

**Mémoire**  
de fin d'étude pour l'obtention du diplôme  
d'ingénieur d'état en aménagement du littoral  
et protection de l'environnement.

**Option:** Aménagement du littoral.

**Thème**

*Etude de stabilité du mûsoir et la surélévation du mur de  
garde de la grande jetée de l'ancien port de Skikda.*

**Présenté par:**

M. DEBBI Hocine  
& M. BOUZIDI Mohamed

**Devant le jury:**

M. LARID (Président),  
M. BENTELIS (Examinateur),  
M. GUETACHE (Examinateur),  
M. BELKESSA (Promoteur),  
M. AMARI (Rapporteur).

**Session:** Décembre 1994

**CHAPITRE 1:**

5

Introduction.

**CHAPITRE 2:**

9

Conception des digues à talus.

2.1 Rappel.

2.2 Conception

**CHAPITRE 3:**

11

Descriptif sommaire et historique du port.

3.1 Descriptif sommaire.

3.2 Historique du port.

**CHAPITRE 4:**

14

Conditions naturelles au port de SKIKDA..

4.1 Situation géographique.

4.2 Les vents et les pluies.

4.3 Données de houle.

**CHAPITRE 5:**

16

Etude de la réfraction de la houle.

5.1 Généralités.

5.2 Résultats de l'étude de réfraction de la houle.

5.3 Conclusions sur l'étude de réfraction.

**CHAPITRE 6:**

20

Nécessite et objectifs des modèles réduits physiques.

6.1 Simulation physique et application à l'hydraulique maritime.

6.2 Nécessite et objectifs du modèle de stabilité.

6.3 Conclusion.

## **CHAPITRE 7:**

22

Rappel sur l'étude en canal à houle.

## **CHAPITRE 8:**

27

Etude de stabilité en bassin à houle du musoir de l'ancien port de SKIKDA.

8.1 Généralités.

8.2 Déroulement des essais.

8.3 Observations pendant les essais.

8.4 Construction du fond et du modèle.

8.5 Conduite des essais.

8.5.1 Génération de la houle.

8.5.2 Enregistrement de la houle.

8.5.3 Détermination de Hs

8.6 Résultats des essais.

8.6.1 Profil d'origine, direction N50°.

8.6.2 Profil d'origine, direction N26°

8.6.3 Profil d'origine, direction N340°

8.6.4 Estimation des dégâts.

8.6.5 Description du profil conforté, Variante 1

8.6.6 Profil conforté, variante 1, direction N340°.

8.6.7 Profil conforté, variante 1, direction N26°.

8.6.8 Profil conforté, variante 1, direction N50°.

8.6.9 Estimation des dégâts.

8.6.10 Description de la variante 2.

8.6.11 Profil conforté, variante 2, direction N50°

8.6.12 Estimation des dégâts.

8.6.13 Profil conforté, variante 3, direction N50°.

8.6.13.1 Essai d'endurance.

8.6.14 Profil conforté, variante 3, direction N26°.

8.6.14.1 Essai d'endurance.

8.6.15 Profil conforté, variante 3, direction N340°

8.6.15.1 Essai d'endurance.

8.6.16 Estimation des dégâts.

8.6.17 Conclusion générale.

**CHAPITRE 9:** 61

Mètres de rechargement et devis quantitatif et estimatif.

9.1: Mètres de rechargement.

9.2: Devis quantitatif et estimatif.

**CHAPITRE 10:** 70

Conclusion générale.

**LISTE BIBLIOGRAPHIQUE.** 71

**ANNEXE 1**

**3 plans:**

-vue en plan de l'ouvrage 1/1000

-profil en travers type SALVA.

-profil en travers type RIBAUCCOUR.

**ANNEXE 2**

Album photos sur site (7 photos).

**ANNEXE 3**

Album photos sur les essais (31 photos).

