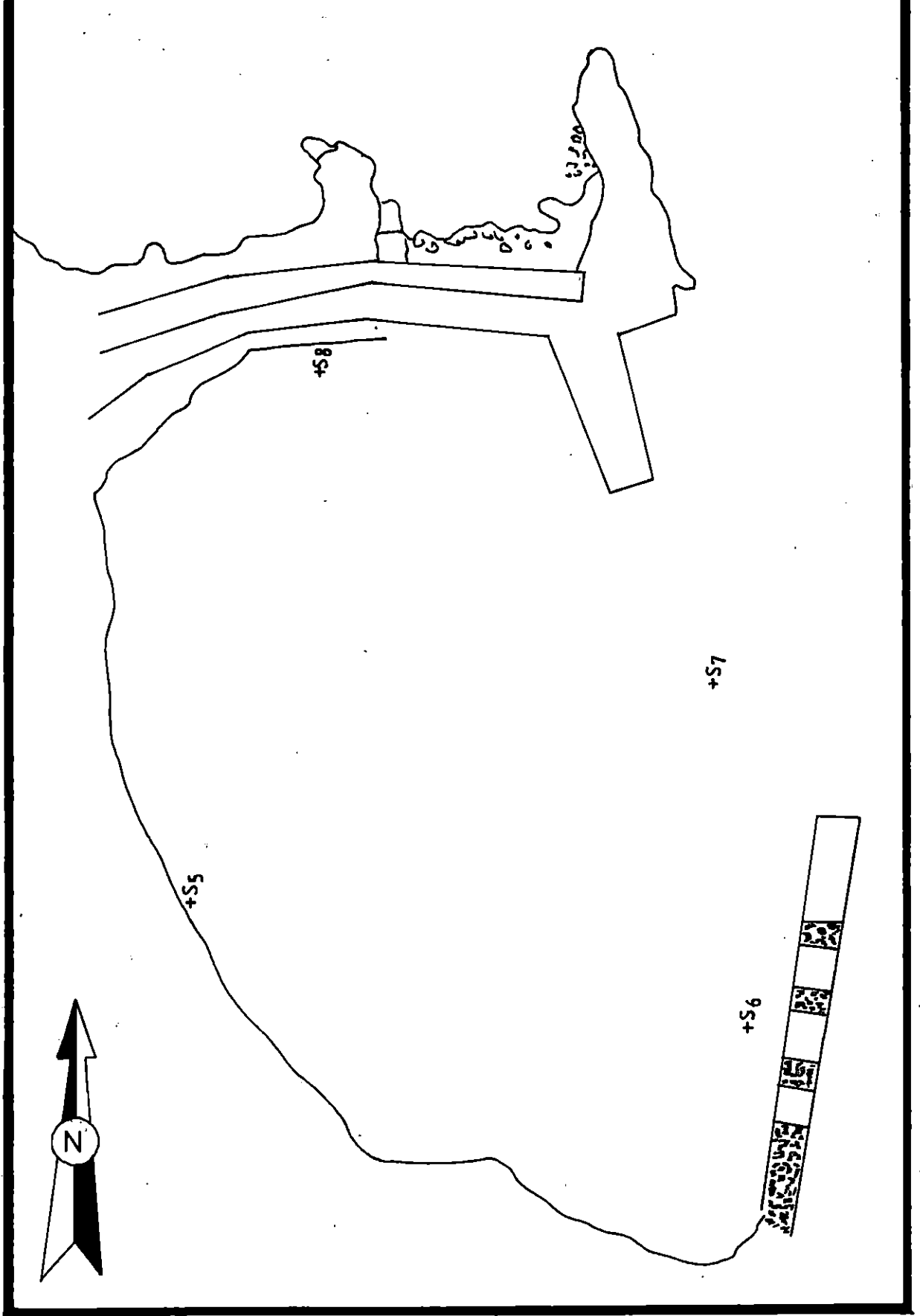


fig: 5.2 AMENAGEMENT EXISTANT

IMPLANTATION DES SONDES

ech : 1/1000

### V -2 .3 Conclusion

En comparant les résultats de la sonde 8 de la variante avec les résultats de la même sonde du port existant, il nous apparaît une nette différence ; l'agitation du nouveau port est deux fois moindre que celle de l'abri existant.

Hs	Variante aménagé agitation S8	Hs	Port existant agitation S8
2.47	0.11	2.60	0.27
3.13	0.16	3.50	0.31
5.15	0.21	5.50	0.44
5.60	0.24	6.30	0.53
7.16	0.27	7.10	0.59
7.84	0.33	7.80	0.65
8.80	0.35	8.70	0.68

# **CHAPITRE VI**

## **Prédimensionnement**

## VI PREDIMENSIONNEMENT

### VI.1 Ouvrage de protection:

Ce sont des ouvrages qui ont pour vocation de protéger une zone donnée principalement contre la houle et accessoirement contre les courants.

#### VI.1.1 Jetée principale :

Orientée sensiblement d'Ouest en Est (donc parallèle à la cote), avec le même axe d'orientation que la digue de l'abri existant, faisant front à la direction Nord ; La jetée principale a pour longueur 200m .

Nous avons opté pour une digue à talus infranchissable du type "C.E.R.C" (1) ; La stabilité de cette dernière est fonction du poids (W) du bloc utilisé et de la pente du talus ( $\alpha$ ) .

En effet d'après "R. HUDSON" (1959), la stabilité d'un ouvrage de protection formé d'encochements de poids (W) suivant une pente d'angle ( $\alpha$ ) est obtenue à la condition suivante:

$$W = (\gamma_r * H_b^3) / [K_D * ((\gamma_r / \gamma_w) - 1)^3 * \cotg \alpha]$$

W: Poids du bloc en (tonnes)

$\gamma_r$ : Densité du bloc en (tonne/m<sup>3</sup>);  $\gamma_r = 2,4$  (Carapace)

$\gamma_r = 2,6$  ( Sous couches)

H<sub>b</sub> : Hauteur de la houle calculée au déferlement; H<sub>b</sub> = 8,50 m

K<sub>D</sub> : Coefficient de stabilité admis à 7 pour les profils courants et à 5,5 pour les musoirs.

$\gamma_w$  : Densité de l'eau de mer en (tonne/m<sup>3</sup>);  $\gamma_w = 1,027$  t/m<sup>3</sup>

Le choix de la forme des enrochements artificiels formant la carapace s'est porté sur des blocs de formes simples (cubiques-rainurés) qui n'ont pas les inconvénients des éléments aux formes compliquées au niveau des coffrages, de la manutention, et du stockage, ce qui explique que ce choix n'étant pas le fruit du hasard mais repose sur des possibilités techniques des entreprises nationales de réalisation des travaux maritimes.

-La jetée a été répartie en 7 profils selon la bathymétrie rencontrée.

#### VI.1.1.1 Profil courant

a- Carapace: Qui est l'élément de protection de la digue.

a1- Poids du bloc de la carapace: W<sub>C</sub>

$$K_D = 7$$

$$\cotg \alpha = 3/2$$

$$\gamma_r = 2,4 \text{ t/m}^3$$

$$\gamma_w = 1,027 \text{ t/m}^3$$

$$H_b = 8,50 \text{ m}$$

AN:

$$W_C = [ 2,4 * (8,50)^3 / (7 * (2,40/1,027) - 1) * 1,5 ]$$

$$\Leftrightarrow W_C = 58,74 \text{ tonnes} = 60 \text{ tonnes}$$

a2-Épaisseur de la carapace: e<sub>c</sub>

Sachant que la disposition des blocs cubiques rainurés (B.C.R) se fait sur deux couches, le coefficient K<sub>Δ</sub> sera égal à 1,03

$$\text{Donc } e_c = n \cdot K_{\Delta} \cdot (W / \gamma_r)^{1/3}$$

(1) "C.E.R.C": Coastal Engineering Research Center de l' U S Army

e: Epaisseur de la couche (m)

n: Nombre de couches=2

W=58,74 tonnes

$\gamma_r = 2,4 \text{ t/m}^3$

AN:  $e_c = 2 \cdot 1,03 \cdot ((58,74 / 2,4)^{1/3})$

$$e_c = 5,98 \text{ m} \approx 6 \text{ m}$$

-La côte d'arase de la carapace est à 9,90 m

a3-Dimensionnement du B.C.R

Source (L.N.H)

-Les dimensions à respecter sont:

A-B=0,0667 H

$\varnothing = 0,276 \text{ H}$

Le volume d'un bloc est de 0,885 H<sup>3</sup>

avec  $H = (V / 0,885)^{1/3}$

a3.1-Calcul du volume d'un bloc: V(m<sup>3</sup>)

$$V = W / \gamma_r$$

W: Poids du bloc (Tonnes) = 60 tonnes

$\gamma_r$ : Densité du bloc (t/m<sup>3</sup>) = 2,4 t/m<sup>3</sup>

AN:  $V = 60 / 2,4 = 25 \text{ m}^3$

$\Leftrightarrow V = 25 \text{ m}^3$

a3.2 Calcul de la hauteur du bloc : H(m)

$$H = (V / 0,885)^{1/3} = (25 / 0,885)^{1/3} = 3,04 \text{ m}$$

$\Leftrightarrow H = 3,04 \text{ m}$

Nous remarquons que H=B=3,04 m

Dans le cas : A-B=0,0667 H=0,20

$\Leftrightarrow A-B = 2 \cdot 0,20$

$\Leftrightarrow A = 2 \cdot 0,20 + B$

$\Leftrightarrow A = 2 \cdot 0,20 + 3,04$

$\Leftrightarrow A = 3,44 \text{ m}$

a3.3 Calcul du diamètre:  $\varnothing$ (m)

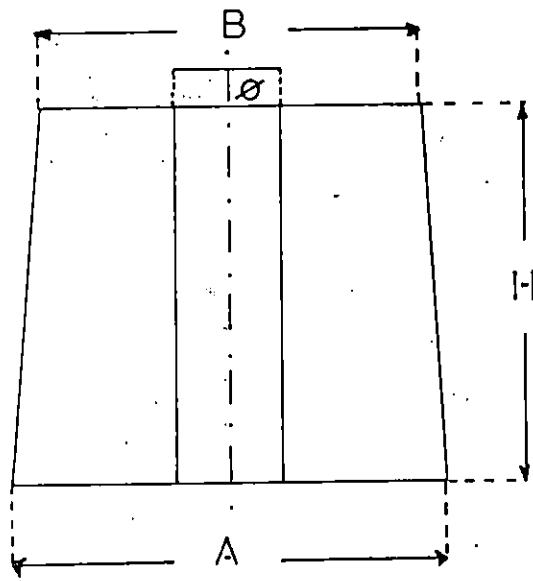
$$\Rightarrow \varnothing = 0,276 \cdot 3,04$$

$$\Rightarrow \varnothing = 0,84 \text{ m}$$

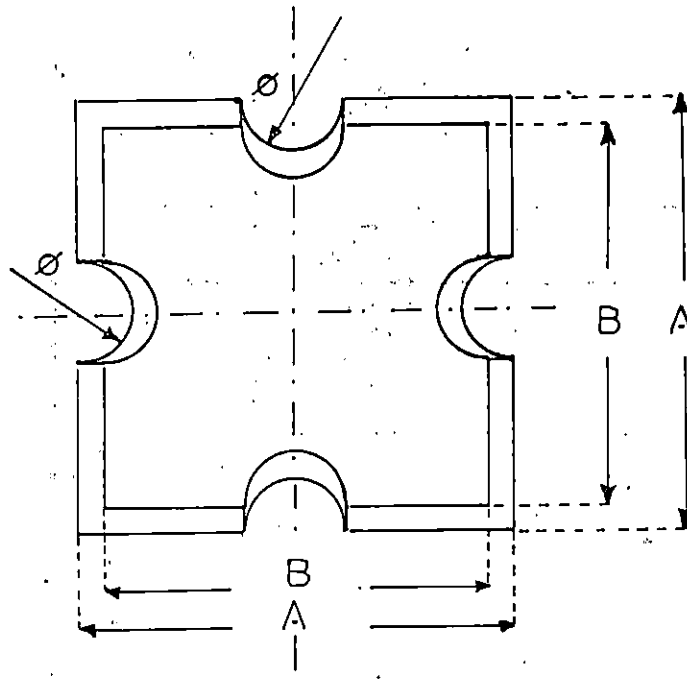
-Dimensionnement du bloc cubique rainuré: (voir figure VI.1)

fig 6.1

ELEVATION



$E = 1/60^{\text{e}}$   
 $H = B = 3.04 \text{ m}$   
 $A = 3.44 \text{ m}$   
 $\phi = 0.84 \text{ m}$



VUE DE PLAN

### b- Sous-Couches:

A la suite de la carapace, deux sous-couches d'enrochements s'interposent entre les blocs de la carapace et les matériaux fins du noyau jouent un rôle de filtre.

#### b1-Première sous-couche

\*Poids du bloc de la première sous-couche:  $W_{S1}$

D'après "C.E.R.C"

$$W_{S1} = W / 10$$

d'ou

$W_{S1}$  = Poids de l'enrochement naturel de la 1<sup>o</sup> sous-couche

W = Poids du bloc de la carapace

Donc :

$$W_{S1} = 58,74 / 10$$

$$= 5,874$$

$$= 6 \text{ tonnes}$$

$$W_{S1} = 6 \text{ tonnes}$$

\*\* Epaisseur de la première sous-couche:  $e_{S1}$

$$e_{S1} = n \cdot K_{\Delta} (W_{S1} / \gamma_r)^{1/3}$$

$K_{\Delta}$  = Coefficient Stabilité de la sous-couche, qui est en fonction du type de bloc = 1,10

$$\text{AN: } e_{S1} = 2 \cdot 1,10 (5,874 / 2,6) = 2,88 \text{ m}$$

$$e_{S1} = 3 \text{ m}$$

La côte d'arase de la première sous-couche est à 4,00 m

#### b2-Deuxième sous-couche

\*Poids du bloc de la deuxième sous-couche:  $W_{S2}$

D'après "C.E.R.C"

$$W_{S2} = W / 200$$

Donc :

$$W_{S2} = 58,74 / 200$$

$$= 0,29 \text{ tonnes}$$

$$= 0,3 \text{ tonnes}$$

$$W_{S2} = 0,3 \text{ tonnes}$$

\*\* Epaisseur de la deuxième sous-couche:  $e_{S2}$

$$e_{S2} = n \cdot K_{\Delta} (W_{S2} / \gamma_r)^{1/3}$$

$$\text{AN: } e_{S2} = 2 \cdot 1,10 (0,29 / 2,6) = 1,06 \text{ m}$$

$$e_{S2} = 1 \text{ m}$$

La deuxième sous-couche est arasée à la côte de 1 m

NB / Les poids calculés des enrochements naturels des deux sous-couches sont de poids moyens.

### C- Noyaux

Le noyau de la jetée est constitué en un tout-venant de carrière afin de constituer un écran évitant la transmission de pressions qui s'exercent sur la face exposée et dont les éléments devront avoir un poids compris entre 0 et 500 Kg; Mais ces poids seront corrigés en fonction des informations concernant les ressources possibles.

\* Les qualités requises pour le tout-venant

1- Angle interne de frottement suffisant pour la stabilité d'ensemble.

2- Une compacité naturelle et une granulométrie, telles que les tassements à long terme restent limités.

3- Nous éviterons un pourcentage trop élevé de fines pour que l'angle de frottement conserve une valeur correcte.

Le noyau est arasé à la côte de 1m et sa largeur à cette même côte est de 7m; Cette largeur est conditionnée par le libre passage d'engins (camions, tracks, grues.....) pendant les travaux.

#### d-Butée de pied

La butée de pied est un élément très important pour la stabilité des blocs de la carapace en particulier et de la digue en général.

D'après "SOGREAH"(2), nous pouvons dégager les règles suivantes pour son dimensionnement.

- La côte supérieure de la butée devrait être au plus 1 à 1,2 ou 1,3 le creu de la houle au dessous des basses mers.

- Le poids unitaire des enrochements peut être calculé par formule suivante, qui est un aménagement de la formule d'HUDSON

$$W = ((0,1/K_D) * (\gamma_s * H_b^3) / ((\gamma_s / \gamma_w - 1) * \cot \alpha)) * (H_b / d)$$

$$K_D = 3,5$$

$$\gamma_s = 2,6 \text{ t/m}^3$$

$$\gamma_w = 1,027 \text{ t/m}^3$$

$$H_b = 8,50 \text{ m}$$

$$\cot \alpha = 2 / 1 \quad \text{d'ou } \alpha: \text{ pente de la butée}$$

$$d = 11 \text{ m}$$

AN

$$W = (0,1 / 3,5) * [2,6 * (8,50)^3] / [((2,6 / 1,027) - 1)^3 * 2] * (8,50 / 11)$$

$$\Leftrightarrow W = 4,90 \text{ tonnes}$$

$$\Leftrightarrow W = 5 \text{ tonnes}$$

Toujours d'après "SOGREAH", le poids trouvé est la limite inférieure de la catégorie d'enrochements employés.

La butée ayant un risberme constant de 7,50 m de large, sa côte d'arase sera fonction des profondeurs rencontrées au niveau des profils.

### VII 1.1.2 Musoir

Le musoir est l'extrémité d'une digue, il est conditionné pour une grande part la tenue du reste de l'ouvrage

a- Carapace:

\* Poids du bloc de la carapace:  $W_{CA}$

$$W_{CA} = (\gamma_r * H_b^3) / (K_D (\gamma_r / \gamma_w - 1) * \cot \alpha)$$

$$K_D = 5,5$$

$$H_b = 8,50 \text{ m}$$

$$\gamma_r = 2,4 \text{ t/m}^3$$

$$\gamma_w = 1,027 \text{ t/m}^3 ; \cot \alpha = 1,5$$

AN:

$$\Leftrightarrow W_{CA} = [2,4 * (8,50)^3 / (5,5 * (2,40 / 1,027) - 1) * 1,5]$$

$$W_{CA} = 74,76 \text{ tonnes} = 75 \text{ tonnes}$$

(2) "SOGREAH" Société Grenobloise d'Aménagement Hydraulique

\*\*-Epaisseur de la carapace:  $e_{CA}$

$$e_{CA} = n \cdot K_{\Delta} \cdot (W / \gamma_r)^{1/3}$$

AN:  $e_{CA} = 2 \cdot 1,03 \cdot ((74,76 / 2,4)^{1/3})$

$$e_c = 6,48 \text{ m} \approx 6,5 \text{ m}$$

-La côte d'arase de la carapace est à 10,50 m

-Dimension du B.C.R

Source (L.N.H)

-Les dimensions à respecter sont:

$$A-B=0,0667 H$$

$$\varnothing = 0,276 H$$

Le volume d'un bloc est de  $0,885 H^3$

$$\text{avec } H = (V / 0,885)^{1/3}$$

a- Calcul du volume d'un bloc:  $V(m^3)$

$$V = W / \gamma_r$$

W: Poids du bloc (Tonnes) = 75 tonnes

$\gamma_r$ : Densité du bloc ( $t/m^3$ ) =  $2,4 t/m^3$

AN:  $V = 75 / 2,4 = 31,25 m^3$

$$\Leftrightarrow V = 31,25 m^3$$

b- Calcul de la hauteur du bloc :  $H(m)$

$$H = (V / 0,885)^{1/3} = (31,25 / 0,885)^{1/3} = 3,28 \text{ m}$$

$$\Leftrightarrow H = 3,28 \text{ m} = B$$

$$A-B=0,0667 H$$

$$\Leftrightarrow A-B=0,21$$

$$\Leftrightarrow A=2 \cdot 0,21 + B$$

$$\Leftrightarrow A=2 \cdot 0,21 + 3,28$$

$$\Leftrightarrow A=3,71 \text{ m}$$

c- Calcul du diamètre:  $\varnothing(m)$

$$\varnothing = 0,276 H$$

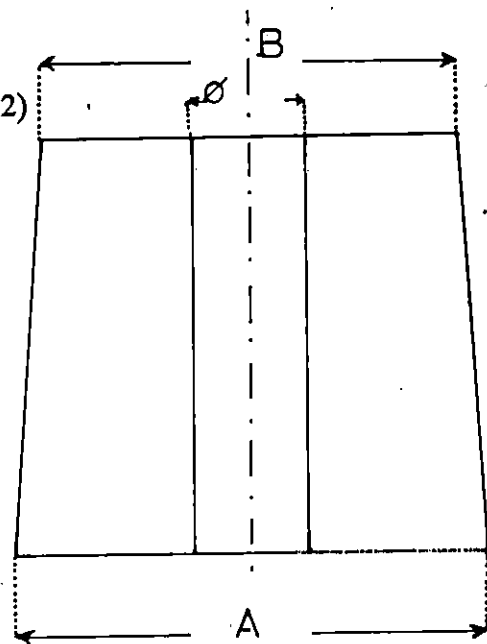
$$\Rightarrow \varnothing = 0,276 \cdot 3,28$$

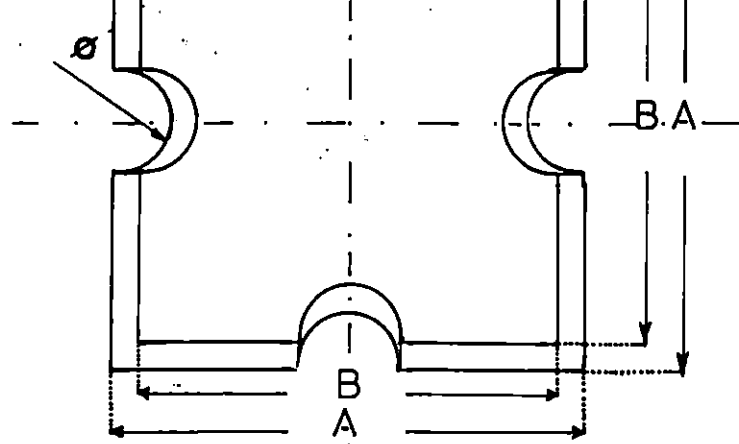
$$\Rightarrow \varnothing = 0,90 \text{ m}$$

d- Dimensionnement du bloc cubique rainuré (voir figure VI.2)

ELEVATION

$$\begin{aligned} E &= 1/60^{\text{arc}} \\ H &= B = 3,28 \text{ m} \\ A &= 3,71 \text{ m} \\ \varnothing &= 0,90 \text{ m} \end{aligned}$$





VUE DE PLAN

### VI.1.1.3 Le Couronnement

Le bloc de garde placé en avant de la digue évite l'affouillement du massif d'enrochements au pied de la muraille et contribue à la résistance de la partie supérieure du noyau de la digue.