## LISTE DES PLANS ET FIGURES

No	DESIGNATION	ECHELLE
1	Digue à talus, profil en travers type.	
2	Digue verticale.	
3a	Plan masse (port de SKIKDA 1907).	
3b	Plan masse (port de SKIKDA 1973).	
4	Relation Hs en fonction de Tp en Méditerranée.	
5	Profil de confortement définitif. <i>type SALVA.</i>	<b>1/200</b>
6	Profil de comportement définitif type RIBAUCCOUR 1/200.	<b>1/200</b>
8	Relation Hs en fonction de Tp en Méditerranée.	
9	Plan bathymétrie du modèle avec 3 directions.	1/5000
10	Type de spectre utilisé pour générer la houle.	
11	Représentation graphique des dégâts cumulés, profil d'origine, direction N26°, N50° et N340°.	
12	Représentation graphique des dégâts cumulés, variante 1, direction N26°, N50° et N340°.	

## LISTE DES TABLEAUX

N°	DESIGNATION
1	Variante étudiée en bassin à houle.
2	Récapitulatif des matériaux de rechargement et estimatif détaillé.
3a	Répartition de la direction des houles au port de SKIKDA.
3b	Données de houle au large de l'ancien port de SKIKDA.
4	Coefficients de réfraction (ancien port de SKIKDA).
5	(a,b,c,d) houle au large pour les directions N°12 et N45°.
6	Correspondance des matériaux utilisés.
7	Récapitulatif des dégâts cumulés : profil d'origine, directions N26°, N50° et N340°.
8 à 10	Tableaux de résultats des essais en canal à houle.
11	Feuille de test.
12 à 23	Tableaux de résultats des essais en bassin à houle.

## **CHAPITRE 1: INTRODUCTION GENERALE**

La direction des travaux publics (DTP) de la wilaya de SKIKDA a confié au laboratoire d'études maritimes (L.E.M), l'étude de confortement du musoir et la surélévation du mur de garde de la grande jetée de l'ancien port de SKIKDA qui s'étend sur 1.625 ml.

Le présent mémoire a pour objet, la présentation et l'analyse des résultats de l'étude de stabilité du musoir en bassin à houle à l'échelle 1/60, à la lumière de la documentation existante, des reconnaissances entreprises sur le site et des essais effectués spécialement à cet effet.

Ces essais ont été effectués au centre d'essais sur modèle (C.E.M) du L.E.M à Hydra de Février à Mai 1994.

Ces essais visaient essentiellement:

- La stabilité du profil du côté extérieur .
- La stabilité du musoir .
- La diminution des franchissements par la surélévation du mur de garde et l'élargissement du talus intérieur et la dalle de couronnement.

Dans le cadre de l'étude de stabilité du musoir de la grande jetée de l'ancien port de SKIKDA, un tronçon linéaire de 225 ml en nature ainsi que le musoir seront représentés en modèle tridimensionnel (en bassin ) selon le profil d'origine (type RIBAUCCOUR).

L'étude a été menée en 3 phases :

Dans une première phase il a été étudié le tronçon droit et le musoir avec le profil d'origine de la digue pour apprécier les dégâts causés à l'ouvrage depuis sa construction et les comparer à l'état actuel.

Dans la deuxième phase, l'ouvrage dégradé sera conforté avec l'étude de plusieurs variantes portant des changements notamment sur la butée de pied, la carapace, le talus arrière, la dalle de couronnement et le mur de garde éventuellement.

Le profil de confortement étudié en canal à houle et proposé par le L.E.M dans son rapport d'Avril 1988 pour la partie courante a été construit et étudié pour confirmer ou infirmer sa stabilité.

Enfin en troisième phase, le profil ainsi retenu a été soumis à l'essai d'endurance représentant le passage d'une tempête cinquantennale pendant une durée de 12 heures en nature.

A cette issue un profil de confortement définitif a été proposé et le quantitatif des matériaux de rechargement évalué. Ainsi que le coût approximatif de réalisation.

On rappellera tout d'abord brièvement la notion et la conception des digues, l'historique du port et le descriptif sommaire de l'ouvrage, l'état actuel de la jetée d'après les reconnaissances effectués par le L.E.M en Février 1994 et une sortie de terrain effectuée en Juillet 1994, Ainsi que les conditions naturelles au port, particulièrement les données de houle, avec l'analyse des résultats de la réfraction effectuée par le L.E.M en 1988.

Un chapitre détaillé sera consacré à la nécessité et aux objectifs des modèles réduits physiques ainsi que leur construction en bassin.

Un album photo en 2 parties illustrant l'état actuel de l'ouvrage et le déroulement des essais est annexé à ce mémoire de même que quelques plans et figures illustrant ce rapport.

**TABLEAU N°1**  
**ANCIEN PORT DE SKIKDA**  
**VARIANTES ETUDIÉES EN BASSIN A HOULE**

N° d'essai	date d'essai	variante étudiée	nbre de tests
1	05/04/94	Profil d'origine + musoir, direction N50°	10
2	06/04/94	Profil d'origine + musoir, direction N26°	9
3	09/04/94	Profil d'origine + musoir, direction N340°	10
4	23/04/94	Profil conforté, variante 1, direction N340°	10
5	24/04/94	Profil conforté, variante 1, direction N26°	10
6	25/04/94	Profil conforté, variante 1, direction N50°	10
7	08/05/94	Profil conforté, variante 2, direction N50°	10
8	17/05/94	Profil conforté, variante 3, direction N50°	10
9	17/05/94	Essai d'endurance, variante 3, direction N50°	4
10	23/05/94	Profil conforté, variante 3, direction N26°	8
11	24/05/94	Essai d'endurance, variante 3, direction N26°	4
12	25/05/94	Profil conforté, variante 3, direction N340°.	10
13	25/05/94	Essai d'endurance, variante 3, direction N340°.	4

## **CHAPITRE 2    CONCEPTION DES DIGUES A TALUS**

### **2.1 Rappel**

La construction d'un port (plaisance, militaire, commerce ou pêche) doit répondre aux objectifs attendus, à savoir :

- Abris des navires contre l'action destructrice de la houle. De ce fait, la réalisation d'ouvrages de protection extérieure au port est nécessaire.
- Ces ouvrages sont :
  - les digues à talus (fig1)
  - les digues verticales (fig2)

La digue à talus est le type le plus ancien et le plus usuel dont le procédé de construction consiste à immerger des blocs naturels en enrochement ou artificiel en béton jusqu'à ce qu'ils émergent. Puis à les couronner par un mur plus ou moins élevé en béton.

La digue verticale, type plus récent est formée d'une muraille verticale posée à grande profondeur. Ce type d'ouvrage ne présente qu'une faible marge de sécurité et sont exposés à une destruction complète en cas de tempête exceptionnelle.

Aussi, le choix du type d'ouvrage à réaliser est conditionné par :

- Ces paramètres économiques : (disponibilité des matériaux, engins de construction, délai d'exécution ....).
- Les paramètres géotechniques : (capacité portante du sol, résistance sous l'effet d'action cyclique de la houle...)

### **2.2 Conception**

Définition et caractéristiques des différents éléments constitutifs.

2.2.1 Le soubassement : c'est un matelas de matériaux de qualité suffisante posé sur le sol de fondation pour remédier aux mauvaises qualités de celui-ci et diminuer ainsi les risques de tassement.

2.2.2 Le noyau: constitue le corps de la digue, formé d'un massif en tout-venant, permet la transition entre le sous bassement en matériaux fins ou le fond naturel et le filtre dont les matériaux sont plus grossiers.

2.2.3 Le filtre : (sous couche) disposé entre le noyau et la carapace, assure la transition entre eux et :

- d'une part, il empêche l'entraînement par l'eau des matériaux fins du noyau.
- d'autre part, il améliore la stabilité de la carapace, par les frottements de leur matériaux, et protège le noyau en attendant la mise en place de la carapace.

Fig 2: Digue verticale.