#### Dimensions

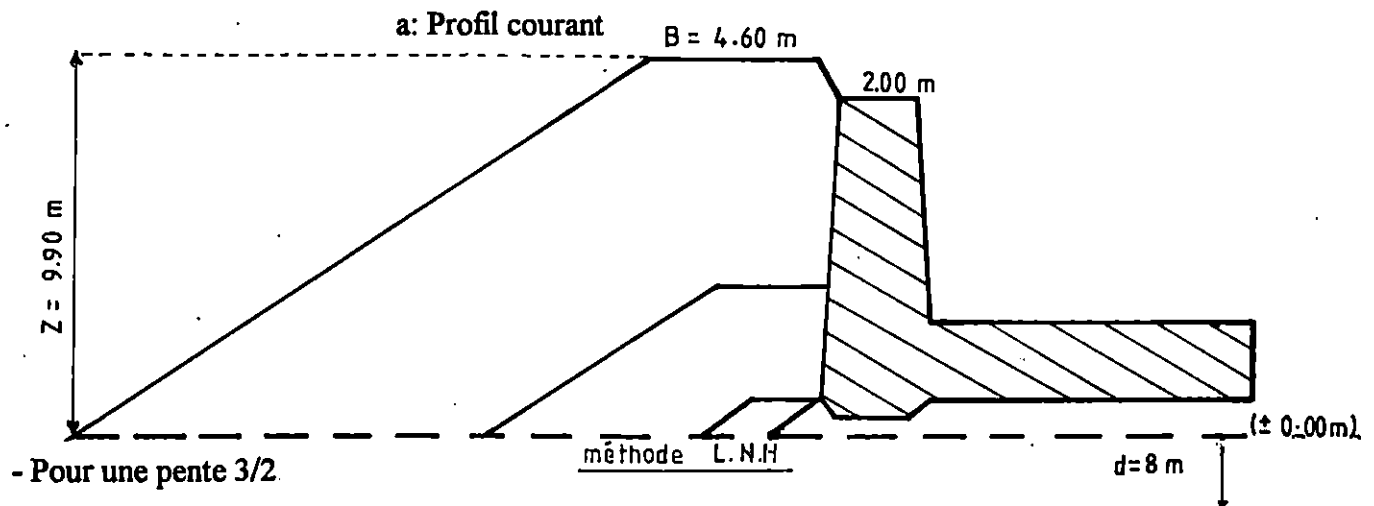
Ce couronnement est composé d'un mur de garde arasé à la côte (+ 9,00 m) et d'une dalle de roulement d'épaisseur de 2 m et d'une largeur de 8,50 m arasée à la côte (+ 3,00 m), l'ensemble est constitué de béton.

-Pour le calcul de stabilité du couronnement; il ne peut se faire que sur modèle réduit or nous n'avons pas les moyens pour le réaliser.

Tableau récapitulatif des dimensions de la jetée (voir figure VI.3)

	profil courant			profil au musoir		
	Poids du bloc (T)	Epaisseur (m)	Côte d'arase (m)	Poids du bloc (T)	Epaisseur (m)	Côte d'arase (m)
carapace	60	5,98 ≈ 6	+ 9,90	74,76 ≈ 75	6,48 ≈ 6,5	+ 10,50
1° sous couche	4 à 8	2,88 ≈ 3	+ 4,00	4 à 8	2,88 ≈ 3	+ 4,00
2° sous couche	0,3 à 3	1,05 ≈ 1	+ 1,00	0,3 à 3	1,05 ≈ 1	+ 1,00
Noyau	0 à 0,5		+ 1,00	0 à 0,5		+ 1,00

### VI.1.1.4 Calcul du Franchissement

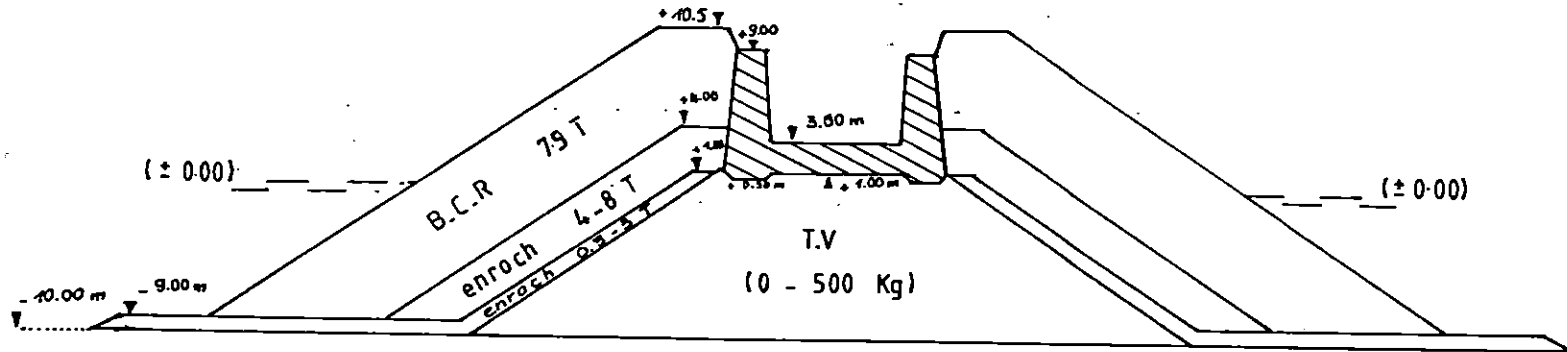


$$H_f = 1,65 * B^{0,17} * Z^{0,43} * D^{0,95} * T^{-0,36}$$

FIG: VI.3

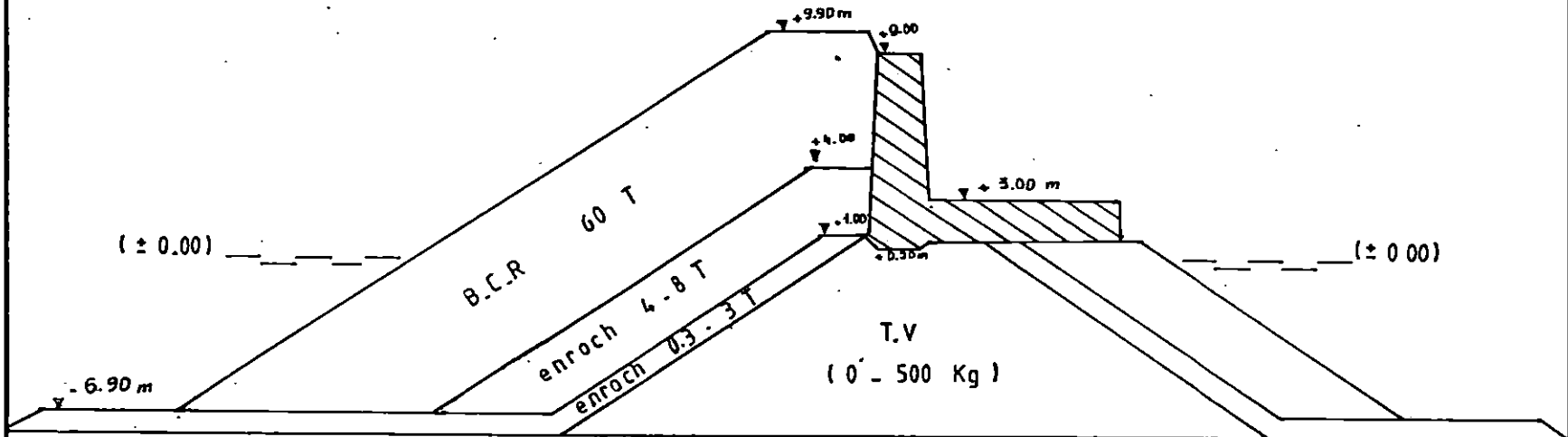
PROFIL . AU . MUSOIR

ech: 1/ 500



PROFIL . COURANT

ech: 1/ 300

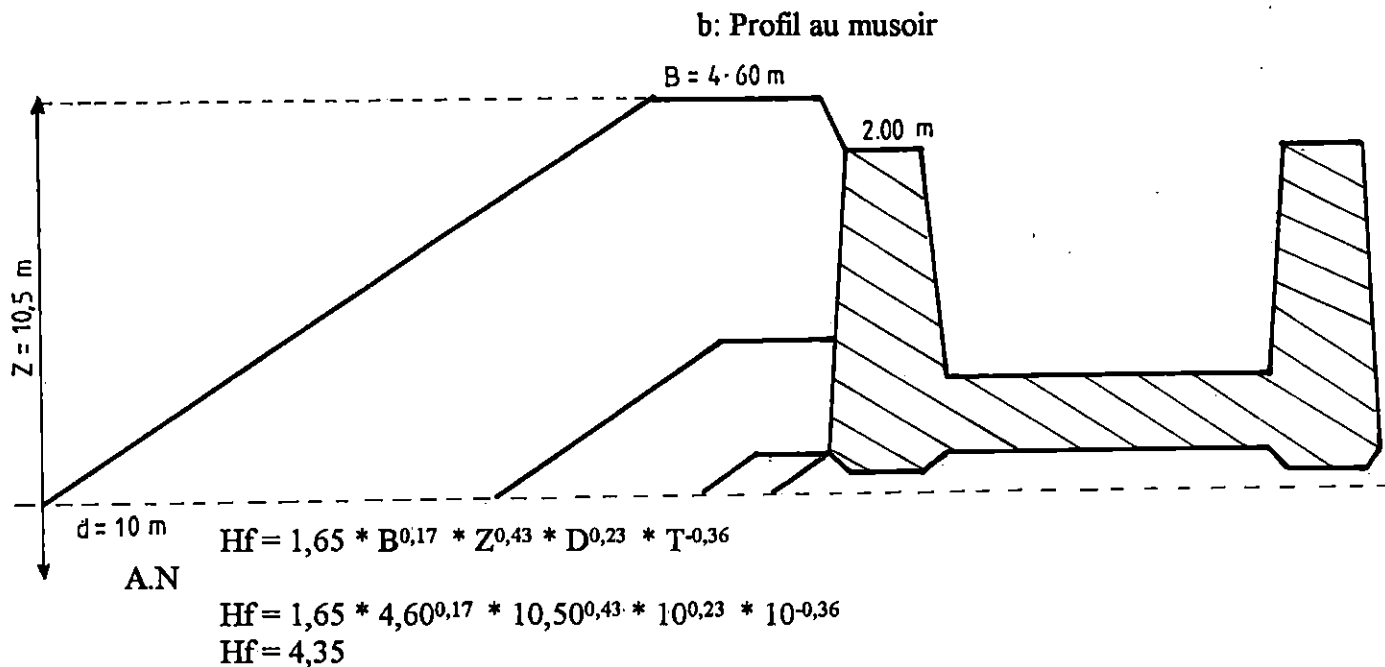


A.N

$$H_f = 1,65 * 4,60^{0,17} * 9,90^{0,43} * 80,23 * 10^{-0,36}$$

$$H_f = 4,03$$

Nous remarquons que  $H_f < Z$ , donc la digue est infranchissable



Nous remarquons que  $H_f < Z$ , donc la digue est infranchissable

### VI.1.1.5 Calcul de la quantité de matériaux

Le calcul de la quantité des matériaux à mettre en oeuvre pour la réalisation de la jetée consiste à estimer la surface des 7 profils, multipliée par leur longueur respective et les indices de porosité des différents matériaux rencontrés et en n'oubliant pas de rajouter le  $\frac{1}{2}$  cercle du musoir (voir tableau de 1-8).

Le tableau (9) donnera le volume et le nombre total des blocs.

Tableau 1

P1 = 6m	Surface (m <sup>2</sup> )	Volume Total (m <sup>3</sup> )	% des volumes du vide	Volume des blocs et enrochements (m <sup>3</sup> )	Volume du bloc (m <sup>3</sup> )	Nombre de blocs
Carapace	207,75	1246,5	44	698,04	25	27,92
1 <sup>ere</sup> S.C	114,01	684,06	35	444,639	2,30	193,321
2 <sup>ere</sup> S.C	59,35	356,1	35	231,456	0,63	367,404
Noyau	212	1272	30	890,4		
Butée	50,74	304,44	35	197,886	2,5	79,15

Tableau 2

P2 = 25m	Surface (m <sup>2</sup> )	Volume Total (m <sup>3</sup> )	% des volumes du vide	Volume des blocs et enrochements (m <sup>3</sup> )	Volume du bloc (m <sup>3</sup> )	Nombre de blocs
Carapace	168,11	4202,75	44	2353,54	25	94,14
1 <sup>ere</sup> S.C	86,89	2172,25	35	1411,96	2,30	613,89
2 <sup>ere</sup> S.C.	55,22	1380,5	35	897,32	0,63	1424,32
Noyau	190,8	4700,70	30	3339		
Butée	29,64	741	35	481,65	2,5	192,66

Tableau 3

P3 = 30m	Surface (m <sup>2</sup> )	Volume Total (m <sup>3</sup> )	% des volumes du vide	Volume des blocs et enrochements (m <sup>3</sup> )	Volume du bloc (m <sup>3</sup> )	Nombre de blocs
Carapace	202,18	6065,4	44	3396,62	25	135,86
1 <sup>ere</sup> S.C....	79,85	2395,50	35	1557,07	2,30	676,99
2 <sup>ere</sup> S.C	21,72	651,6	35	423,54	0,63	672,28
Noyau	212	6360	30	4452		
Butée	51,58	1547,4	35	1005,81	2,5	402,32

Tableau 4

P4 = 25m	Surface (m <sup>2</sup> )	Volume Total (m <sup>3</sup> )	% des volumes du vide	Volume des blocs et enrochements (m <sup>3</sup> )	Volume du bloc (m <sup>3</sup> )	Nombre de blocs
Carapace	213,11	5327,75	44	2983,54	25	119,34
1 <sup>ere</sup> S.C	90,77	2269,25	35	1475,01	2,30	641,30
2 <sup>ere</sup> S.C	25,2	630	35	409,5	0,63	650
Noyau	344	8600	30	6020		
Butée	64,12	1603	35	1041,95	2,5	416,78

Tableau 5

P5 = 75m	Surface (m <sup>2</sup> )	Volume Total (m <sup>3</sup> )	% des volumes du vide	Volume des blocs et enrochements (m <sup>3</sup> )	Volume du bloc (m <sup>3</sup> )	Nombre de blocs
Carapace	198,384	14878,8	44	8332,128	25	333,287
1 <sup>er</sup> S.C	74,25	5568,75	35	3619,687	2,30	1573,77
2 <sup>er</sup> S.C	169,8	1485	35	965,25	0,63	1532,142
Noyau	244	18300	30	12810		
Butée	38,16	2862	35	1860,3	2,5	744,12

Tableau 6

P6 = 12,50 m	Surface (m <sup>2</sup> )	Volume Total (m <sup>3</sup> )	% des volumes du vide	Volume des blocs et enrochements (m <sup>3</sup> )	Volume du bloc (m <sup>3</sup> )	Nombre de blocs
Carapace	176,48	2206	44	1235,36	25	49,41
1 <sup>er</sup> S.C	64,53	806,625	35	524,30	2,30	227,95
2 <sup>er</sup> S.C	16,92	211,5	35	137,475	0,63	218,21
Noyau	160	2000	30	1400		
Butée	28,125	351,562	35	228,515	2,5	91,40

Tableau 7

P7 = 25m	Surface (m <sup>2</sup> )	Volume Total (m <sup>3</sup> )	% des volumes du vide	Volume des blocs et enrochements (m <sup>3</sup> )	Volume du bloc (m <sup>3</sup> )	Nombre de blocs
Carapace	117,24	2931	44	1641,36	25	65,65
1 <sup>er</sup> S.C	63,45	1586,25	35	1031,06	2,30	448,28
2 <sup>er</sup> S.C	16,2	405	35	263,25	0,63	417,85
Noyau	121,6	3040	30	2128		
Butée	28,125	703,125	35	457,03	2,5	182,81

Tableau 8

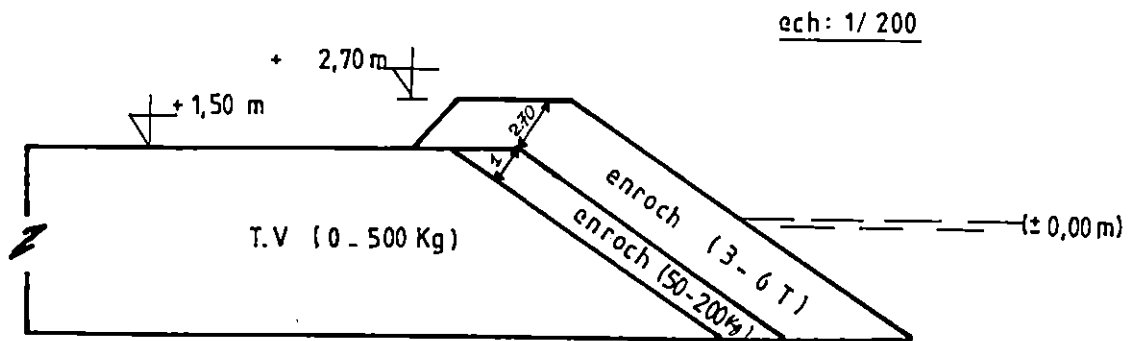
Musoir	Surface (m <sup>2</sup> )	Volume Total (m <sup>3</sup> )	% des volumes du vide	Volume des blocs et enrochements (m <sup>3</sup> )	Volume du bloc (m <sup>3</sup> )	Nombre de blocs
Carapace	406,32	12604	44	7058,24	25	282,33
1 <sup>er</sup> S.C			35		2,30	
2 <sup>er</sup> S.C	95,98	5285	35	3435,25	0,63	5452
Noyau			30			
Butée	105,33	6741	35	4381,65	2,5	1752

## Volume et Nombre Total d'Enrochements

	Volume (m <sup>3</sup> )	Nombre de blocs
B.C.R	27698,82	1108
Enrochements Naturels (4 - 8 T)	18676,561	8120,24
Enrochements Naturels (0,3 - 3 T)	6763,04	10734
T.V 0 - 500 Kg	31039,4	

### VI.1.2 Protection du terre plein

La protection du terre plein à coté du quai d'avitaillement se fera par une petite digue à talus , comprenant une carapace en enrochements naturels ( 3 - 6 T ) d'épaisseur ( 2,70 m ) arasée à la côte à ( + 2,70 m ) et une sous couche constituée d'enrochements naturels ( 50 - 200 Kg ) d'épaisseur ( 1 m ) arasée à la côte ( +1,50 m ) ; Formée d'un noyau arasé à la côte à ( + 1,50 m ) qui est surplombé par une dalle de circulation en béton. ( voir figure qui suit )



## VI.2 OUVRAGES D'ACCOSTAGE

L'aménagement du port de RAIS-HAMIDOU comprend entre-autres la réalisation des quais et appontements.

Les quais et appontements sont des ouvrages le long desquels viennent accoster les navires pour procéder à des opérations de chargement ou de déchargement des marchandises, de produits de pêche ou procéder à des opérations de maintenance des navires.

Il faut rajouter le rôle soutient des terres qui viennent derrière lui.

### VI .2.1 Quais

La structure envisagée est de type en blocs de béton en forme de "I".

Leur empilement les uns sur les autres et leur juxtaposition les uns à la suite des autres forment des évidements qui seront remplis de tout venant (T.V) de catégorie (1 à 15 Kg).

Les profondeurs au pied du quai sont (-2,50 m) et (-3,50 m) respectivement pour les embarcations inférieures ou égale à (9,00 m) et supérieure à ( 9,00 m).

Une protection au pied du quai contre les affouillements sera constituée par des enrochements de catégorie (50 à 200 Kg).

La superstructure sera constituée par une poutre en béton armé, elle régné entre la côte (+0,50 m) et ( 1,50 m).

Le quai sera équipé de bollards de capacité (5 à 10 T).

Les espacements de tous ces accessoires sont indiqués sur les plans (Plan n° 7).

## **VI.2.2 Appontements**

L'avantage des appontements est l'amarrage en perpendiculaire de deux côtes ce qui conduit à une économie en linéaire de quai.

Deux types d'appontements sont prévues.

### **VI.22.1 Appontement du type 1 (-2,50 m)**

Ce type d'appontement est prévu pour les embarcations inférieure ou égales à (9,00 m), ils sont constitués de caissons préfabriqués en béton, espacés de (6,80 m) entre axes et remplis de tout venant.

La superstructure est composée d'une poutre longitudinale en "T" (cadres) entre les côtes (+0,31 m) et (+1,06 m) surmontées de prédalles en béton armé de la côte (+1,06 m) à (+1,21m) et d'une chape de béton coulé sur place de la côte (+1,21 m) à (+1,31 m).

La liaison entre ces poutres au niveau des caissons est assurée par des poutres d'appuis.

Les caissons sont posés sur une couche d'assise en enrochements de catégorie (1-15 Kg) et d'épaisseur de 50 cm.

Le pied du caisson est protégé par des enrochements de catégorie (50-200 Kg), la largeur de l'appontement est de (2,80 m), tandis que leur longueur est de 41 m. Ils sont équipés de bollards de capacité 5 tonnes et d'anneaux d'amarrage et de défense en bois; La jonction avec le quai est assurée par une culée en béton armé.

### **VI-2 .2.2 Appontement type 2 (-3.50m)**

Ces appontements également sont constitués de caissons préfabriqués espacés de (7,00 m) entre axes et remplies de tout venant.

La superstructure est composée de chevêtres au niveau des caissons surmontés en travée de poutre longitudinale de prédalles en (B.A) et de dalle coulée sur place sur toute la longueur de l'appontement.

La largeur des appontements est de (4,50 m) tandis que leur longueur est de (30 m), ils sont équipés de bollards de capacité 10T, d'anneaux d'amarrage et de défense en bois.