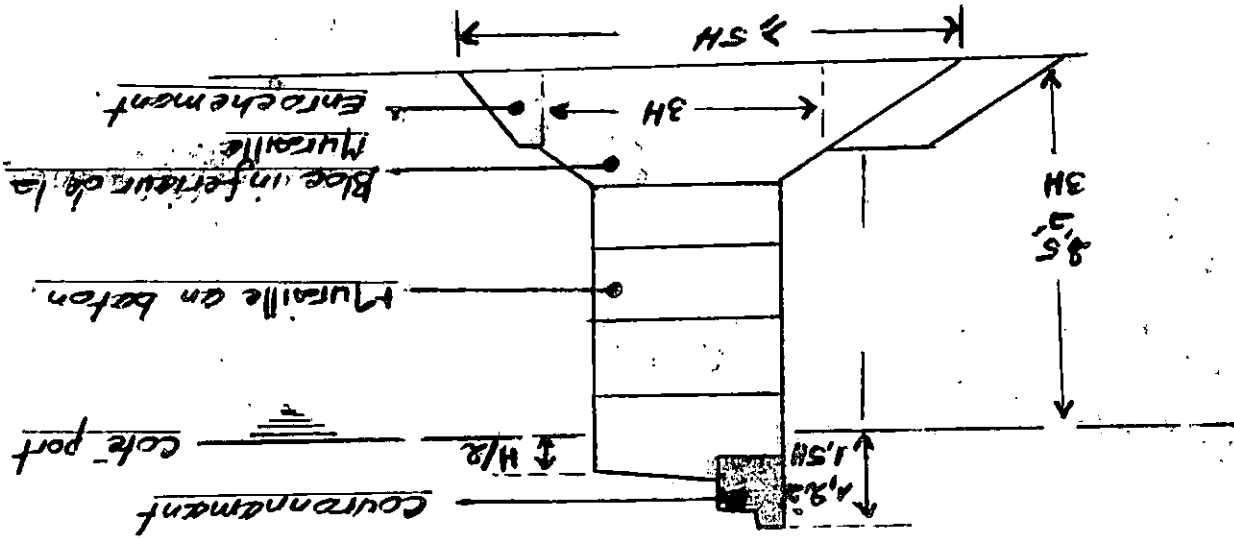
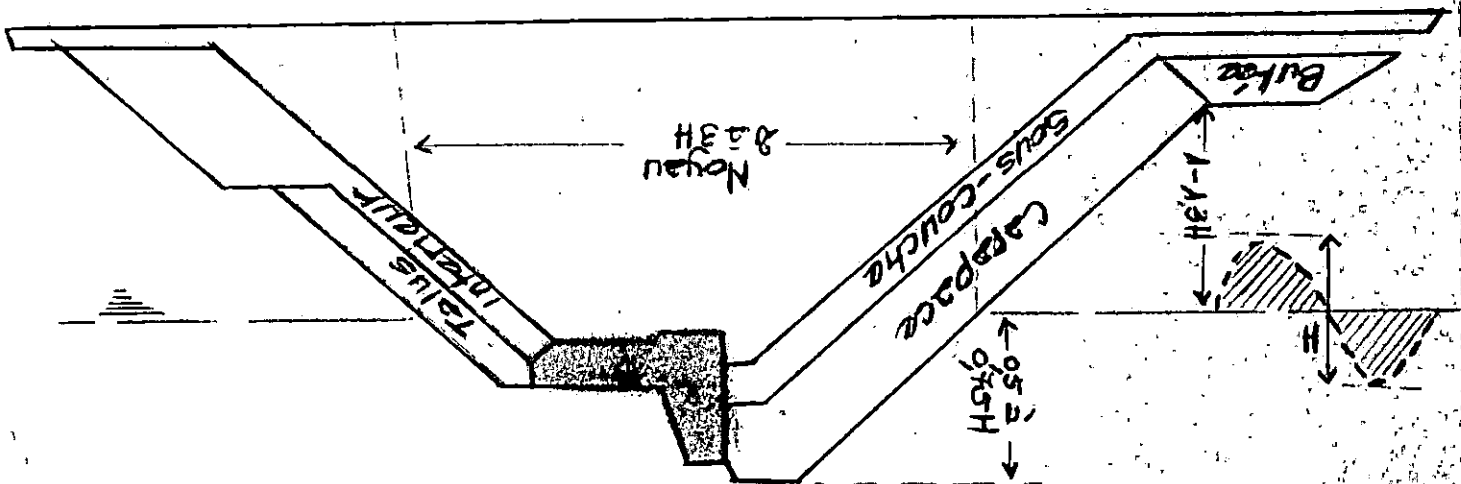


Fig 1: Digue à talus: Profil en travers type.



**2.2.4 La carapace :** elle est constituée d'enrochements naturels ou en blocs artificiels en béton à fort indice des vides (soit 37 à 63%), elle s'oppose directement à l'action de la houle.

**2.2.5 La superstructure: (couronnement)** généralement en béton et d'épaisseur suffisante pour résister aux efforts importants dont elle sera sollicitée. Elle assure les rôles suivants :

- protège la partie supérieure de l'ouvrage.
- comme butée supérieure des blocs de carapace.
- limite les franchissements par la houle.
- permet la circulation (engins, piétons)

**2.2.6 Butée de pied :** en enrochements ou en blocs artificiels, disposée à la partie inférieure de la carapace, car comme l'action de la houle décroît avec la profondeur, il n'est ni utile, ni économique de prolonger la carapace jusqu'au pied de l'ouvrage. De ce fait, la butée de pied permet <sup>d'éviter</sup> le placement de blocs de poids unitaire élevé à une profondeur où leur utilité n'est pas justifiée. Elle assure aussi le blocage verticale de la carapace évitant ainsi son glissement vers le bas.

**2.2.7 Risberme :** généralement facultative constituée par des matériaux disposés devant l'ouvrage pour diminuer la hauteur d'eau et provoquer ainsi le déferlement des houles avant la carapace et permet donc de diminuer le poids unitaire des blocs constituant cette dernière.

## **CHAPITRE 3      DESCRIPTIF SOMMAIRE ET HISTORIQUE DU PORT**

### **3.1 Descriptif sommaire**

L'ancien port de Skikda est situé dans la partie sud de la baie de STORA.

Il est abrité : (fig3a)

- au nord : par une digue de 1625ml qui enracinée à l'est sur la pointe de SKIKDA, s'allonge dans une direction légèrement divergente par rapport à la côte
- à l'est : par le massif de SKIKDA
- à l'ouest : par le mole du château vert.

Le port comprend :

- l'avant port (ou darse2) de superficie 26 hectares.
- le bassin (ou darse1) de superficie 17 hectares.
- séparés par des traverses entre lesquels est aménagée une passe de 90m de large et où les fonds atteignent -9m.

La passe d'entrée large de 100m et où les fonds atteignent -15m constitue l'entrée dans l'avant port (darse2).

Le port présente un plan d'eau de 43 hectares et une surface totale des terres pleines aménagées de 42 hectares.

En 1973, ont été aménagés du côté intérieur de jetée 3 postes pétroliers (p1, p2, p3) avec la suppression de la traverse sud en attendant la construction du nouveau port prévu à l'est du port actuel. (Fig3b)

### **3.2 Historique du port**

3.2.1 Les origines : l'ancienne RUSICADA au temps des romains fût conquise par l'armée coloniale en 1838 où elle édifia la ville de PHILIPVILLE actuellement appelée SKIKDA.

- Le port initialement était constitué d'un débarcadère en charpente, les navires mouillaient en rade de STORA et déchargeaient leurs marchandises sur des chalands qui les transportaient à SKIKDA.
- Les tempêtes de 1841 et 1854 causèrent d'effroyables sinistres.

#### 3.2.2 projet de construction du port:

L'ingénieur BOUTROUX présenta un avant - projet pour la création d'un port en 1857. Il comportait:

- Une grande jetée enveloppant le port à l'Est et Nord.
- Une seconde jetée perpendiculaire à la première fermant le port du coté Ouest avec une passe d'entrée.