# CHAPITRE VII

## Calcul de stabilité

# CALCUL DE STABILITE

## VII -1 CALCUL DE LA STABILITE DU QUAI (-3.50m)

- Le môle est constitué de trois piles de blocs préfabriqués en béton. (Types 1,2 et 3).
- Ces blocs sont évidés et empilés les uns sur les autres.
- La poutre de couronnement est constituée par une poutre coulée sur place, sectionnée par des joints tous de 12 m.
- Les blocs sont posés sur une assise en roche (0 - 50 Kg).

### \* Données de base.

#### \* Béton -Armé : (Coulée sur place)

- Ciment : Classe 45

- Béton : .Poids volumique du béton sec :  $\gamma_b = 2,5 \text{ T/m}^3$

.Poids volumique du béton immergé :  $\gamma'_b = 1,37 \text{ T/m}^3$

#### \* Béton préfabriqué : (Blocs)

-Béton : .Poids volumique du béton sec :  $\gamma_b = 2,4 \text{ t/m}^3$

.Poids volumique du béton immergé :  $\gamma'_b = 1.4 \text{ T/m}^3$

#### \* Tout -Venant en arrière du quai et dans les évidements

.  $\rho = 35^\circ$

.  $\gamma'_{imm} = 1,1 \text{ T/m}^3$

.  $\gamma_{sec} = 1,7 \text{ T/ m}^3$

#### \* L'assise en roche ( 0 -50 Kg )

.  $\rho = 40^\circ$

.  $c = 0$  (Cohésion)

.  $\gamma'_{im} = 1,1 \text{ T/m}^3$

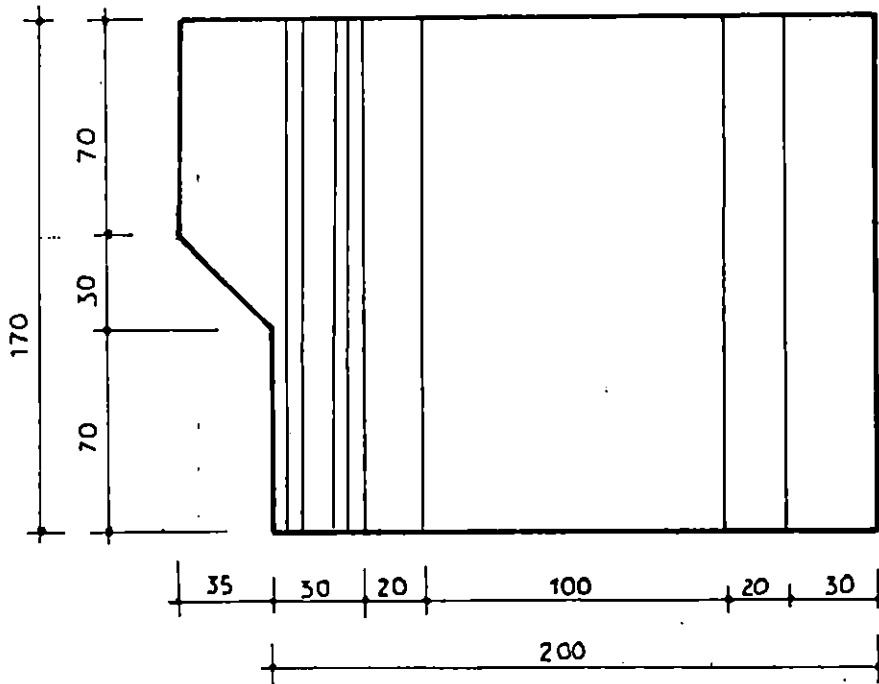
#### \* Surcharge d'exploitation : 1,0 T/m<sup>2</sup>

#### \* Effort d'amarrage : 1,0 T/m

### \* Les différents facteurs de sécurité doivent vérifier respectivement:

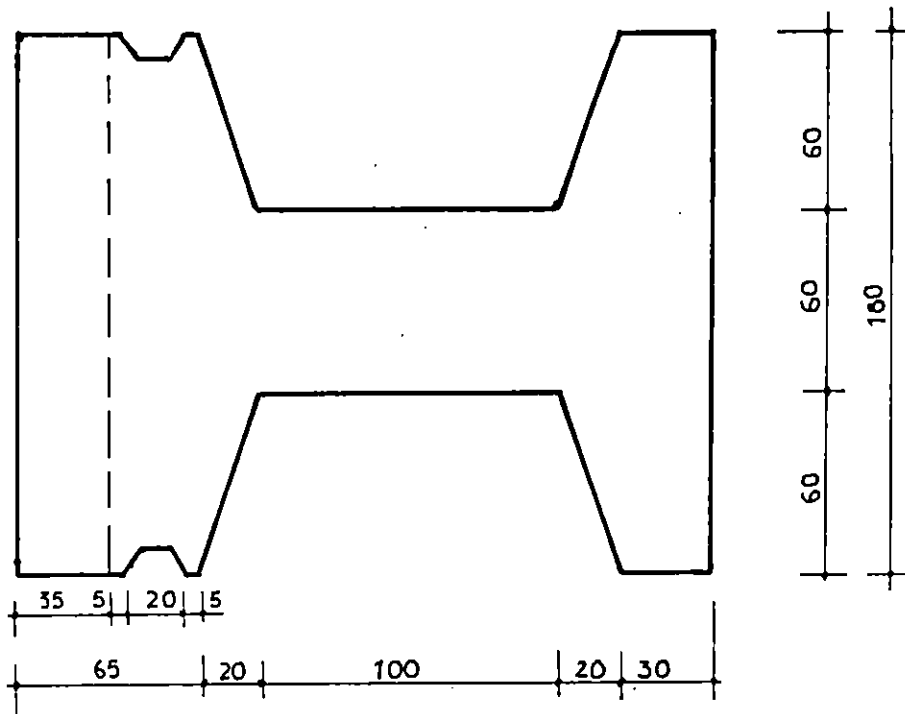
Kr > 1,5 sans efforts sismiques .  
(Securite au renversement )  
1,10 avec efforts sismiques.

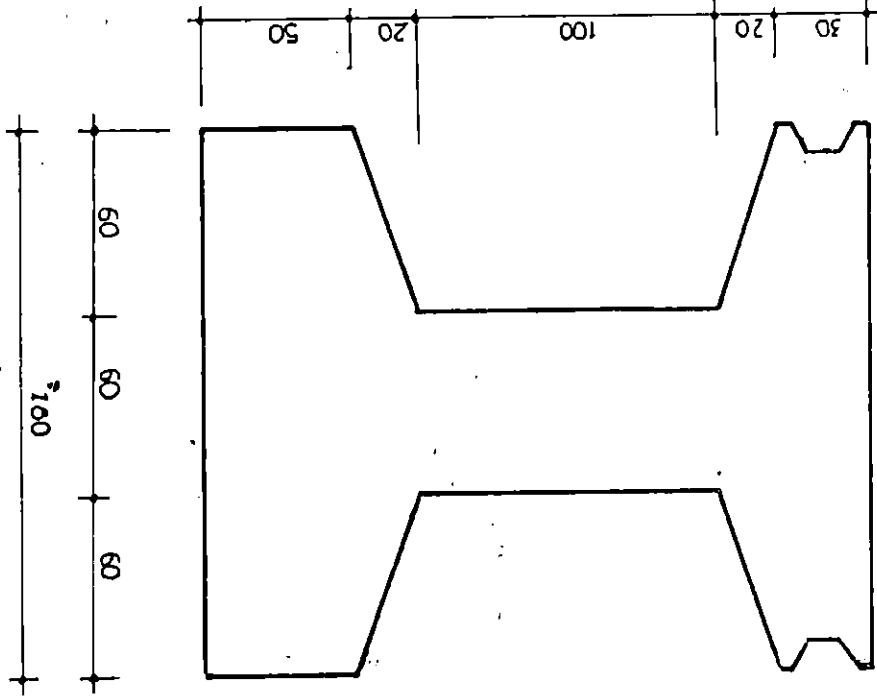
Kg > 1,50 sans effort sismique  
(Securite au glissement )  
1,10 avec effort sismique



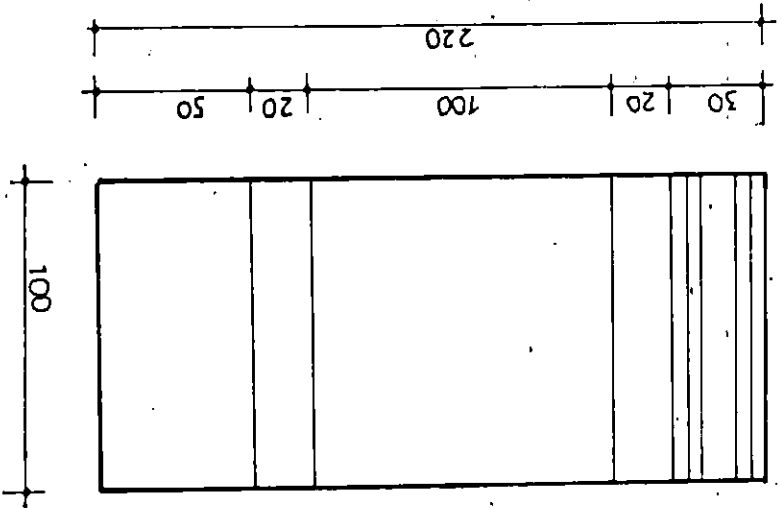
élévation

vue en plan





vue en plan



elevation

## VII. 1.1 Calcul des volumes, Poids, moments et centres de gravité

### BLOC TYPE 1

VOLUME ( m3)	poids (T)	Bras de levier XG (m)	bras de levier YG (m)	Moment Mv / o ( T/m)	Moment Mh / o ( T/m)
$2,00 * 1,7 * 1,8 = 6,12$	14,688	1,00	3,65	14,688	53,611
$0,35 * 0,7 * 1,80 = 0,441$	1,058	- 0,175	4,15	-0,185	4,390
$\frac{1}{2} * 0,30 * 0,35 * 1,80 = 0,094$	0,225	- 0,117	3,70	-0,026	0,832
$-2(1,2 * 0,6 * 1,7) = - 2,448$	-5,875	1,00	3,65	-5,875	-21,443
Volume total du bloc type 1 = 4,207 m3	Poids total = 10,096	—	—	Total Mv / o (T/m) 8,602	Total Mh / o ( T/m) 37,39

Centre de gravité du bloc type 1

$$Xg = 8,602/10,096 = 0,85 \text{ m}$$

$$Yg = 37,39/10,096 = 3,70 \text{ m}$$

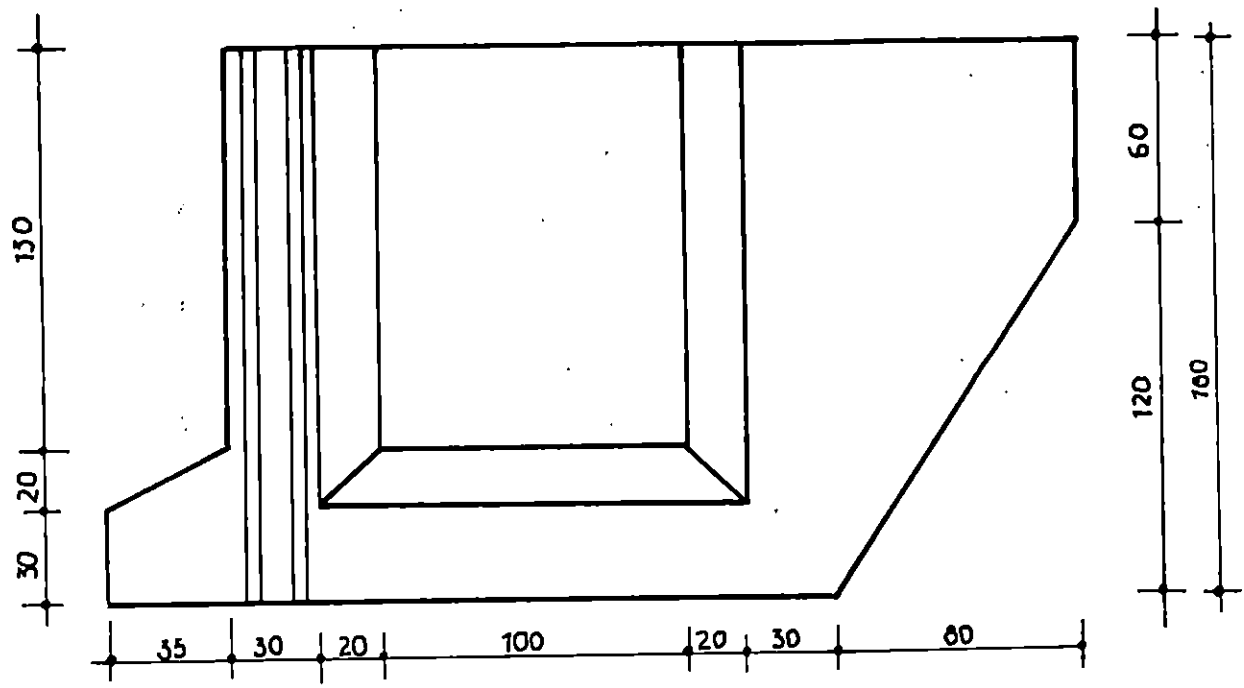
Bloc type 2

Volume (m3)	Poids (T)	Bras de levier Xg (m)	Bras de levier Yg (m)	Moment Mv/ o (T/m)	Moment Mh/o (T/m)
$2,20 * 1,00 * 1,80 = 3,96$	9,504	1,10	2,30	10,454	21,859
$-2(1,2 * 0,6 * 1,00) = -1,44$	-3,456	1,00	2,30	-3,456	-7,948
Volume total du bloc type 2 = 2,52 m3	Poids total (T) 6,048			Mv/o total (T/m) 6,998	Mh/o total (T/m) 13,911

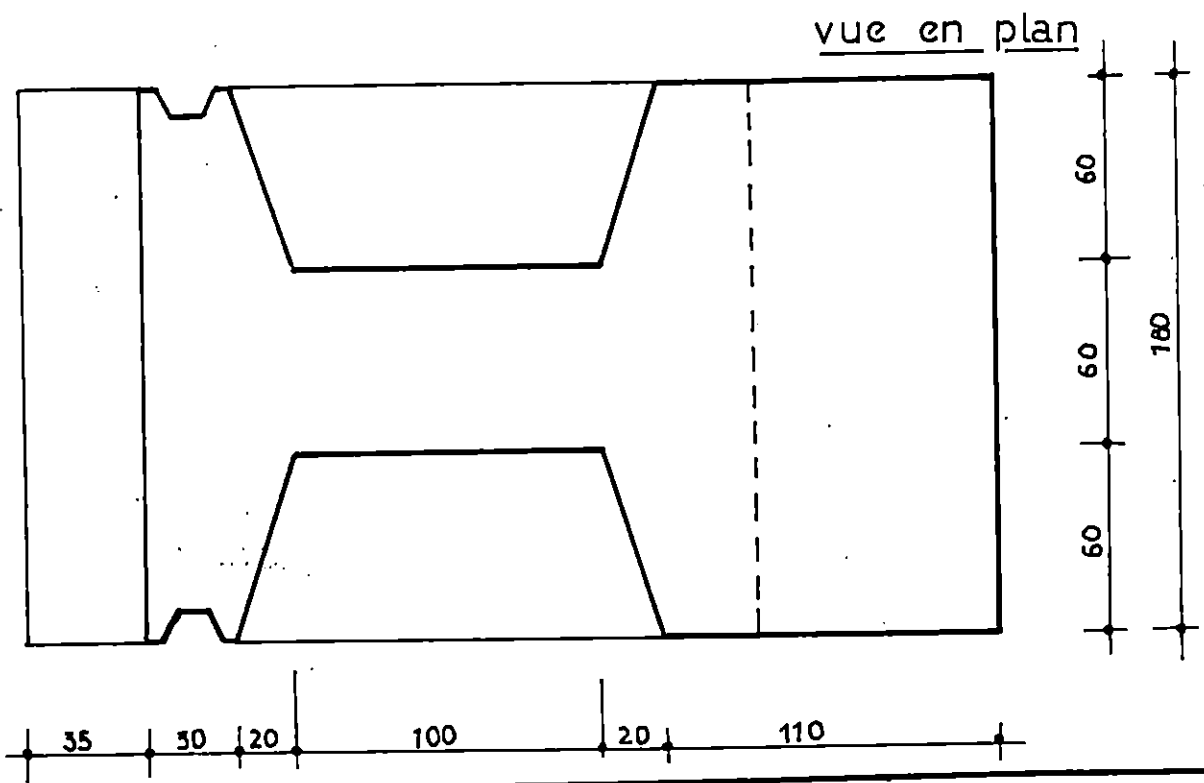
Centre de gravité du bloc du type 2

$$Xg = 6,998 / 6,048 = 1,15 \text{ m}$$

$$Yg = 13,911 / 6,048 = 2,30 \text{ m}$$



élévation



vue en plan

Bloc type 3

Volume(m3)	Poids (T)	Bras de levier Xg(m)	Bras de levier Yg (m)	Moment Mv/o (T.m)	Moment Mh/o (T.m)
$2,80 \times 1,80 \times 1,80 = 9,072$	21,772	1,40	0,9	30,480	19,594
$-2(1,2 \times 0,6 \times 1,80) = -2,592$	-6,220	1,00	0,9	-6,220	-5,60
$-\frac{1}{2}(0,8 \times 1,2 \times 1,8) = -0,864$	-2,073	2,533	0,40	-5,25	-0,829
$\frac{1}{2}(0,2 \times 0,35 \times 1,80) = 0,063$	0,151	-0,117	0,367	-0,017	0,055
$0,35 \times 0,3 \times 1,8 = 0,189$	0,453	-0,175	0,15	0,079	0,068
Volume total du bloc type3= 5,868 m3	Poids total 14,083			Mv/o total (T.m) 18,914	Mh/o total (T.m) 13,288