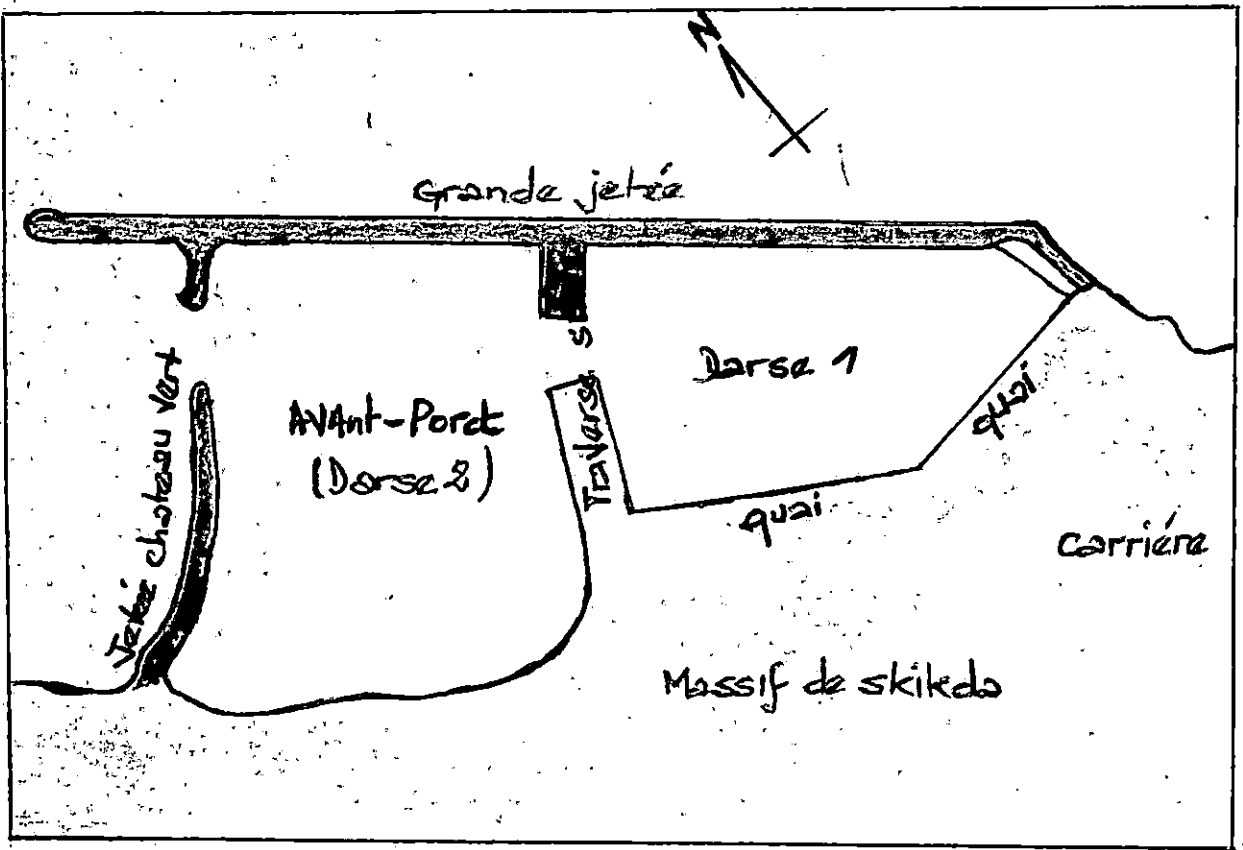


FIG 3a: Plan masse : Port skikda 1907.  
(schema)