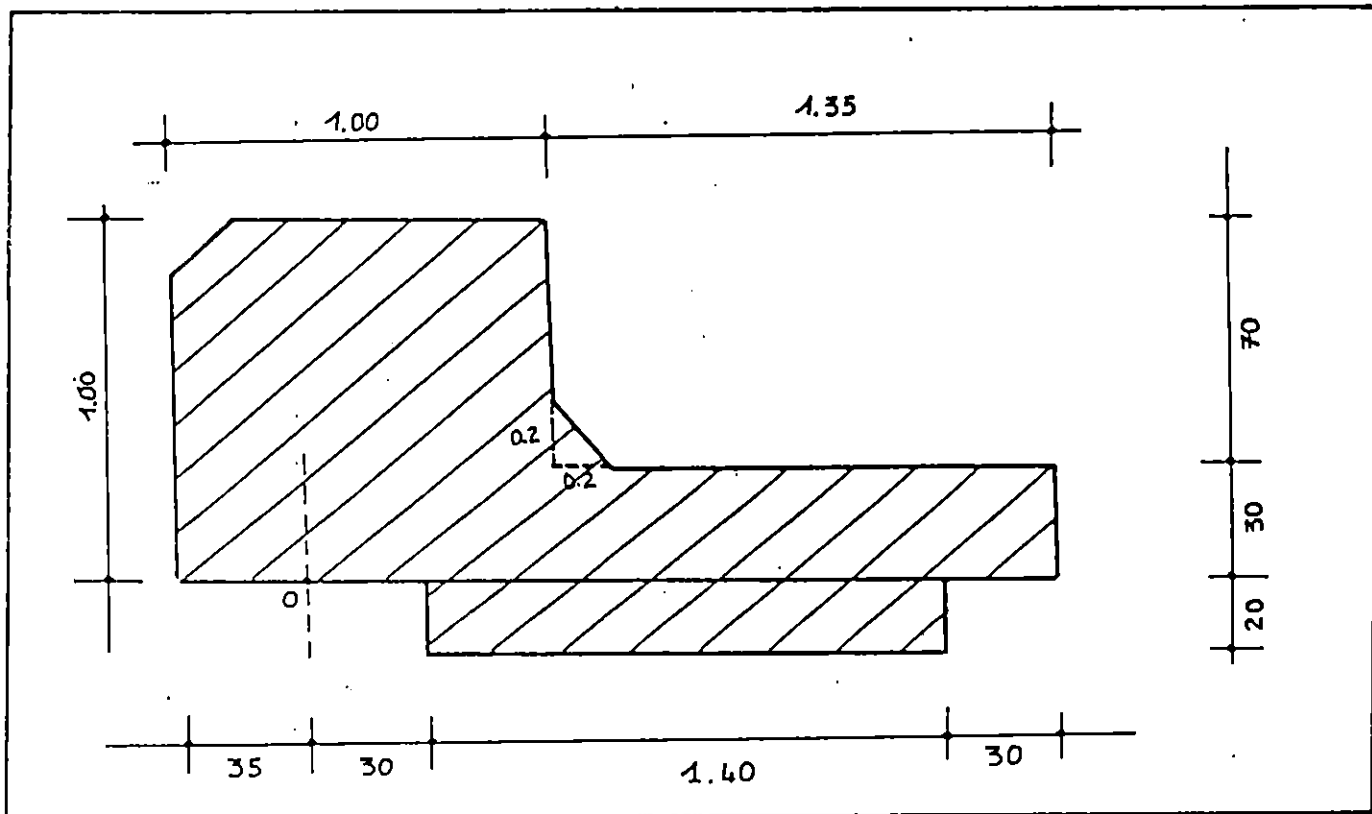
Centre de gravité du bloc type 3

$$X_g = 18,914 / 14,083 = 1,34m$$

$$Y_g = 13,288 / 14,083 = 0,94m$$

COURONNEMENT EN BETON-ARME

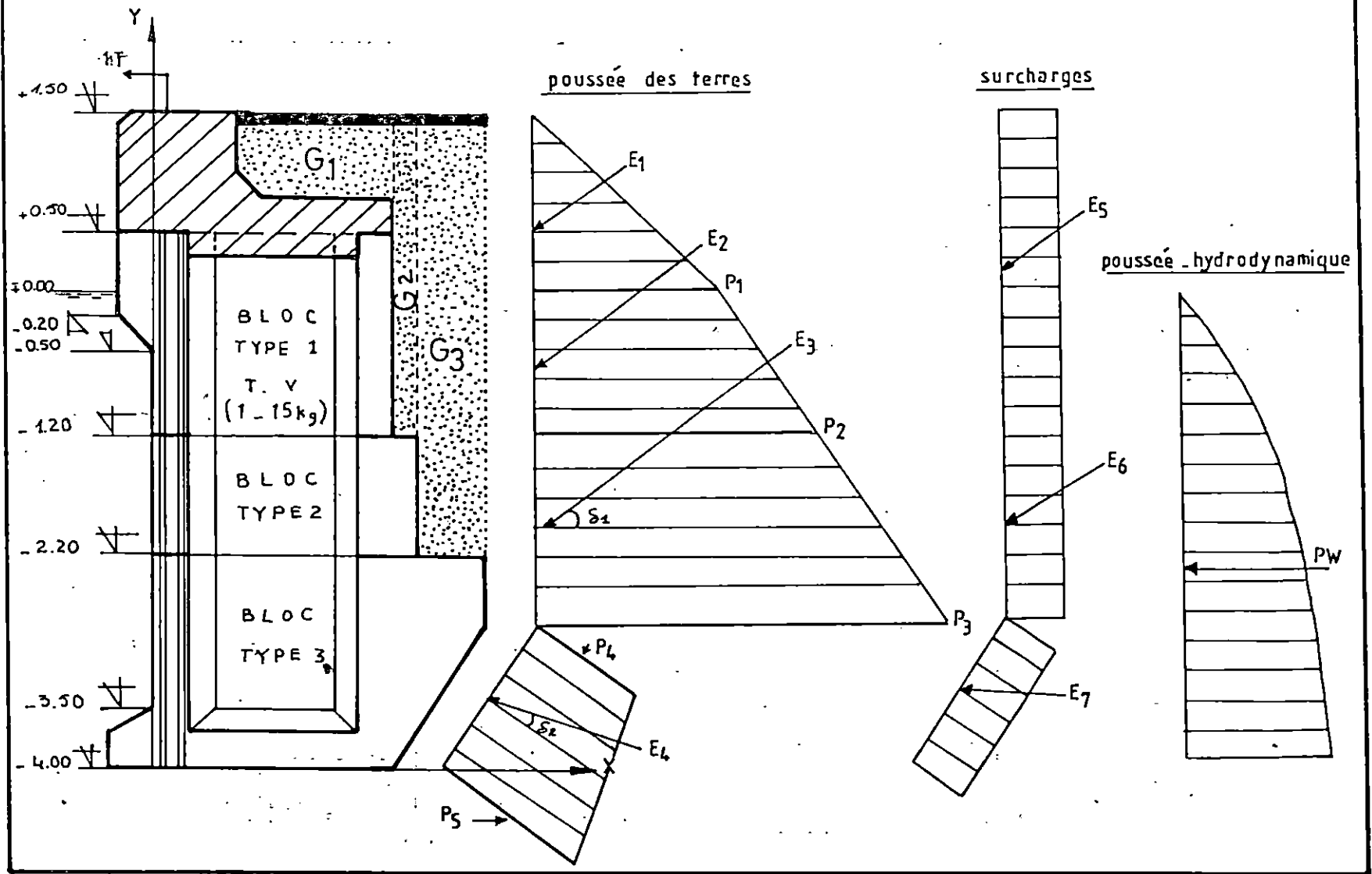
ech: 1/20



QUAI A (-3.50 m)

avec : diagramme des contraintes

ech : 1/ 50



Volume (m3)	Poids (T)	Bras de levier Xg (m)	Bras de levier Yg (m)	Moment Mv/o (T.m)	Moment Mh/o (T.m)
$1,00*1,00*1,80=1,80$	4,5	0,15	5,00	0,675	22,5
$0,2*1,40*1,80=0,504$	1,26	1,00	4,40	1,26	5,544
$0,30*1,35*1,80=0,729$	1,882	1,325	4,65	2,414	8,472
$\frac{1}{2}(0,2*0,2*1,80)=0,036$	0,09	0,716	4,866	0,064	0,438
Volume total du couronnement (m3) 3.069	Poids total (T) 7,672			Mv/o total (T.m) 4,413	Mh/o total (T.m) 36,954

Centre de gravité du couronnement

$$X_g = 4,413/7,672 = 0,57m$$

$$Y_g = 36,954/7,672 = 4,81m$$

### VII 1.2 Bilan des charges permanentes (Poids propre) par mètre linéaire (ml) de quai

1/ Poids du bloc Type 1 : P1

$$P1 = P_{sec} + P_{imm}$$

-Poids de la partie non immergée: Psec

$$P_{sec} = [(0,5*1,80*2,35) - (0,5*2(1,2)*0,6*1)] 2,4 \Rightarrow P_{sec} = 3,348 \text{ tonnes}$$

-Poids de la partie immergée dans l'eau: Pimm

$$P_{imm} = [(0,35*0,35*1,80) + (1,20*2,00*1,80) - (1,2*2(1,2)*0,6)] 1,4 \Rightarrow P_{imm} = 3,937 \text{ tonnes}$$

$$\text{Donc } P1 = (3,348 + 3,937) * 1/1,80 = 4,047 \text{ T/ml}$$

$$\Rightarrow P1 = 4,047 \text{ T/ml}$$

2/ Poids du bloc Type 2 : P2

$$P2 = V2 * \gamma'_{bimm}$$

$$\text{A.N } P2 = (2,52 * 1,4) * 1/1,80$$

$$\Rightarrow P2 = 1,96 \text{ T/ml}$$

3/ Poids du bloc Type 3 : P3

$$P3 = V3 * \gamma'_{bimm}$$

$$\text{A.N } P3 = (5,868 * 1,4) * 1/1,80 = 4,564 \text{ T/ml}$$

$$\Rightarrow P3 = 4,564 \text{ T/ml}$$

4/ Poids du couronnement : P4

$$P4 = P * 1/1,80$$

$$\text{A.N } P4 = (7,672) * 1/1,80$$

$$\Rightarrow P4 = 4,262 \text{ T/ml}$$

5/ Poids du tout venant (T.V) dans les évidements : P5

$$P5 = [(2,4*0,6*3,5*\gamma_{im}(1,1)) + (2,4*0,6*0,3*\gamma_{sec}(1,7))] 1/1,80$$

$$\Rightarrow P5 = 3,488 \text{ T/ml}$$

6/ Poids du T.V en arrière du quai: G1, G2, G3

$$a: G1 = 1,35 * 0,7 * 1,80 * 1 = 1,701 \text{ t/ml}$$

$$\Rightarrow G1 = 1,701 \text{ T/ml}$$

$$b: G2 = (0,2 * 1,5 * \gamma \sec(1,7) * 1) + (0,2 * 1,20 * 1,1 (\gamma_{imm}) * 1)$$

$$c: G3 = (0,6 * 1,5 * 1,7 * 1) + (0,6 * 2,2 * 1,1 * 1)$$

$$\Rightarrow G2 = 0,774 \text{ T/ml}$$

$$\Rightarrow G3 = 2,982 \text{ T/ml}$$

## RECAPITULATIF DES FORCES VERTICALES

Sollicitations:

FORCES (T/ml)		Bras de levier X(m)	Bras de levier Y(m)	Moment / o Mh (T.m/ml)	Moment / o Mv (T.M/ml)
Bloc type1	4,047	0,85	3,70	3,44	14,97
Bloc type2	1,96	1,15	2,30	2,25	4,50
Bloc type3	4,564	1,34	0,94	6,11	4,29
Couronnement	4,262	0,57	4,81	2,43	20,50
T.V dans les évidements	3,488	1,00	2,40	3,488	8,37
T.V en arrière du quai G1: 1,701 G2: 0,774 G3: 2,982		1,325 2,10 2,50	5,15 4,15 3,65	2,25 1,62 7,45	8,76 3,21 10,88
$\Sigma$ des Forces T/m 23,778		1,22	3,17	$\Sigma$ des Mh 29,03	$\Sigma$ des Mv 75,48

### VII.1.3 Calcul des poussées

Les poussées de terre sont calculées selon les théories de **COULOMB** et de **MONONOBE-OKABE**

$$P_{ae} = \frac{1}{2} \gamma (1 - K_v) K_a * H^2$$

avec:

$$K_A = \cos^2(\varphi - \theta - \beta) / (\cos\theta * \cos^2\beta * \cos(\delta + \beta + \theta)) [1 + (\sqrt{(\sin(\varphi + \delta) * \sin(\delta - \theta - i))} / \sqrt{(\cos(\delta + \beta + \theta) * \cos(i - \beta))})]^2$$

Avec

$\varphi$  : angle de frottement interne.

$\theta$  : angle de frottement (sol/sol ou mur/sol).

$\beta$  : inclinaison du mur.

$i$  : inclinaison de la surface du sol.

Les poussées seront calculées sur l'écran fictif, on considère deux parties de l'écran; (écran vertical, écran incliné).

### -1 CAS STATIQUE

1<sup>ère</sup> Partie : Au dessus de la côte (-2,80) : Ecran vertical.

$$\varphi = 35^\circ$$

$$\delta = \varphi = 35^\circ$$

$$\beta = i = \theta = 0$$

$$\Rightarrow K_{A1} = \cos^2 35 / (\cos 35) * [1 + (\sqrt{(\sin(35+35) * \sin(35))} / \sqrt{(\cos(35))})]^2$$

$$\Rightarrow K_{A1} = 0,25$$

2<sup>ème</sup> Partie : Au dessous de la côte (-2.80) : Ecran incliné.

$$\varphi = 35^\circ$$

$$\delta = 2/3\varphi = 23,33^\circ$$

$$\beta = -33,69$$

$$i = \theta = 0$$

$$\Rightarrow K_{A2} = \cos^2(35+33,69) / ((\cos(33,69) * \cos(23-33,69)) * [1 + (\sqrt{(\sin(35+23,33) * \sin(35))} / \sqrt{(\cos(23,33-33,69) * \cos 33,69))}]^2$$

$$\Rightarrow K_{A2} = 0,0617$$

## -2 : CAS DYNAMIQUE

1<sup>ère</sup> Partie : Au dessus de la côte (-2,80m): Ecran Vertical

$$\varphi = 35^\circ$$

$$\delta = \varphi = 35^\circ$$

$$\beta = i = 0$$

$$K_H = 0,10 \text{ grade}$$

$$K_V = 0,00 \text{ grade}$$

$$\theta = \text{tg}^{-1}(K_H) = \text{tg}^{-1}(0,10) = 5,71$$

$$\Rightarrow K_{A1} = \cos^2(35-5,71) / ((\cos(5,71) * \cos(5,71+35)) * [1 + (\sqrt{(\sin(35+35) * \sin(35-5,71))} / \sqrt{(\cos(35+5,71))}]^2$$

$$\Rightarrow K_{A1} = 0,319$$

2<sup>ème</sup> Partie : Au dessous de la côte (-2.80) : Ecran incliné.

$$\varphi = 35^\circ$$

$$\delta = 2/3\varphi = 23,33^\circ$$

$$\beta = -33,69$$

$$i = 0$$

$$\theta = 5,71^\circ$$

$$\Rightarrow K_{A2} = \cos^2(35-5,71+33,69) / ((\cos(5,71) * \cos^2(-33,69) * \cos(23,33-33,69+5,71)) * [1 + (\sqrt{(\sin(35+23,33) * \sin(35-5,71))} / \sqrt{(\cos(23,33-33,69+5,71) * \cos(33,69))}]^2$$

$$\Rightarrow K_{A2} = 0,103$$

### VIII.3.1 Poussée des terres

a: Au dessus de ( $\pm 0.00\text{m}$ ), remblai sec  $\rho_{\text{sec}} = 1,7\text{T/m}^3$

à  $\pm 0.00\text{m}$

$$P_1 = 1,50 * 1,7 * K_{A1} = 2,55 K_{A1}$$

$$E_1 = 1/2 * 1,50 * P_1 = 1,9125 K_{A1}$$

b: En dessous de (+0.00m), remblai immergée  $\gamma_{\text{sat}}=1,1\text{T/m}^3$

- paroi verticale

à - (1,20m)

$$P_2 = P_1 + 1,1 * 1,20 * K_{A1}$$

$$P_2 = 2,55 * K_{A1} + 1,32 * K_{A1}$$

$$\Rightarrow P_2 = 3,87 K_{A1}$$

$$E_2 = \frac{1}{2} (P_1 + P_2) * 1,20$$

$$E_2 = \frac{1}{2} (2,55 + 3,87) * 1,20 * K_{A1}$$

$$\Rightarrow E_2 = 3,852 K_{A1}$$

à (-2,80m)

$$P_3 = P_2 + 1,1 * 1,60 * K_{A1}$$

$$P_3 = 3,87 * K_{A1} + 1,1 * 1,60 * K_{A1}$$

$$\Rightarrow P_3 = 5,63 K_{A1}$$

$$E_3 = \frac{1}{2} (P_2 + P_3) * 1,60$$

$$E_3 = \frac{1}{2} (3,87 + 5,63) * 1,60 * K_{A1}$$

$$\Rightarrow E_3 = 7,6 K_{A1}$$

- paroi inclinée

à (-2,80m)

$$P_4 = (1,5 * 1,7 + 2,80 * 1,1) * K_{A2} / \cos 33,69$$

$$\Rightarrow P_4 = 6,76 K_{A2}$$

à (-4,00m)

$$P_5 = (1,5 * 1,7 + 4,00 * 1,1) * K_{A2} / \cos 33,69$$

$$\Rightarrow P_3 = 8,35K_{A2}$$

$$E_4 = \frac{1}{2}(P_4 + P_3) * 1,20 / \cos 33,69$$

$$E_4 = \frac{1}{2}(6,76 + 8,35) * 1,20 * K_{A2} / \cos 33,69$$

$$\Rightarrow E_4 = 10,89K_{A2}$$

### VII.1.3.2 Surcharges

La surcharge d'exploitation considérée dans notre cas est de  $1,5T/m^2$  qui donne des poussées égales à :

- paroi verticale

à (-1,20m)

$$P_6 = q * K_{A1} = 1,5 * K_{A1}$$

$$E_5 = (1,20 + 1,50) * 1,5 * K_{A1} = 4,05K_{A1}$$

à (-2,80m)

$$E_6 = (2,80 + 1,50) * 1,5 * K_{A1} = 6,45K_{A1}$$

- paroi inclinée

à (-4,00m)

$$P_7 = q * K_{A2} / \cos 33,69 = 1,5 * K_{A2} / \cos 33,69 = 1,80K_{A2}$$

$$E_7 = P_7 * 1,20 / \cos 33,69 = 1,8 K_{A1} * 1,2 / \cos 33,69 = 2,595K_{A2}$$

### VII 1.3.3. Force de bollard

La force exercée sur le bollard est de l'ordre de  $F = 1 T./ml$  en moyenne, elle sera appliquée au niveau (+1,80m), c'est à dire à 30cm au dessus du niveau supérieur du quai ce qui donne un moment par rapport à o

$$M = F(4 + 1,80) = 1 * 5,80 = 5,80 T./ml.$$

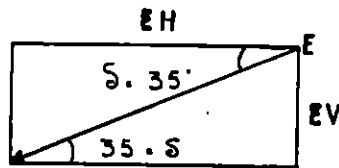
### VII 1.3.4. Poussée hydrodynamique

Dans le cas dynamique, on tient compte d'une surpression à l'arrière du quai et d'une dépression à l'avant, l'effort engendré est donné par la théorie de : "WESTERGAAD"

$$P_w = 1,7 * (7/12) * K_h * \gamma_w * h^2$$

$$A.N \quad P_w = 0,9917 * 0,1 * 1,025 * (4,00)^2 \quad \Rightarrow \quad P_w = 1,626 \text{ T/ml}$$

Le point d'application  $z = 2/5 H = (2/5) * 4 = 1,6m$



$$\zeta = \delta = 35^\circ \text{ (non incliné)}$$

$$\Leftrightarrow \begin{cases} \cos 35^\circ = Eh/E & Eh = E \cos 35^\circ \\ \sin 35^\circ = Ev/E & Ev = E \sin 35^\circ \end{cases}$$

$$\delta = (2/3) \zeta \text{ (incliné)}$$

DESIGNATION	$E_v$ (T/ml)	$E_H$ (T/ml)	zv (m)	zh (m)	$M_v$ (Tm/ml)	$M_H$ (Tm/ml)
Poussée des TERRES	1,097 $K_{A1}$	1,566 $K_{A1}$	2,80	4,50	3,07 $K_{A1}$	7,04 $K_{A1}$
	2,21 $K_{A1}$	3,155 $K_{A1}$	2,80	3,35	6,18 $K_{A1}$	10,57 $K_{A1}$
	4,36 $K_{A1}$	6,225 $K_{A1}$	2,80	1,95	12,21 $K_{A1}$	12,14 $K_{A1}$
	4,313 $K_{A2}$	10 $K_{A2}$	2,4	0,57	10,35 $K_{A2}$	5,7 $K_{A2}$
Surcharge	2,32 $K_{A1}$	3,31 $K_{A1}$	2,80	4,15	6,50 $K_{A1}$	13,73 $K_{A1}$
	3,70 $K_{A1}$	5,28 $K_{A1}$	2,80	2,00	10,36 $K_{A1}$	10,56 $K_{A1}$
	1,02 $K_{A2}$	2,38 $K_{A2}$	2,40	0,6	2,45 $K_{A2}$	1,43 $K_{A2}$
Bollard		1,00		5,80		5,80
Poussée Hydrodynamique		1,626		1,60		2,60

### VII 1.3.5 Cas statique

- a- Stabilité au renversement
- b- Stabilité au glissement

La combinaison à considerer est la suivante :

Poids propre + Poussée des terres + Bollards + 1,5 ( surcharge )

avec

$$K_{A1} = 0,25$$

$$K_{A2} = 0,0617$$

CHARGE	$E_v$ (T/ml)	$E_H$ (T/ml)	Moment stabilisant ( t.m ) / ml	Moment renversant ( t.m ) / ml
Poids propre	23,778		29,03	
Poussée des Terres	0,274	0,39	0,76	1,76
	0,55	0,78	1,54	2,64
	1,09	1,55	3,05	3,03
	0,26	0,61	0,63	0,35
Surcharge	0,58	0,82	1,62	3,43
	0,92	1,32	2,59	2,64
	0,06	0,14	0,15	0,08
Bollards		1,00		5,80
TOTAL	$\Sigma E_v = 27,512$	$\Sigma E_H = 6,61$	$\Sigma M_s = 39,37$	$\Sigma M_r = 19,73$

a - Stabilité au renversement:

$$K_R = M_{stab} / M_{renv} = 39,37 / 19,73 = 1,99 > 1,5 : \text{Verifiée}$$

b- Stabilité au glissement:

$$K_G = \Sigma E_V / \Sigma E_H * \text{tg } \delta = 27,512 / 6,61 \text{ tg } 35 = 2,91 > 1,5 : \text{Verifiée}$$

### VII 1.3.6 CAS DYNAMIQUE

a - Stabilité au renversement

b - Stabilité au glissement

La combinaison à coïncider est la suivante :

Poids propre + Poussées des terres + Surcharge + seisme + Poussée hydrodynamique  
avec

$$K_{A1} = 0,319$$

$$K_{A2} = 0,103$$

et seisme = 1/10 de l'effort horizontal

CHARGE	$E_V$ (T/ml)	$E_H$ (T/ml)	Moment stabilisant (T.m/ml)	Moment renversant (T.m/ml)
Poids propre	23,778		29,03	
	0,35	0,50	0,98	2,24
POUSSEES DES TERRES	0,70	1,00	1,97	3,37
	1,39	1,98	3,90	3,87
	0,44	1,03	1,06	0,58
	0,74	1,05	2,07	4,38
SURCHARGE	1,18	1,68	3,30	3,36
	0,10	0,24	0,25	0,14
SEISME (0,10 g)		2,37		7,54
Poussée hydrodynamique		1,626		2,60
TOTAL	$\Sigma E_V = 28,67$	$\Sigma E_H = 11,47$	$\Sigma M_S = 42,56$	$\Sigma M_R = 28,11$

a- Stabilité au renversement :

$$K_R = M_{stab} / M_{renv} = 42,56 / 28,11 = 1,51 > 1,1 : \text{Verifiée}$$

b- Stabilité au glissement:

$$K_R = (\Sigma E_V / \Sigma E_H) \text{ tg } \delta = 28,67 / 14,47 \text{ tg } 35 = 1,75 > 1,1 : \text{Verifiée}$$

## VII-2 CALCUL DE LA STABILITE DU QUAÏ (- 2,50m)

Le môle est constitué de deux piles de blocs préfabriqués en béton ( Type 1 et 3 )

### VII 2.1 Calcul des volumes , poids , moments et centres de gravités

#### Bloc type 1

Volume (m3)	Poids (T)	Bras de levier $X_G$ (m)	Bras de levier $Y_G$ (m)	Moment Mv/o (T.m)	Moment Mh/o (T.m)
$2,00*1,70*1,80=6,12$	14,688	1,00	2,65	14,688	38,923
$0,35*0,70*1,80=0,441$	1,058	-0,175	3,15	-0,185	3,332
$\frac{1}{2}*0,30*0,35*1,80=0,094$	0,225	-0,117	2,70	-0,026	0,607
$-2(1,2*0,6*1,7)=-2,448$	-5,875	1,00	2,65	-5,875	-15,568
Volume total du couronnement (m3) 4.207	Poids total (T) 10,096			Mv/o total (T.m) 8,602	Mh/o total (T.m) 27,293

Centre de gravité du bloc type 1

$$X_G = 8,602/10,096 = 0,85 \text{ m}$$

$$Y_G = 27,293 / 10,096 = 2,70 \text{ m}$$

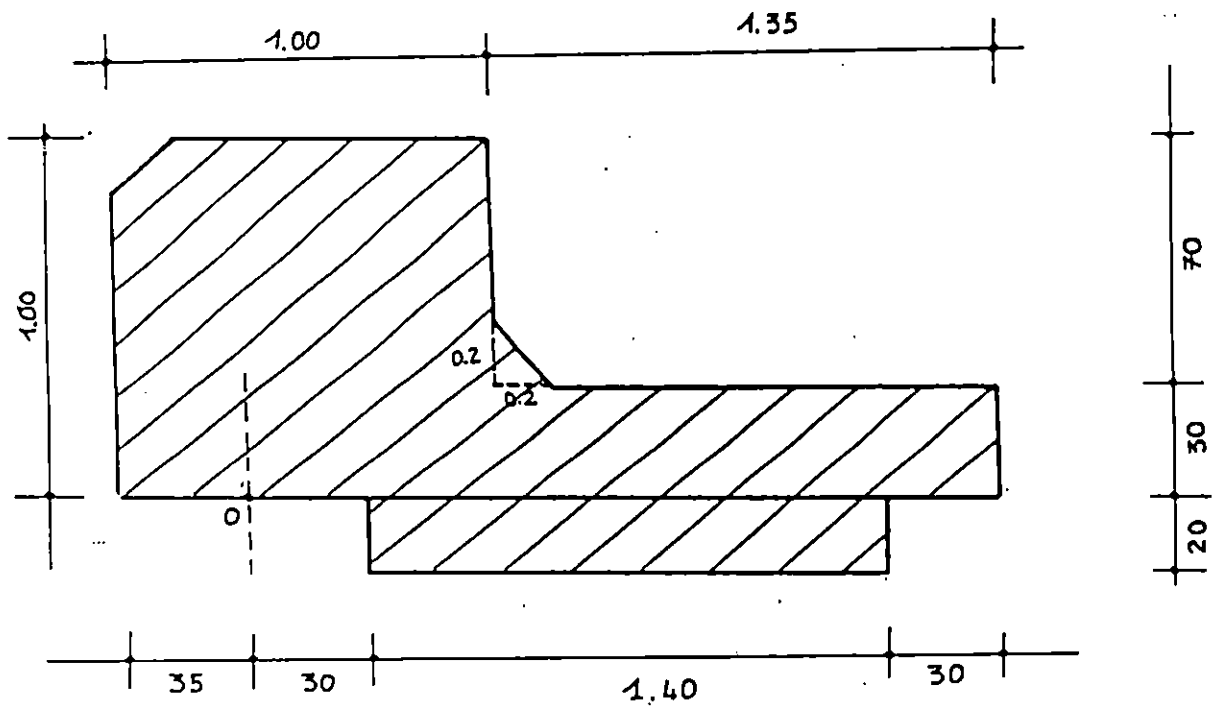
#### Bloc type 3

Volume (m3)	Poids (T)	Bras de levier $X_G$ (m)	Bras de levier $Y_G$ (m)	Moment Mv/o (T.m)	Moment Mh/o (T.m)
$2,80*1,80*1,80=9,072$	21,772	1,40	0,9	30,480	19,594
$-2(1,2*0,6*1,80)=-2,592$	-6,220	1,00	0,9	-6,220	-5,60
$-\frac{1}{2}(0,8*1,20*1,80)=-0,864$	-2,073	2,533	0,40	-5,250	-0,829
$\frac{1}{2}(0,20*0,35*1,80)=0,063$	0,151	-0,117	0,367	-0,017	0,055
$0,35*0,30*1,80=0,189$	0,453	-0,175	0,150	-0,079	0,068
Volume total du couronnement (m3) 5.868	Poids tota (T) 14,083			Mv/o total (T.m) 18,914	Mh/o total (T.m) 13,288

Centre de gravité du bloc type 3

$$X_G = 18,914/14,083 = 1,34 \text{ m}$$

$$Y_G = 13,288 / 14,083 = 0,94 \text{ m}$$



$$\gamma_b = 2,5 \text{ T/m}^3$$

Volume (m <sup>3</sup> )	Poids (T)	Bras de levier X <sub>G</sub> (m)	Bras de levier Y <sub>G</sub> (m)	Moment Mv/o (T.m)	Moment Mh/o (T.m)
1,00*1,00*1,80=1,80	4,5	0,15	4,00	0,675	18
0,20*1,40*1,80=0,504	1,26	1,00	3,40	1,26	4,284
0,30*1,35*1,80=0,729	1,822	1,325	3,65	2,414	6,650
½(0,20*0,20*1,80)=0,036	0,09	0,716	3,866	0,064	0,347
Volume total du couronnement (m <sup>3</sup> ) 3.069	Poids tota (T) 7,672			Mv/o total (T.m) 4,413	Mh/o total (T.m) 29,281

Centre de gravité du couronnement :

$$X_G = 4,413/7,672 = 0,57 \text{ m}$$

$$Y_G = 29,281 / 7,672 = 3,81 \text{ m}$$

## VII 2.2 Bilan des charges permanentes (Poids propres) par mètre linéaire (ml) de quai

- Pour le poids des blocs (Type 1 et 3) : voir quai (-3,50 m)
- Pour le poids du couronnement :

1/ Poids du tout venant dans les évidements : P1

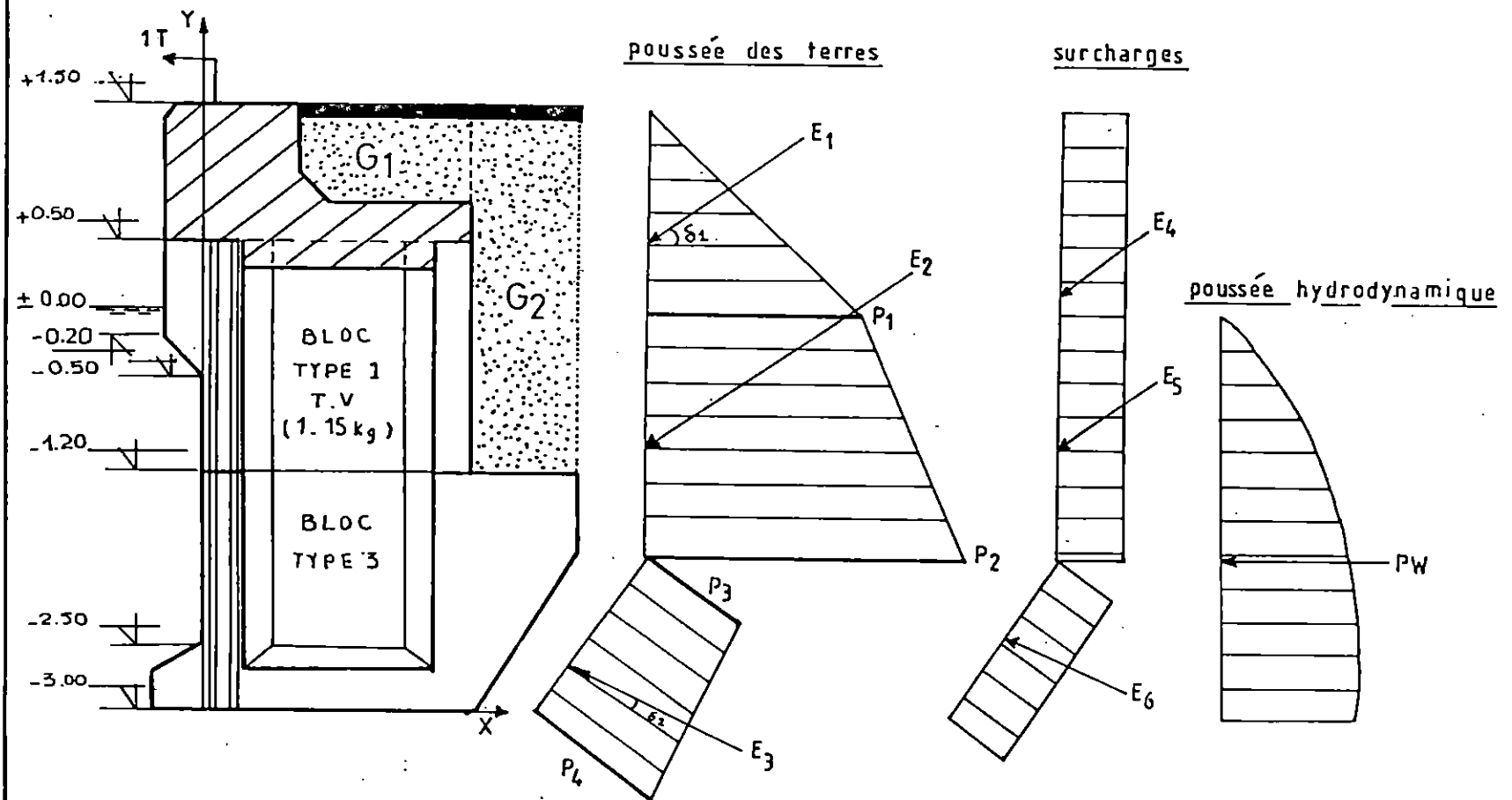
$$P1 = [(2,4 * 0,6 * 2,50 : \gamma_{imm}(1,1)) + (2,4 * 0,6 * 0,3 * \gamma_{sec}(1,7))] * (1/1,80)$$

$$\Rightarrow P1 = 2,608 \text{ T/ml}$$

QUAI A ( - 2.50 m )

avec : diagramme des contraintes

ech: 1/50



2/ Poids du tout venant en arrière du quai : G1, G2

- a/  $G1 = 1,35 * 0,7 * 1,80 * 1$

=>  $G1 = 1,701 \text{ T/ml}$

- b/  $G2 = (0,8 * 1,50 * \gamma_{\text{sec}}(1,7) * 1) + (0,8 * 1,20 * \gamma_{\text{imm}}(1,1) * 1)$

=>  $G2 = 3,096 \text{ T/ml}$

RECAPITULATIF DES FORCES VERTICALES

Sollicitations

Forces (T/ml)		Bras de levier X(m)	Bras de levier Y (m)	Moment Mh / o (T.m/ml)	Moment Mv/o (T.m/ml)
Bloc type 1	4,047	0,85	2,70	3,440	10,926
Bloc type 2	4,564	1,34	0,94	6,115	4,290
Couronnement	4,262	0,57	3,81	2,430	16,238
T.V dans les évidements	2,608	1,00	1,9	2,608	4,955
T.V en arrière du quai					
G1	1,701	1,325	4,15	2,253	7,059
G2	3,096	2,40	3,15	7,430	9,752
$\Sigma$ des forces (T/ml) 20,278		$\Sigma Mh/o / \Sigma \text{ des } F$ 1,197	$\Sigma Mv/o / \Sigma \text{ des } F$ 2,624	$\Sigma Mh/o$ 24,276	$\Sigma Mv/o$ 53,22

VII 2.3 Calcul des poussées

VII 2.3.1 Poussée des terres

a: Au dessus de ( $\pm 0,00\text{m}$ ), remblai sec  $\rho_{\text{sec}} = 1,7 \text{ T/m}^3$

à  $+0,00\text{m}$

$$P_1 = 1,50 * 1,7 * K_{A1} = 2,55 K_{A1}$$

$$E_1 = \frac{1}{2} * 1,50 * P_1 = 1,9125 K_{A1}$$

b: En dessous de ( $\pm 0,00\text{m}$ ), remblai immergée  $\rho_{\text{imm}} = 1,1 \text{ T/m}^3$

- paroi verticale

à  $-(1,80\text{m})$

$$P_2 = P_1 + 1,1 * 1,80 * K_{A1}$$

$$P_2 = 1,9125 * K_{A1} + 1,98 * K_{A1}$$

$$P_2 = 3,892 K_{A1}$$

$$E_2 = \frac{1}{2}(P_1 + P_2) * 1,80$$

$$\Rightarrow E_2 = 5,224K_{A1}$$

- paroi inclinée

à (-1,80m)

$$P_3 = (1,5 * 1,7 + 1,80 * 1,1) * K_{A2} / \cos 33,69$$

$$\Rightarrow P_3 = 5,444K_{A2}$$

à (-3,00m)

$$P_4 = (1,5 * 1,7 + 3,00 * 1,1) * K_{A2} / \cos 33,69$$

$$\Rightarrow P_4 = 7,030K_{A2}$$

$$E_3 = \frac{1}{2}(P_3 + P_4) * 1,20 / \cos 33,69$$

$$E_3 = \frac{1}{2}(5,444 + 7,030) * 1,20 * K_{A2} / \cos 33,69$$

$$\Rightarrow E_3 = 8,995K_{A2}$$

### VII.2:3.2 Surcharges

1 - paroi verticale

à (-1,20m)

$$P_5 = q * K_{A1} = 1,5 * K_{A1}$$

$$E_4 = (1,20 + 1,50) * 1,5 * K_{A1} = 4,05K_{A1}$$

à (-1,80m)

$$E_5 = (1,80 + 1,50) * 1,5 * K_{A2} = 4,95K_{A1}$$

2 - paroi inclinée

à (-3,00m)

$$P_6 = q * K_{A2} / \cos 33,69 = 1,5 * K_{A2} / \cos 33,69 = 1,80K_{A2}$$

$$E_6 = P_6 * 1,20 / \cos 33,69 = 1,8 K_{A2} * 1,2 / \cos 33,69 = 2,595K_{A2}$$

### VII 2.3.4. Poussée hydrodynamique

D'après "WESTERGAAD"

$$P_w = 1,7 \cdot (7/12) \cdot K_h \cdot \gamma_w \cdot h^2$$

A.N  $P_w = 0,9917 \cdot 0,1 \cdot 1,025 \cdot (3,00)^2 \Rightarrow P_w = 0,9148 \text{ T/ml}$

Le point d'application  $z = 2/5 H = (2/5) \cdot 3 = 1,2 \text{ m}$

DESIGNATION	$E_v$ (T/ml)	$E_H$ (T/ml)	zv (m)	zh (m)	$M_v$ (Tm/ml)	$M_H$ (Tm/ml)
Poussée des terres	1,097 $K_{A1}$	1,566 $K_{A1}$	2,80	3,50	3,0716 $K_{A1}$	5,481 $K_{A1}$
	2,996 $K_{A1}$	4,297 $K_{A1}$	2,80	2,03	8,388 $K_{A1}$	9,841 $K_{A1}$
	3,562 $K_{A2}$	8,259 $K_{A2}$	2,24	0,36	7,978 $K_{A1}$	2,973 $K_{A1}$
Surcharge	2,323 $K_{A1}$	3,317 $K_{A1}$	2,80	3,15	6,50 $K_{A1}$	10,44 $K_{A1}$
	2,839 $K_{A1}$	4,054 $K_{A1}$	2,80	1,50	7,95 $K_{A1}$	6,081 $K_{A1}$
	1,027 $K_{A2}$	2,382 $K_{A2}$	2,24	0,6	2,30 $K_{A2}$	1,43 $K_{A2}$
Bollard		1,00		4,80		4,80
Poussée Hydrodynamique		0,9148		1,20		1,09

### VII 2.3.5 Cas statique

a- Stabilité au renversement

b- Stabilité au glissement

On retient la même combinaison que pour le premier quai (-3,50m)

avec

$$K_{A1} = 0,25$$

$$K_{A2} = 0,0617$$

CHARGE	$E_v$ (T/ml)	$E_H$ (T/ml)	Moment stabilisant (t.m) / ml	Moment renversant (t.m) / ml
Poids propre	20,278		24,276	
Poussée des Terres	0,274	0,391	0,76	1,37
	0,749	1,069	2,097	2,46
	0,219	0,509	0,492	0,183
Surcharge	0,58	0,829	1,62	2,61
	0,509	1,0135	1,98	1,52
	0,063	0,146	0,14	0,08
Bollards		1,00		4,80
TOTAL	$\Sigma E_v = 22,872$	$\Sigma E_H = 4,95$	$\Sigma M_s = 31,36$	$\Sigma M_r = 13,02$

a - Stabilité au renversement:

$$K_R = M_{stab} / M_{renv} = 31,36 / 13,02 = 2,40 > 1,5 : \text{Verifiée}$$

b- Stabilité au glissement:

$$K_G = \Sigma E_V / \Sigma E_H * \text{tg } \delta = 22,872 / 4,95 * 0,7 = 3,23 > 1,5 : \text{Verifiée}$$

### VII 2.3.5 Cas dynamique

a- Stabilité au renversement

b- Stabilité au glissement

On retient la même combinaison que pour le premier quai (-3,50m)

avec

$$K_{A1} = 0,319$$

$$K_{A2} = 0,103$$

CHARGE	$E_V$ (T/ml)	$E_H$ (T/ml)	Moment stabilisant ( t.m) / ml	Moment renversant ( t.m) / ml
Poids propre	20,278		24,276	
Poussée des Terres	0,35	0,78	0,98	1,74
	0,95	1,36	2,67	3,14
	0,36	0,85	0,82	0,30
Surcharge	0,74	1,05	2,07	3,33
	0,90	1,30	2,53	1,94
	0,10	0,24	0,23	0,14
Poussée Hydr.		0,9148		1,09
Seisme(0.10g)	-	2,02	-	5,32
<b>TOTAL</b>	$\Sigma E_V = 23,67$	$\Sigma E_H = 8,51$	$\Sigma M_s = 33,57$	$\Sigma M_r = 17$

a - Stabilité au renversement:

$$K_R = M_{stab} / M_{renv} = 33,357 / 17 = 1,97 > 1,1 : \text{Verifiée}$$

b- Stabilité au glissement:

$$K_G = \Sigma E_V / \Sigma E_H * \text{tg } \delta = 23,67 / 8,51 * 0,7 = 1,94 > 1,5 : \text{Verifiée}$$

## CALCUL de STABILITE de L'APPONTEMENT (-2.50m)

L'ouvrage est soumis d'une part à la sollicitation de son poids propre qui donne un moment stabilisant et d'autre part à un effort d'accostage et d'amarrage qui donnent un moment renversant.

Nature des charges:

Les charges appliquées à l'appontement sont:

- poids propre de la structure
- Les surcharges de service : 1.0 t/ml
- Effort d'amarrage : 1.0 t/ml
- Effort d'accostage : 1.0 t/ml

Seisme

- Accélération horizontale :  $a_h = 0.10g$
- Accélération verticale :  $a_v = 0.00g$

Combinaison d'action à envisager:

- Cas n: 1 ( charge permanente) +1.2 ( surcharge de service)
- Cas n: 2 ( charge permanente) + ( surcharge) + ( seisme)

On calculera la stabilité de l'appontement en considérant la longueur de 6.80 m ; longueur entre axes de 2 caissons consécutifs.

3.1 Efforts verticaux:

3.1.1 Le poids propre de la structure:

Caisson 26.208t

Dalle préfabriquée en béton armé  $2 ( 2.13 * 1.98 * 0.15 ) * 2.5 = 3.16 t$

Cadre  $( 3.721 * 0.70 + 0.70 * 0.35 * 2.50 ) * 2.5 = 8.043t$

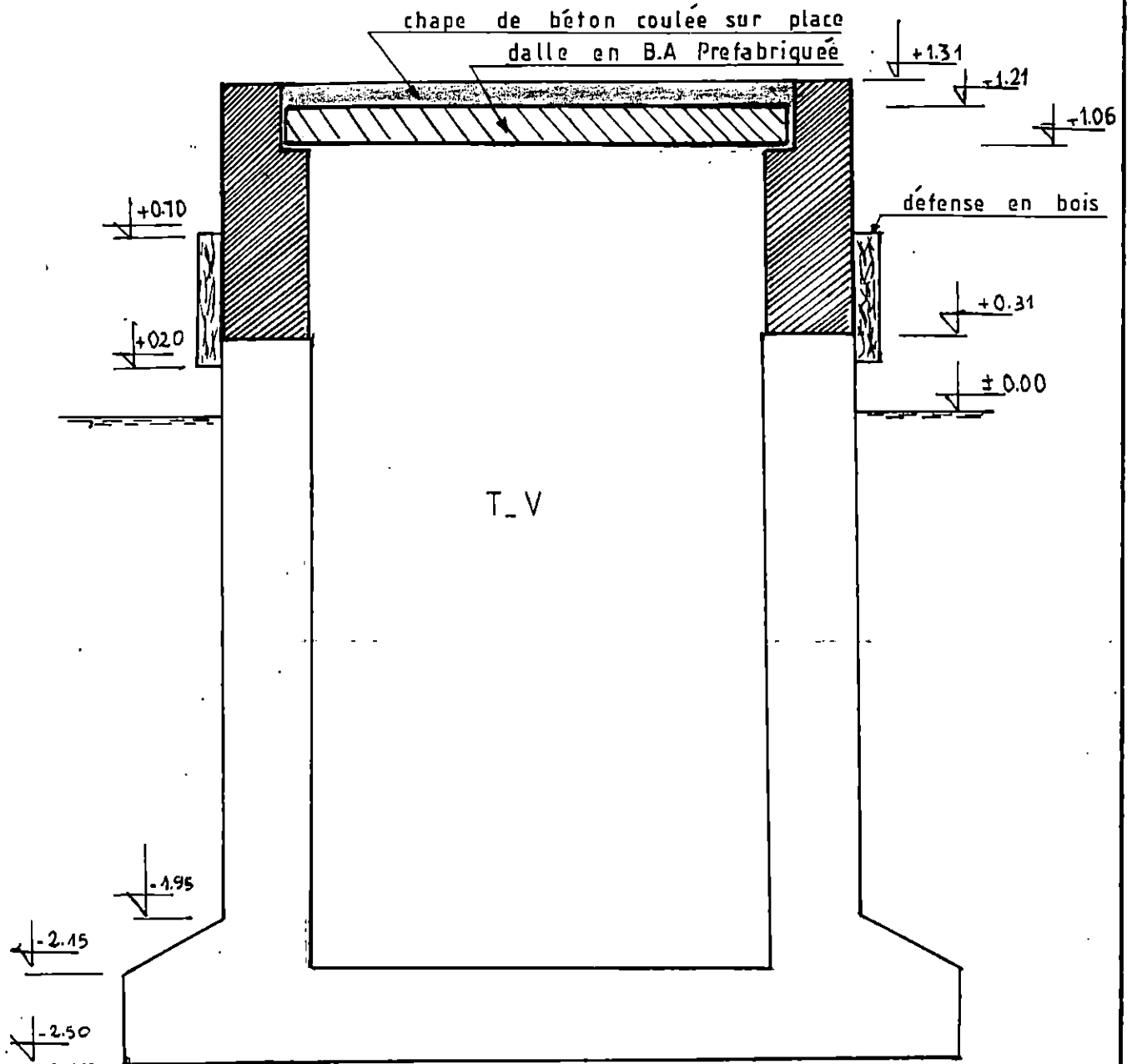
Dalle coulée sur place + chape en béton

$( 0.3 * 1.85 * 2.5 + 0.10 * 6.80 * 2.5 ) * 2.4 = 7.41t.$

ELEMENTS	Force (t)	Bras de Levier	Moments stabilisateur
CAISSON	26.208	1.65	43.11
DALLETES	3.16	3.63	11.48
CADRE	8.04	2.86	11.48
DALLE - COULEE	7.41	3.6	26.40
TOTAL	$\Sigma_v = 44.82$		104.13

# APPONTEMENT

ech: 1/50



### 3.1.2 Surcharge:

La surcharge est de 1,0 T/m<sup>2</sup>

d'ou  $S = 1 * 6,80 * 2,50 = 17 \text{ T}$

Effort Vertical	Force ( T )	Bras de levier ( m )	Moment stabi
Surcharge	V = 17	3,8	64,6

### VII 3.2 Efforts horizontaux

Le cas le plus défavorable est le cas ou on suppose qu'il y ait accostage et amarrage en même temps.

Efforts horizontaux	Force ( T )	Bras de levier ( m )	Moment renversant
Amarrage	6,80	4,675	31,79
Accostage	6,80	4,675	31,79
Total	$\Sigma_H = 13,6$		63,53

1° Cas : Charge permanente +1,2 (Surcharge de service )

. Stabilité au glissement

$$K_G = \Sigma_V / \Sigma_H \text{ tgp} = ( 44,821 + 1,2 (17) ) / 13,6 \text{ tgp} = 2,44 > 1,5 : \text{Vérfiée}$$

. Stabilité au renversement

$$K_R = ( M_S / M_R ) = ( 104,13 + ( 1,2 * 64,6 ) ) / 63,53 = 2,86 > 1,5 : \text{Vérfiée}$$

2° Cas Charge permanente + Surcharge + Seisme

Efforts horizontaux	Force ( T )	Bras de levier ( m )	Moment renversant
Amarrage	6,80	4,67	31,79
Accostage	6,80	4,67	31,79
force sismique	4,48	4,65	20,83
Total	$\Sigma_H = 18,08$		$\Sigma M_R = 84,41$

a- stabilité au glissement

$$K_G = \Sigma_V / \Sigma_H \text{ tgp} = ( ( 44,821 + 17 ) / 18,08 ) * 0,7 = 2,39 > 1,1 : \text{Verfifiée}$$

b- Stabilité au renversement

$$K_R = ( M_S / M_R ) = ( 104,13 + 64,6 ) / 84,41 = 2,00 > 1,1 : \text{Verfifiée}$$

## **CHAPITRE VIII**

### **Conclusion et Recommandations**

## CONCLUSION et RECOMMANDATIONS

Une bonne estimation des conditions de houles extrêmes pouvant survenir sur le site où sera implanté la digue étudiée est une condition essentielle d'un bon dimensionnement.

Le choix de la répartition, 70% d'embarcations de plaisance et 30% de pêche, du port ne s'est pas faite sur la base d'une étude socio-économique sérieuse, mais plutôt sur des hypothèses qui sont le fruit des entrecouplements d'idées de l'administration local, du C.N.E.R.U et surtout des possibilités qu'offre la configuration du site, mais nous pensons que le port peut être exclusivement plaisancier dans le futur proche ou lointain, puisque nous n'avons pas prévu de grands équipements pour la pêche.

Les essais d'agitation comparative entre l'aménagement proposé et l'abri existant, montre que ce premier apporte une meilleure atténuation de l'agitation à l'intérieur du port.

La stabilité de l'ouvrage extérieur (jetée) est en principe vérifiée, mais pour une meilleure sécurité, une vérification de la stabilité des blocs (B.C.R) et du couronnement s'impose sur modèle réduit.

La stabilité des ouvrages intérieurs ( quais + appontements ) au glissement et au renversement est vérifiée.

Une campagne de dragage devrait être effectuée pour permettre l'accès et l'accostage des embarcations ainsi que pour la pose des fondations pour les quais et appontements.

Le volume des matériaux, à mettre en oeuvre pour la jetée, étant assez conséquent, une bonne connaissance des carrières avoisinantes au site et une bonne organisation du chantier est nécessaire, vu qu'une grande partie du coût du projet sera affectée au transport et à la manutention de ces matériaux.

une étude d'impact sur l'environnement devrait être menée, qui réfléchira sur la pollution apportée par la cimenterie, les eaux usées urbaines rejetées au niveau de l'abri existant et des nouvelles données ( hydrauliques, transit-sédimentaires, ... etc )apportées par le nouveau port.

## BIBLIOGRAPHIE

- 1- ALLAIS .V et Al : " Les aménagements légers pour la plaisance "  
- Notice S.T.C n° 81.1, (1981)
- 2- BONNEFILLE .R : " Cours d'hydraulique maritime "  
- 171 p - Edition : MASSON , (1980)
- 3- BOURRIERES .P et CHAMEROY .J : " Ports et navigations modernes "  
- 275 p - Edition : EYROLLES , (1977)
- 4- CHAPON .J : " Travaux maritimes "  
- Tome I : 285 p , Tome II : 349 p - Edition : EYROLLES , (1984)
- 5- FEUILLET .J et Al : " Le dimensionnement des digues à talus "  
- Edition : EYROLLES , (1987)
- 6- GUERRIN .A : " Traité de béton armé "  
- Volume 7 : 329 p , Volume 11 : 411 p - Edition : DUNOD, (1976)
- 7- GUILCHER .A : " Précis d'hydraulique marine et continentale "  
- 382 p - Edition : MASSON et Cie, (1965)
- 8- HAUGUEL .G : " Calcul des houles de tempête en eau peu profonde "  
( Application à l'agitation dans le port )  
- EDF : Electricité de France, (1979)
- 9- LACOMBE .G : " Techniques de l'ingénieur "  
C<sub>4</sub> (construction , programme) ; C<sub>2</sub> I (construction , structure)  
- Edition : ISTRAL .BL , (1991)
- 10- LARRAS .J : " Cours d'hydraulique maritime et travaux maritimes "  
- 459 p - Edition : EYROLLES , (1961)
- 11- L.E.M : A.P.S : " Aménagement de la façade maritime de RAIS-HAMIDOU "  
- (mars 1988)
- 12- L.E.M : " Notice de calcul de la stabilité des ouvrages intérieurs du port de BENI-SAF "  
- (septembre 1988)
- 13- M.T.P.B : " Les aménagements et les équipements pour la navigation de plaisance  
et les sports nautiques "  
- [M.T.P.B = Moniteur des Travaux Publics et du Batiment] , (1973)
- 14- MOULIN .J et CLAUSSE .R : " Météo . vents . nuages - Tempêtes "  
- 150 p - Edition : Maritmes d'outre-mer , (1978)
- 15- NACHTERGAL .A et Cie : " Notes et formules du technicien "  
- Tome I : 762 p , Tome II : 752 p - Edition : A. DE BOECK  
Bruxelles , (1984)

16- QUINN .A def : " Design and construction of ports and marine structures "  
- 611 p - Edition : Mc GRAW-HILL  
BOOK - COMPAGNY , (1972)

17- SOGREAH : " Premier symposium international sur les manoeuvres d'approche  
et d'accostage des navires "  
- 322 p - Grenoble 19.23 , (septembre 1977)

18- US ARMY COASTAL ENGINEERING RESEARCH CENTER :  
" Shore protection manual "  
- Volume I et II - Departement of the Army Corps Engineers , (1984)

19- US NAVAL WEATHER SERVICE COMMAND :  
" Summary of synoptic meteorological observations "  
- Volume III , (october 1984)

# **ANNEXES**

**-Réfraction  
-Plans**

# LA REFRACTION

## 1-Introduction

Pour l'étude de la réfraction, nous avons utilisé le logiciel "REFRACT" avec ses compléments

"REFCOMP" et "REFRAINV" dont dispose le "LEM"(1) sur VAX DIGITAL. Le programme REFRACT étudie le phénomène de réfraction sur un site donné en utilisant la théorie linéaire (STOCKS 1er ordre). L'élaboration de REFRACT s'est faite essentiellement à partir de deux documents:

-(a). "Journal of the water ways harbors and coastal engineering division" Computation of waves height due to refraction and friction- February 1975 by ove skougaard IVAR G.JONSSON and JENS BERTELSEN.

-(b). " Programme mathématique statistique I B M" dont lequel figure la méthode de résolution du système d'équation différentielles du premier ordre à 5 équations et à 5 inconnues, préconisées par le premier document cité.

## 2- Hypothèse du programme

- la houle est monochromatique  $CT=cte$
- le mouvement de la houle est régulier
- il n'y a pas de courant
- la percolation est négligée
- il n'y a ni réflexion ni diffraction
- l'énergie entre deux orthogonales adjacentes est conservée
- l'effet de la courbure du globe terrestre est négligée
- le liquide est incompressible et non visqueux
- l'effet des marées n'est pas pris en compte
- la bathymétrie est la plus régulière possible

La théorie linéaire demande également que :

- la houle étudiée se propage en moyenne ou en grande profondeur
- la cambrure de la houle étudiée soit faible

Notons que la limite réelle de la théorie linéaire se traduit par la valeur du paramètre d'URSELL

$$U = \frac{h \cdot l^2}{d^3} < 15$$

h: hauteur de la vague (m)  
l : longueur d'onde (m)  
d: profondeur (m)

(1) "LEM" : LABORATOIRE D'ETUDES MARITIMES  
30 Rue Asselah Hocine Alger

REFRACT fournit le tracé des orthogonales sous forme de tableaux de résultats, ainsi que les valeurs des coefficients de réfraction, de SHOALLING, de frottement (due à la rugosité du fond) le long de celles-ci.

Ces principaux résultats sont complétés par l'obtention d'une série de paramètres tels que, la célérité, la profondeur, la distance parcourue....., le long des orthogonales calculées.

### 3 - Etude de la réfraction sur le site de RAIS HAMIDOU

Nous avons introduit une grille bathymétrique constituée de:

- 39 points en x
- 34 points en y
- maille de 100 mètres

Les 4 directions  $0^{\circ}N$ ,  $330^{\circ}N$ ,  $30^{\circ}N$  et  $60^{\circ}N$  ont été étudiées en fonction des 4 périodes 6,8,10 et 12s.

Les résultats sont résumés dans les tableaux suivants, (Nous ne nous intéresserons qu'aux orthogonales qui arrivent au site), ainsi que sur les sorties graphiques (fournies par table tracante) qui représentent les plans de vagues.

- tableaux
- sorties graphiques

#### Symboles utilisés

D : Profondeur au point de calcul ou  $U < 15$  en (m)

L : Longueur d'ondes en (m)

$H_1$  : Hauteur sans frottements de la houle au point considéré pour une hauteur de houle au large  $H_0$  égale à 1m

U : Paramètre d'URSELL

$K_{RA}$ : Coefficient de réfraction

$K_S$ : Coefficient de SHOALLING

## DIRECTION 330 N

T=6s

N:de l'ortho	D(m)	L(m)	H1(m)	U	KRA	Ks
6	3.7	0.65	0.65	12.83	0.66	0.98
7	4.1	0.79	0.79	12.65	0.82	0.97
8	4.9	0.87	0.87	9.58	0.92	0.95
9	5.8	0.85	0.85	6.60	0.91	0.93
10	4.0	0.85	0.85	14.30	0.88	0.97

T=8s

N:de l'ortho	D(m)	L(m)	H1(m)	U	KRA	Ks
7	12.6	77.1	0.74	2.17	0.80	0.92
8	7.2	62.0	0.65	6.50	0.67	0.97
9	11.4	74.4	0.77	2.83	0.83	0.93
10	5.2	53.9	0.81	15.61	0.80	1.02
11	6.3	5.6	0.78	10.18	0.79	0.99

T=10s

N:de l'ortho	D(m)	L(m)	H1(m)	U	KRA	Ks
5	14.4	107.5	0.64	2.40	0.67	0.95
6	18.9	118.8	0.81	1.68	0.87	0.93
7	7.5	81.3	0.76	11.41	0.73	1.04
8	8.1	84.5	0.72	9.05	0.70	1.02

T=12s

N:de l'ortho	D(m)	L(m)	H1(m)	U	KRA	Ks
4	17.8	145.4	0.71	2.61	0.72	0.98
5	19.7	151.6	0.61	1.79	0.63	0.97
6	23.4	162.0	0.74	1.50	0.78	0.95

T=6s

Tableau 5

N:de l'ortho	D(m)	L(m)	H1(m)	U	KRA	Ks
4	5.5	39.6	0.88	7.74	0.94	0.93
5	8.0	45.2	0.90	3.53	0.98	0.91
6	5.2	38.6	0.87	8.83	0.93	0.94
7	5.8	40.4	0.88	6.90	0.95	0.93
8	5.4	39.4	0.86	7.80	0.92	0.94
9	5.1	38.3	0.82	8.66	0.87	0.94

T=8s

Tableau 6

N:de l'ortho	D(m)	L(m)	H1(m)	U	KRA	Ks
4	14.8	81.5	0.88	1.78	0.96	0.92
5	18.1	86.4	0.96	1.21	1.04	0.92
6	6.3	58.5	0.91	12.11	0.91	0.99
7	8.2	65.5	0.85	6.46	0.89	0.96
8	7.8	64.1	0.88	7.45	0.91	0.96
9	7.5	63.3	0.92	8.37	0.95	0.97

T=10s

Tableau 7

N:de l'ortho	D(m)	L(m)	H1(m)	U	KRA	Ks
4	14.8	108.5	0.89	3.17	0.93	0.97
5	18.2	117.4	1.02	2.28	1.08	0.94
6	17.8	116.3	0.89	2.12	0.95	0.94
7	17.2	114.9	0.83	2.13	0.97	0.93
8	17.2	115.0	1.0	2.56	1.06	0.94
9	17.3	115.2	1.40	3.52	1.48	0.94

T=12s

Tableau 8

N:de l'ortho	D(m)	L(m)	H1(m)	U	KRA	Ks
4	11.8	122.1	1.03	9.10	1.00	1.03
5	15.5	137.1	1.72	8.58	1.74	0.99
6	14.5	133.2	0.97	5.57	0.96	1.00
7	13.5	129.4	0.70	4.68	0.69	1.01
8	13.2	128.0	1.01	7.11	1.00	1.01

## DIRECTION 30 N

T=6s

N:de l'ortho	D(m)	L(m)	H1(m)	U	KRA	Ks
2	14.0	52.4	0.93	0.93	1.0	0.93
3	13.7	52.2	0.92	0.97	0.99	0.93
4	5.2	38.7	0.89	9.05	0.95	0.94
5	5.6	39.9	0.79	6.80	0.85	0.94
6	4.3	35.9	0.67	10.10	0.69	0.96

T=8s

N:de l'ortho	D(m)	L(m)	H1(m)	U	KRA	Ks
4	16.7	84.6	0.87	1.32	0.95	0.92
5	5.9	57.1	0.83	12.42	0.83	1.00
6	5.4	55.1	0.72	12.69	0.71	1.01

T=10s

N:de l'ortho	D(m)	L(m)	H1(m)	U	KRA	Ks
3	20.1	121.5	0.93	1.67	1.01	0.93
4	19.3	119.6	0.79	1.57	0.86	0.92
5	15.6	110.7	0.82	2.62	0.88	0.93
6	12.0	99.8	0.94	5.29	0.98	0.96

T=12S

N:de l'ortho	D(m)	L(m)	H1(m)	U	KRA	Ks
2	19.3	150.1	1.73	5.37	1.82	0.95
3	19.5	150.8	1.10	3.34	1.16	0.95
4	19.7	151.4	0.65	1.92	0.68	0.95
5	15.3	136.6	0.67	3.43	0.69	0.98
6	13.2	128.1	1.05	7.34	1.05	1.00

## DIRECTION 60 N

T=6s

N:de l'ortho	D(m)	L(m)	H1(m)	U	KRA	Ks
4	12.1	50.8	0.67	0.97	0.72	0.92

T=8s

N:de l'ortho	D(m)	L(m)	H1(m)	U	KRA	Ks
3	14.0	80.0	0.62	1.43	0.68	0.91
4	9.2	68.7	0.46	2.68	0.49	0.94

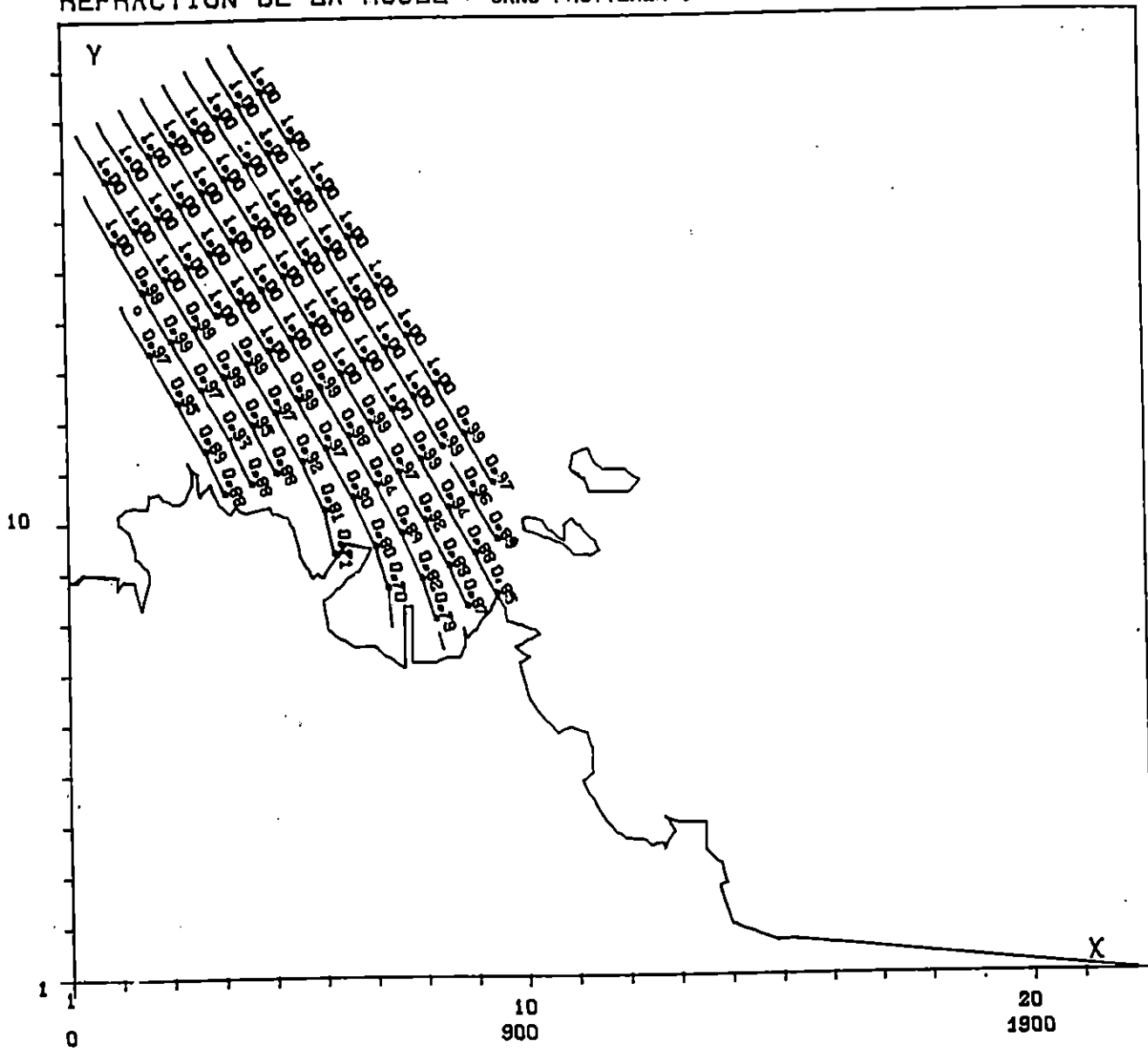
T=10s

N:de l'ortho	D(m)	L(m)	H1(m)	U	KRA	Ks
2	7.4	81.1	0.78	11.84	0.75	1.03
3	6.5	76.1	0.50	10.32	0.47	1.06

T=12s

N:de l'ortho	D(m)	L(m)	H1(m)	U	KRA	Ks
5	13.0	127.4	0.43	3.09	0.43	1.00

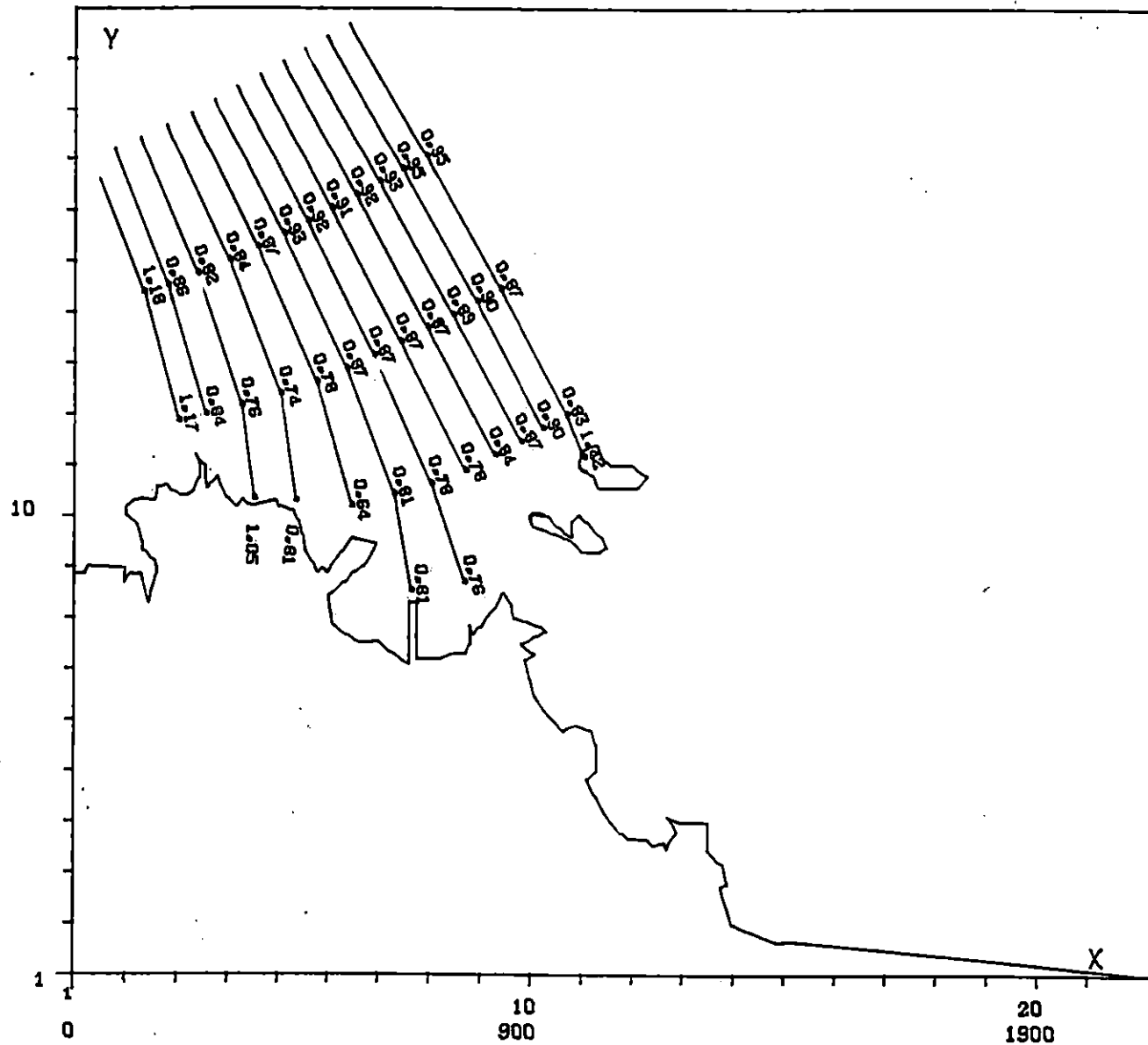
REFRACTION DE LA HOULE - SANS FROTTEMENTS - HAUTEUR DE LA VAGUE EN METRES



LABORATOIRE D'ETUDES MARITIMES - ALGER	
RAIS HAMIDOU JUILLET 92	
Direction : 330.000deg N	HO : 1.00 m
Periode : 8 s	
Marée : 0.0 m	1 maille = 100 metres

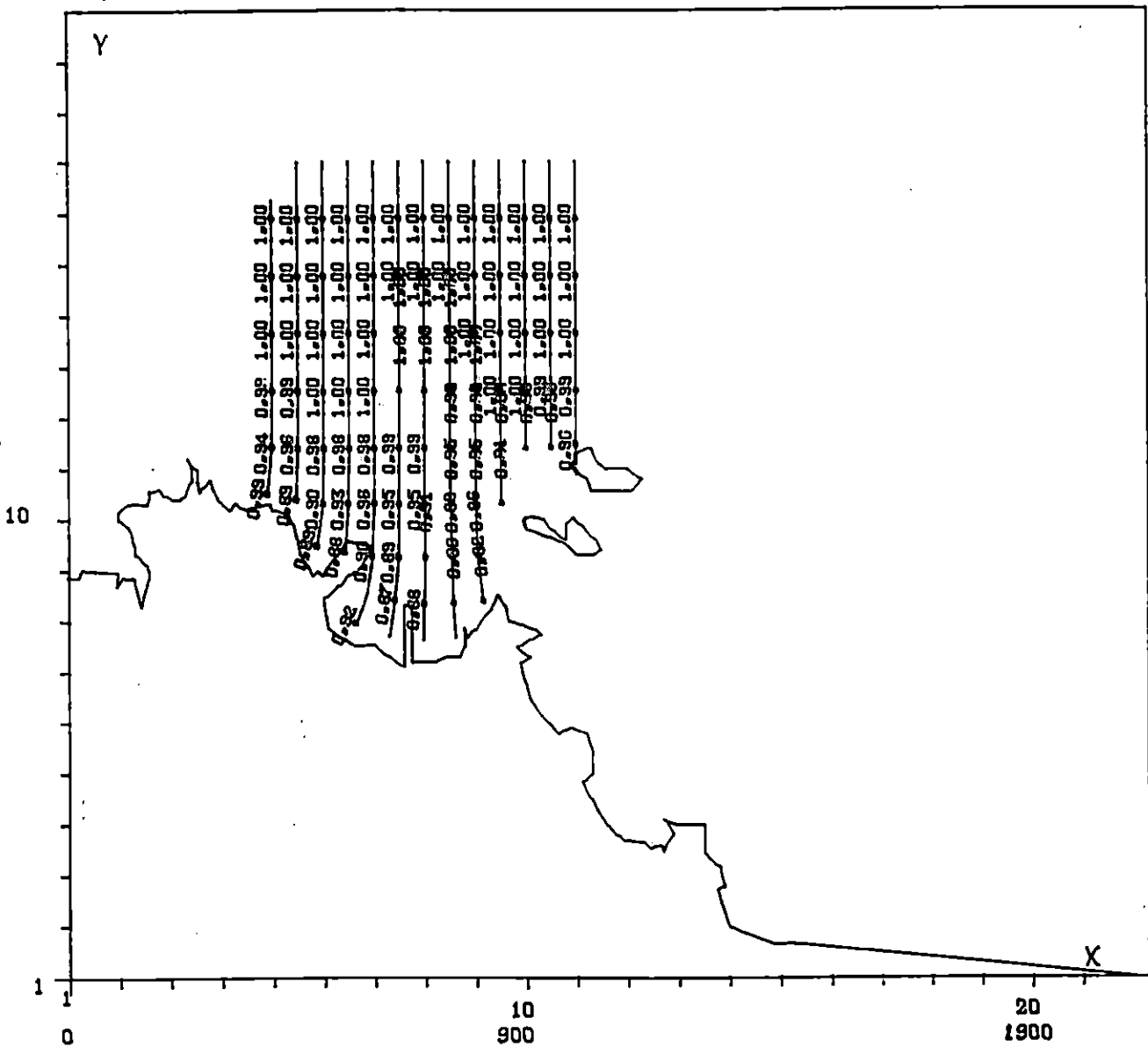


REFRACTION DE LA HOULE - SANS FROTTEMENTS - HAUTEUR DE LA VAGUE EN METRES



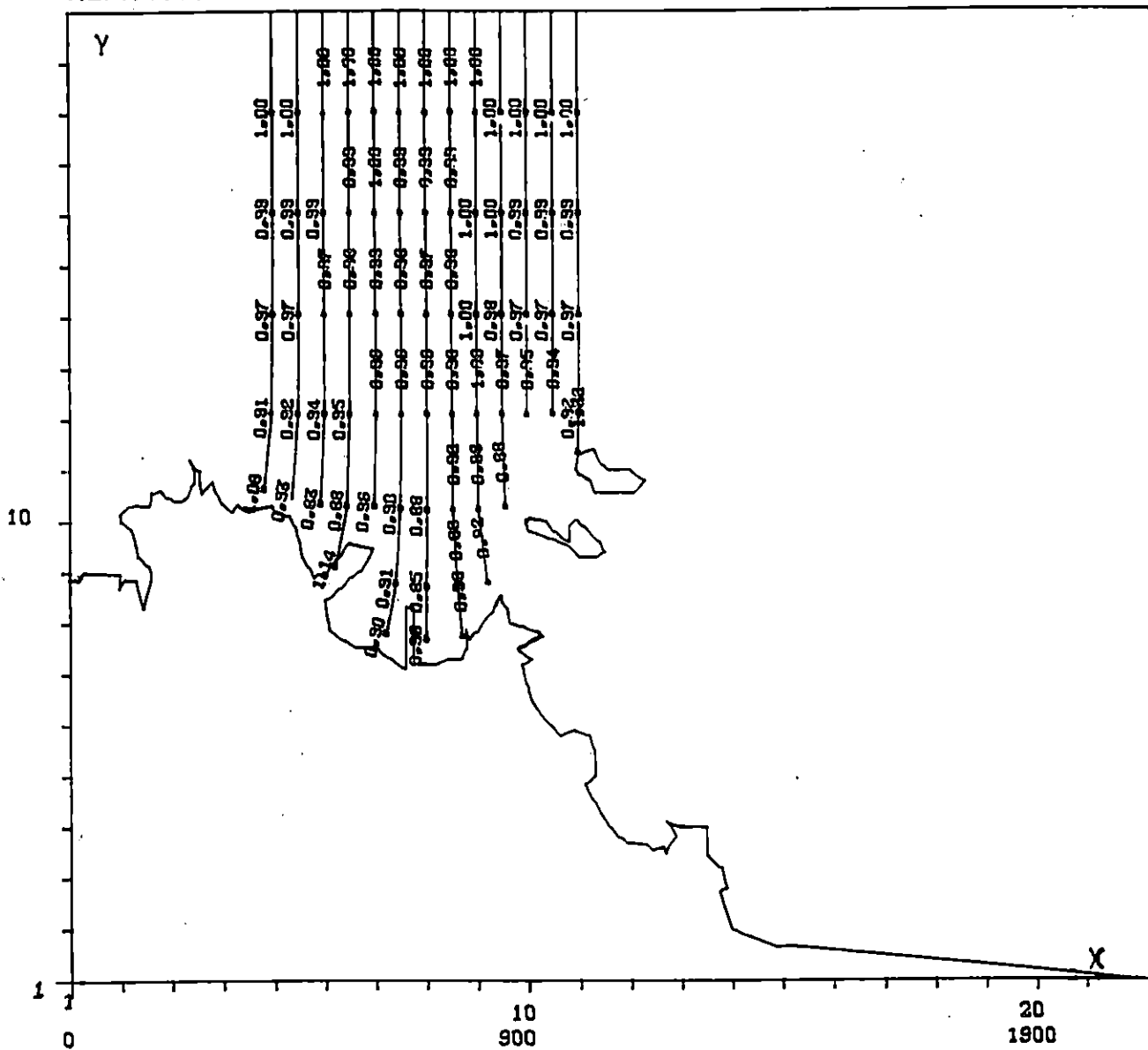


REFRACTION DE LA HOULE - SANS FROTTEMENTS - HAUTEUR DE LA VAGUE EN METRES .



LABORATOIRE D'ETUDES MARITIMES - ALGER.	
RAIS HAMIDOU JUILLET 92	
Direction : 0.00 Deg N	HD : 1.00 m
Periode : 6 s	
Marée : 0.0 m	1 maille = 100 metres

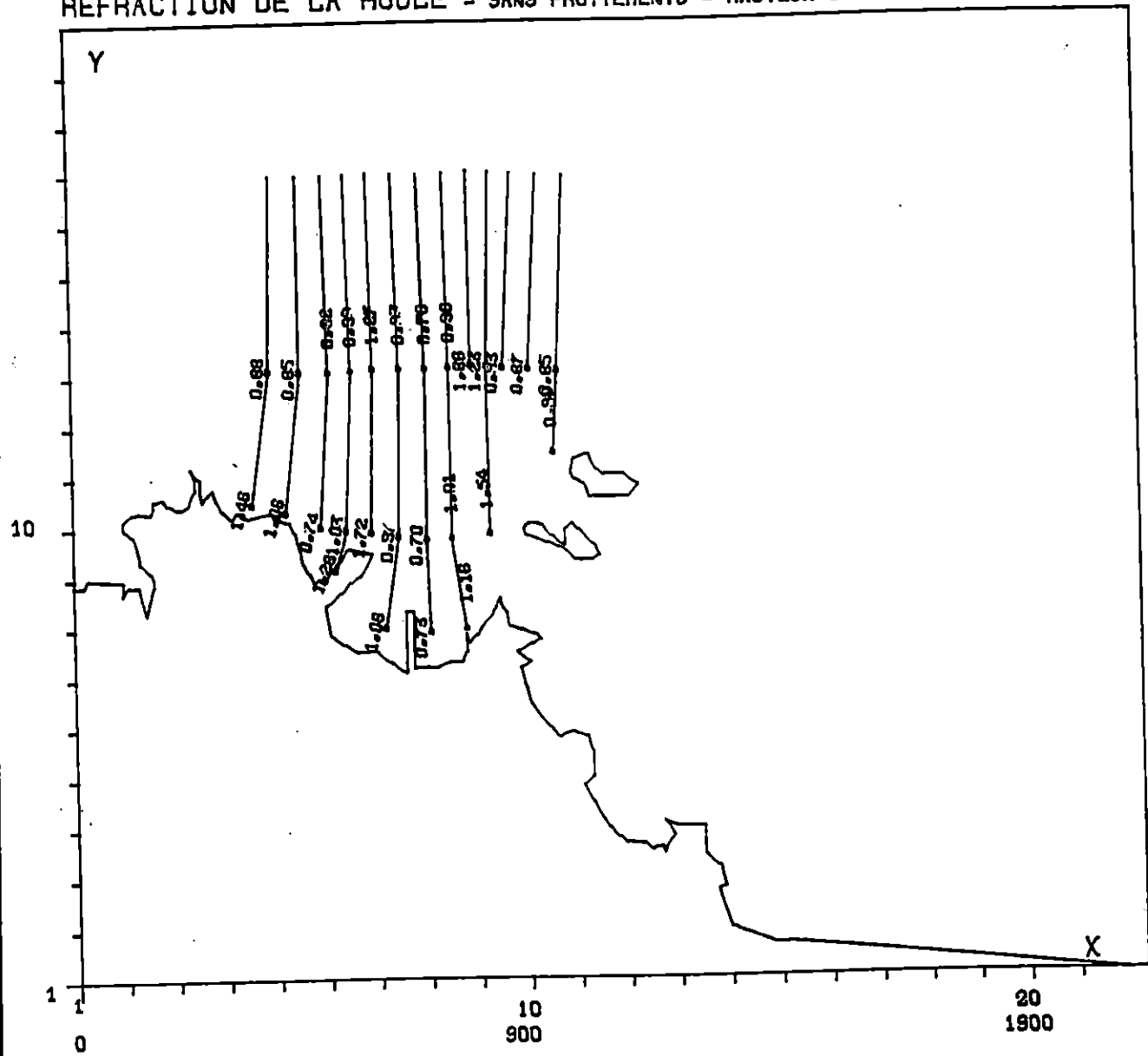
REFRACTION DE LA HOULE - SANS FROTTEMENTS - HAUTEUR DE LA VAGUE EN METRES .



LABORATOIRE D'ETUDES MARITIMES - ALGER		
RAIS HAMIDOU JUILLET 92		
Direction :	0.00 Deg N	HO : 1.00 m
Période :	0 s	
Maree :	0.0 m	3 mailles = 100 metre

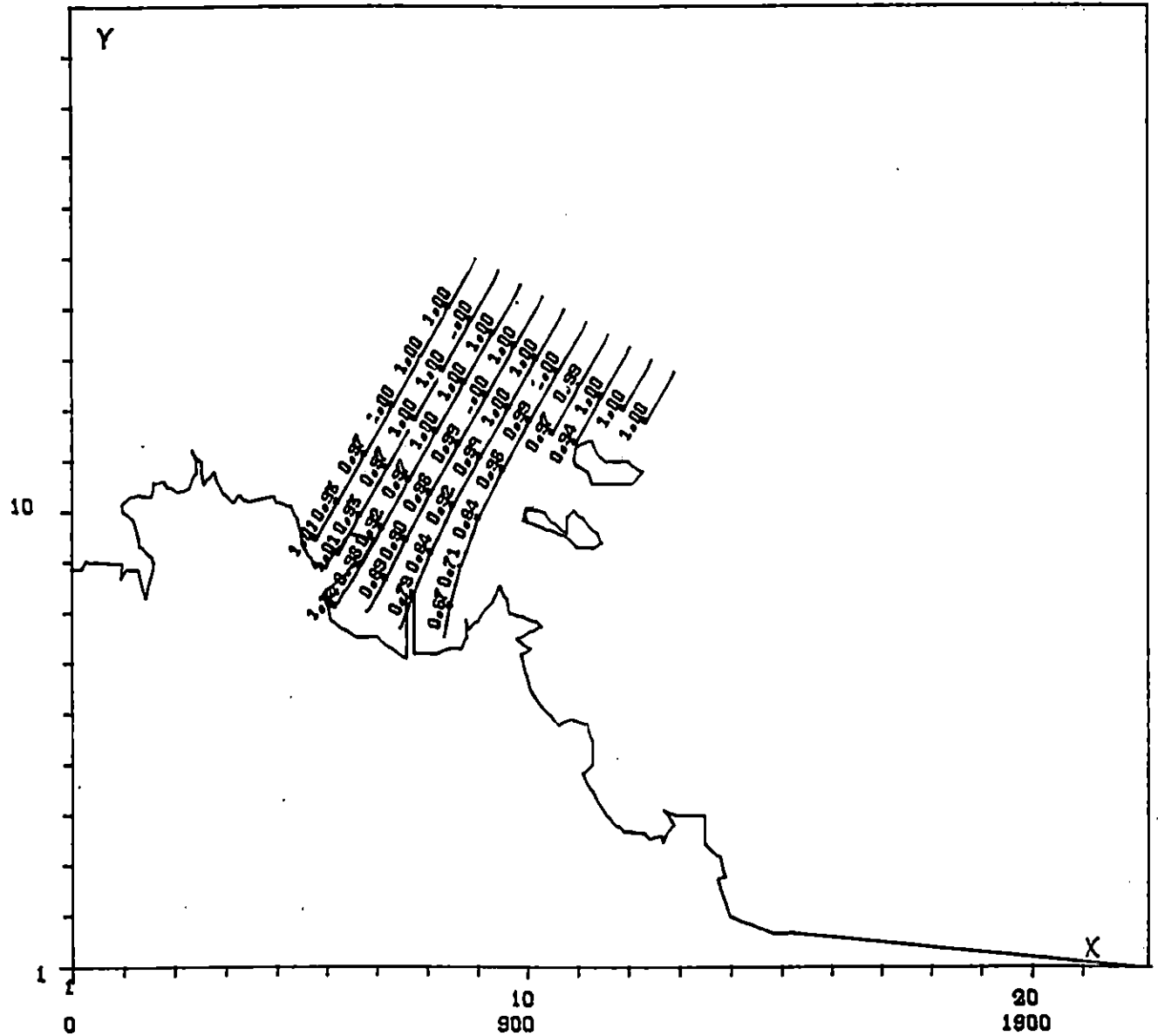


REFRACTION DE LA HOULE - SANS FROTTEMENTS - HAUTEUR DE LA VAGUE EN METRES .



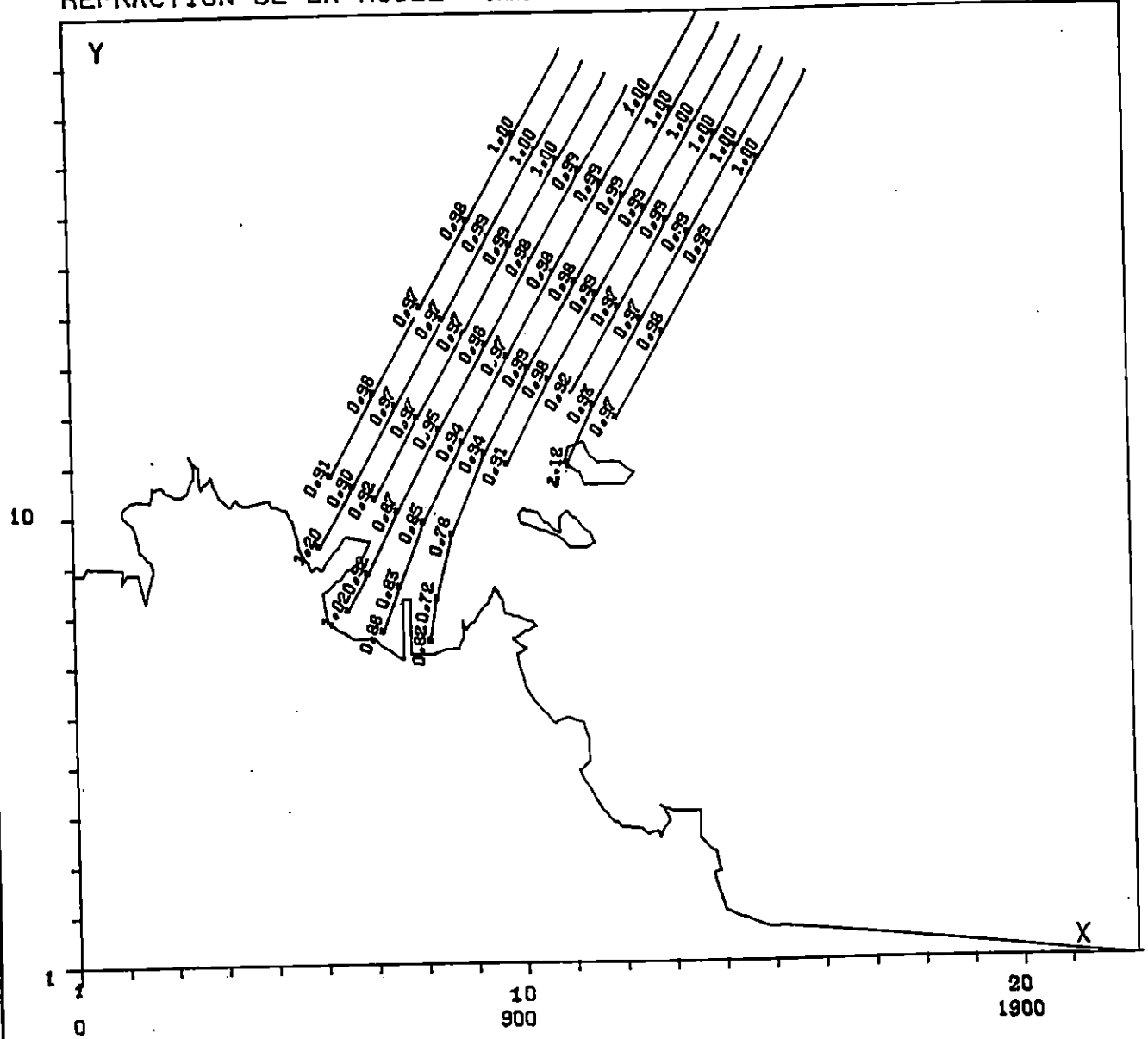
LABORATOIRE D'ETUDES MARITIMES - ALGER	
RAIS HAMIDOU JUILLET 92	
Direction : 0.00 Deg N	HO : 1.00 m
Perte de : 12 °	
Marée : 0.0 m	1 millie = 100 mètres

REFRACTION DE LA HOULE - SANS FROTTEMENTS - HAUTEUR DE LA VAGUE EN METRES .



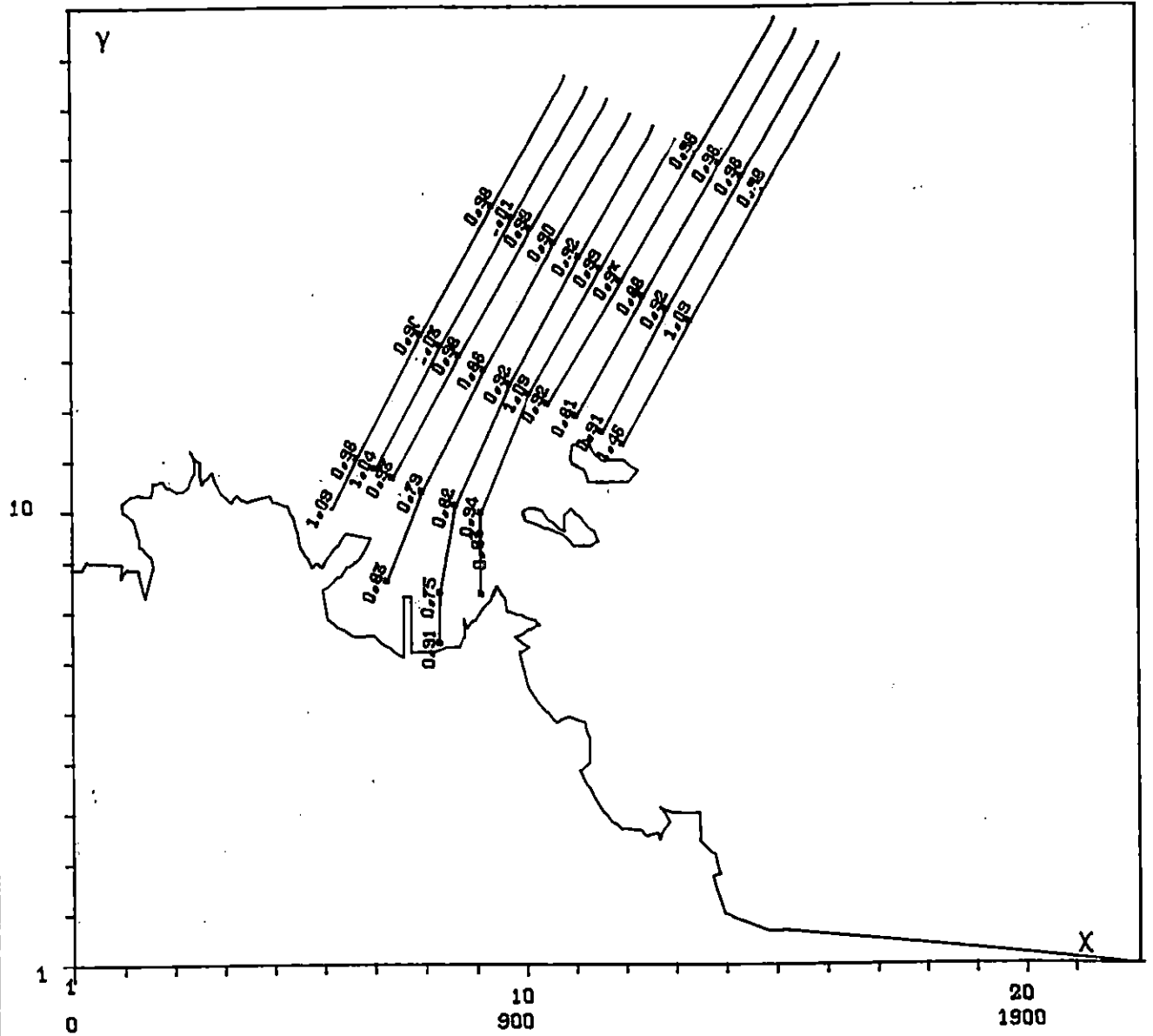
LABORATOIRE D'ETUDES MARITIMES - ALGER	
RAIS HAMDOU JUILLET 92	
Direction : 30.00 Deg N	HO : 1.00 m
Periode : 8 s	
Marée : 0.0 m	1 cellule = 100 metres

REFRACTION DE LA HOULE - SANS FROTTEMENTS - HAUTEUR DE LA VAGUE EN METRES



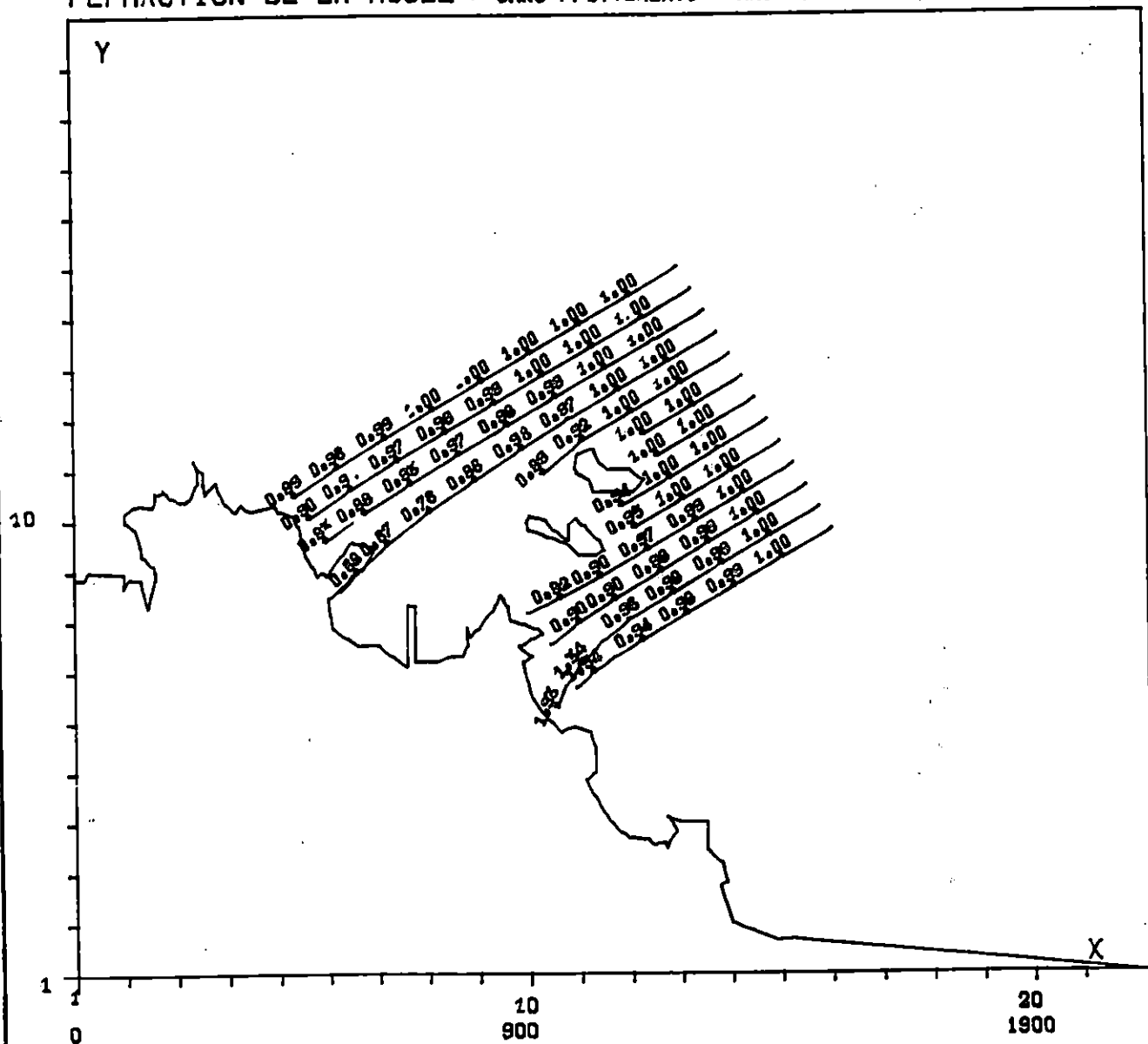
LABORATOIRE D'ETUDES MARITIMES - ALGER	
RAIS HAMIDOU JUILLET 92	
Direction : 30.00 Deg N	HO : 1.00
Periode : 8	
Marée : 0.0	1 cellule = 100 mètres

REFRACTION DE LA HOULE - SANS FROTTEMENTS - HAUTEUR DE LA VAGUE EN METRES .



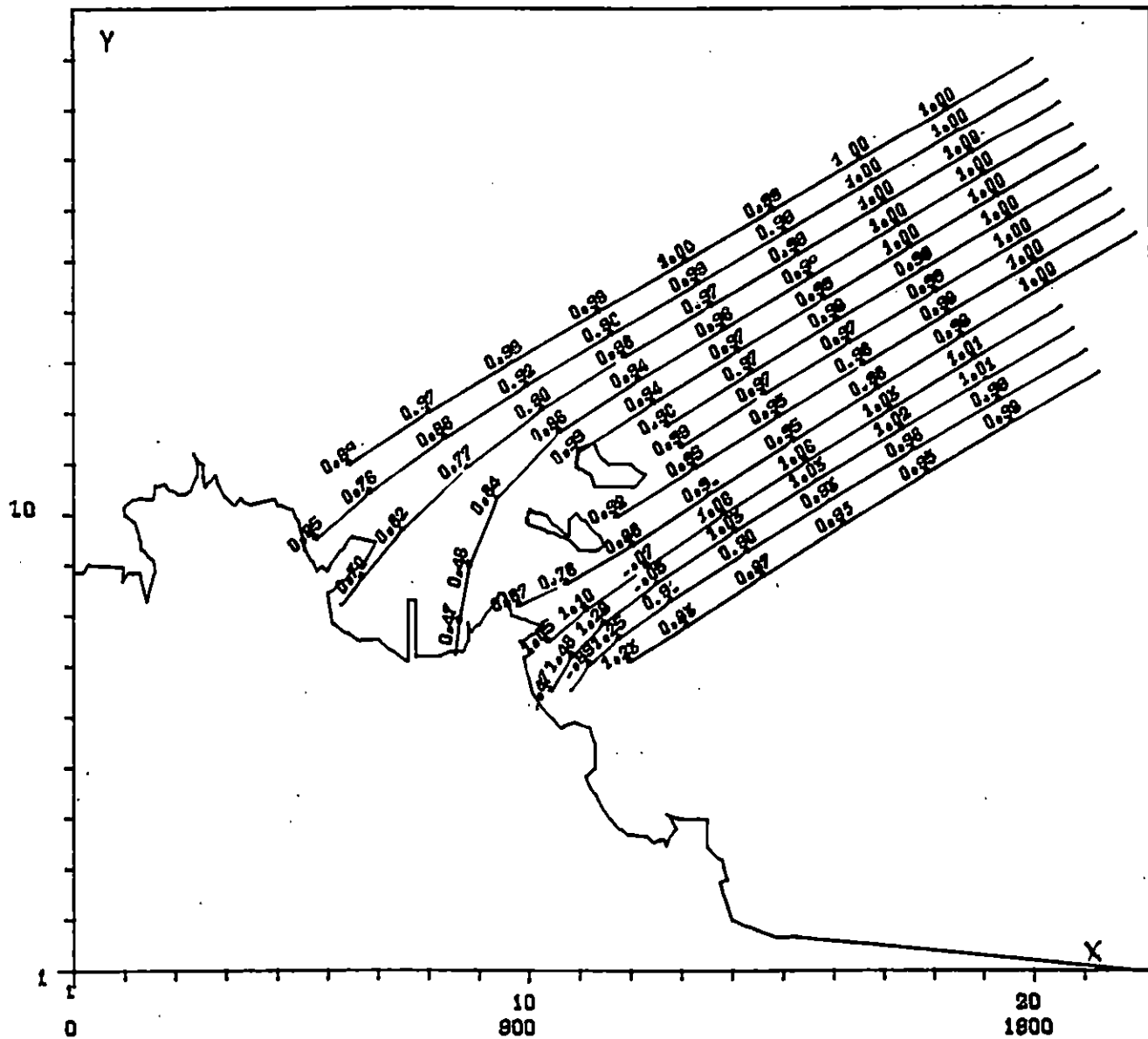


REFRACTION DE LA HOULE - SANS FROTTEMENTS - HAUTEUR DE LA VAGUE EN METRES



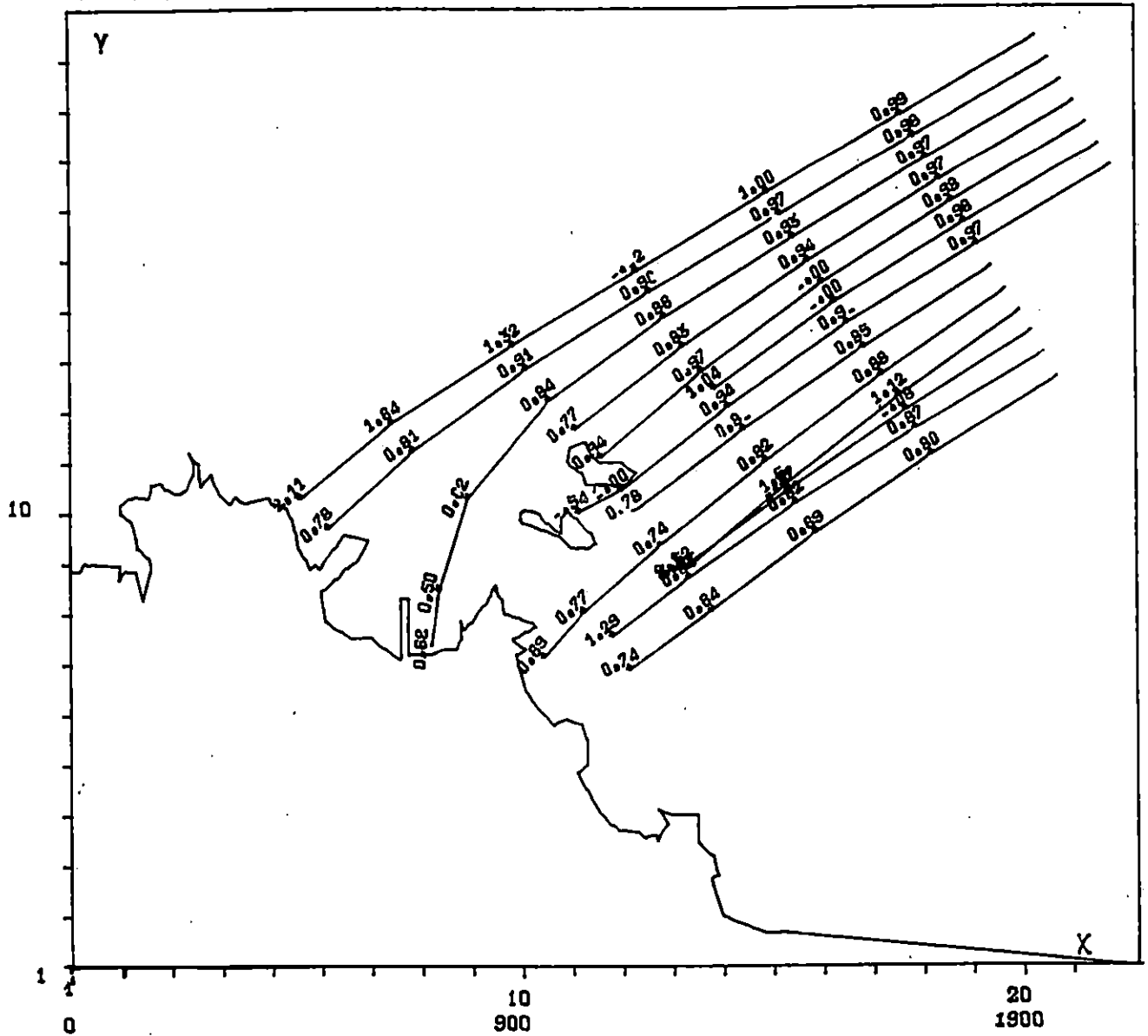
LABORATOIRE D'ETUDES MARITIMES - ALGER	
RAIS HAMIDOU JUILLET 92	
Direction : 80.00 Deg N	HD : 1.00
Periode : 8	
Maree : 0.0	1 cellule = 100 metres

REFRACTION DE LA HOULE - SANS FROTTEMENTS - HAUTEUR DE LA VAGUE EN METRES .



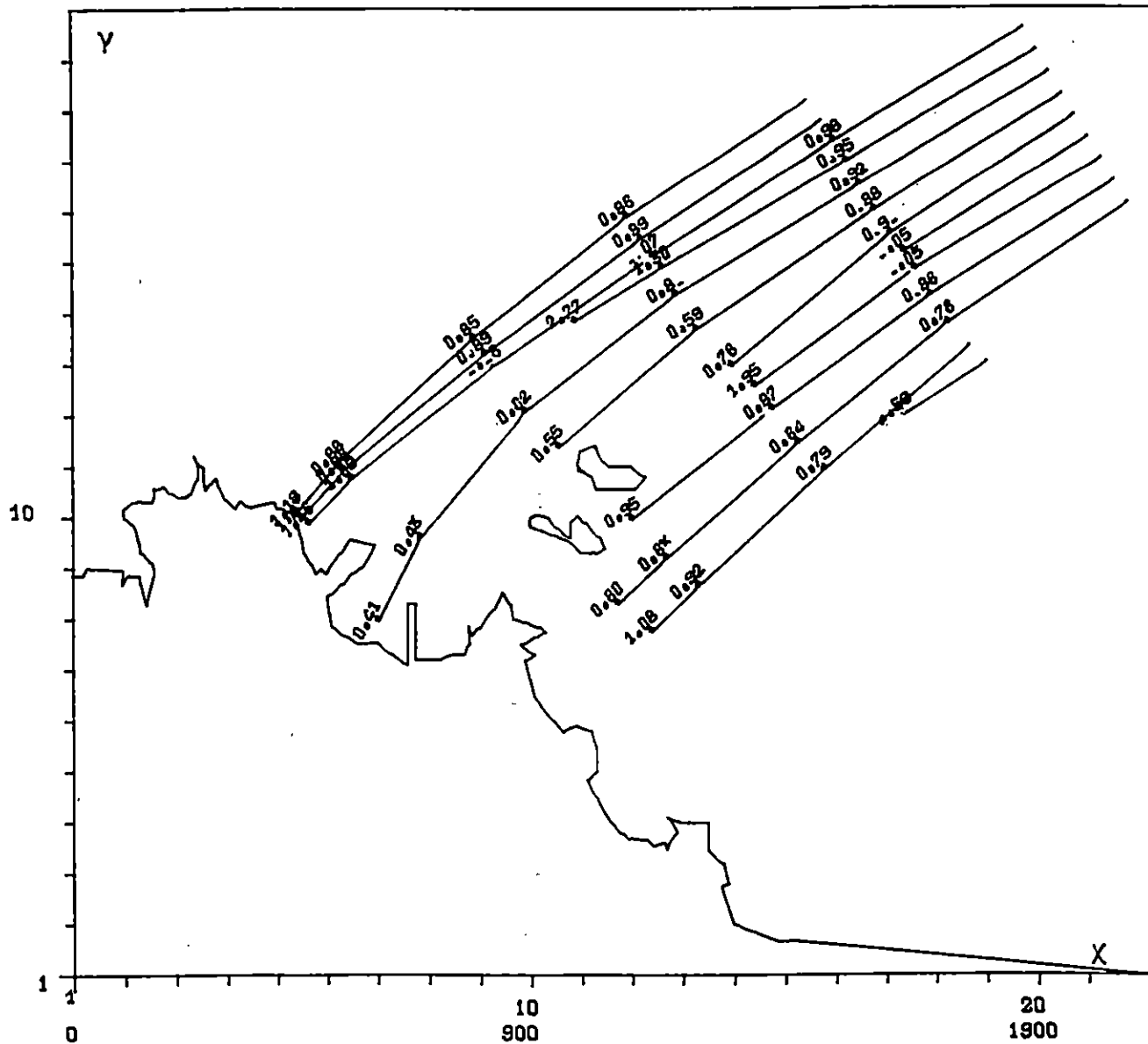
LABORATOIRE D'ETUDES MARITIMES - ALGER	
RAIS HAMIDOU JUILLET 92	
Direction : 80.00 Deg N	HO : 1.00 m
Periode : 9 "	
Maree : 0.0 m	1 millie = 100 metres

REFRACTION DE LA HOULE - SANS FROTTEMENTS - HAUTEUR DE LA VAGUE EN METRES



LABORATOIRE D'ETUDES MARITIMES - ALGER	
RAIS HAMIDOU JUILLET 92	
Direction : 80 00 Deg N	MO : 1.00 m
Periode : 10 s	
Marée : 0.0 m	1 millie = 100 metres

REFRACTION DE LA HOULE - SANS FROTTEMENTS - HAUTEUR DE LA VAGUE EN METRES .



LABORATOIRE D'ETUDES MARITIMES - ALGER	
RAIS HAMIDOU JUILLET 92	
Direction : 60.00 Deg N	HO : 1.00 m
Periode : 12 s	
Marée : 0.0 m	1 millie = 100 metres

## ANNEXE 2

### Liste des plans

NUMERO	DESIGNATION	ECHELLES
1	Topographie	1/1000
2	Bathymétrie	1/1000 - 1/500
3	Sondage à la lance	1/500
4	Reconnaissance de site	1/50
5	Plan de masse	1/500
6	Profils	1/200
7	Quais	1/50 - 1/25
8	Appontement type 1	1/50 - 1/25
9	Appontement type 2	1/50 - 1/25