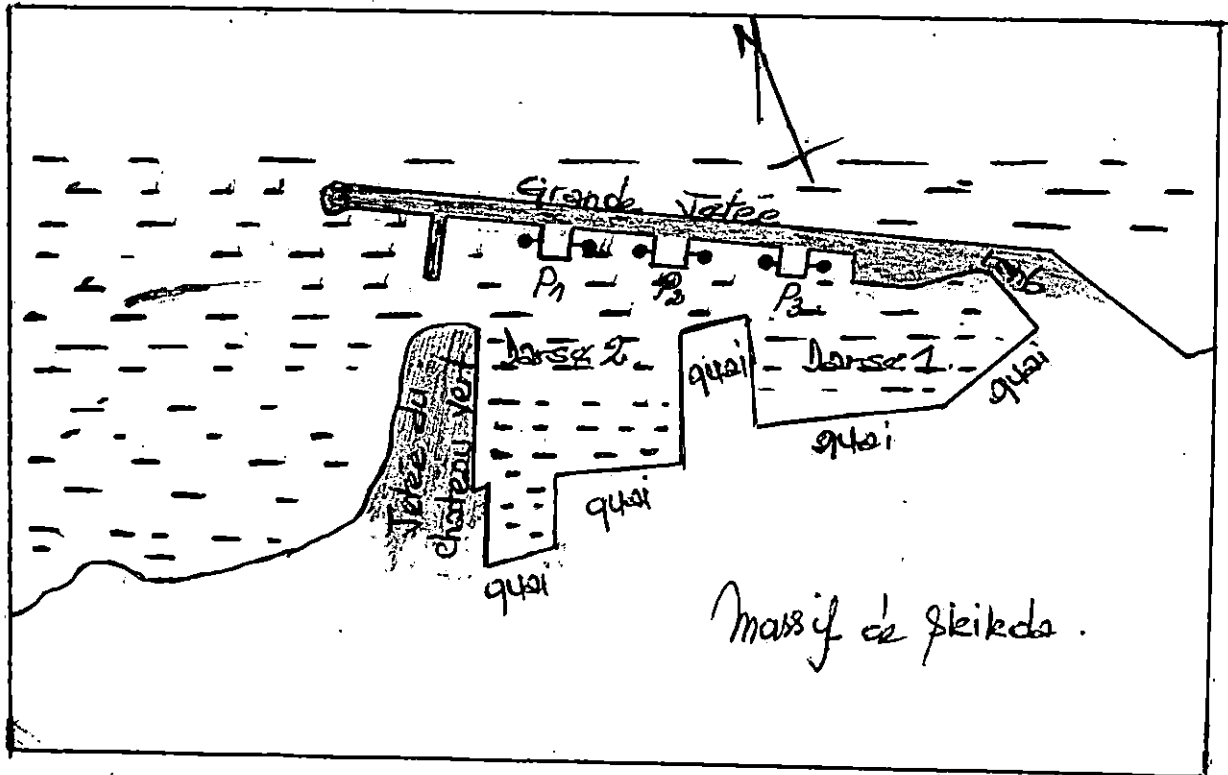


FIG 3b: Plan masse : Etat actuel.

La grande jetée devait avoir une longueur de 1400m et exécutée par des fonds de -15m à -20m.

Les travaux de construction du port débutèrent en 1861.

L'exécution des travaux de la grande jetée s'est faite en 2 phases.

- Celle où les travaux s'exécutaient sur 1400m.
- Celle où les travaux s'exécutaient sur le prolongement de 225m décidé en 1886.

-Construction du premier tronçon de jetée(sur 1400m):

- Un profil initial fut présenté et exécuté en 1861. L'expérience démontra l'insuffisance de ce dernier et les blocs utilisés ( $10m^3$ ) furent remplacés par des blocs de ( $15m^3$ ).

- Ces blocs furent également projetés du côté intérieur pendant les grosses mers (tempête de 1869).

- On réalisa alors un autre profil (profil de Gay) en 1869.

- En 1877, la grande jetée était presque terminée avec le profil Gay. Ce dernier s'était bien comporté jusqu'à la tempête de Décembre 1877 où des blocs ont pivotés autour de leur axe et d'autres ont même disparus, aussi la tempête des 26 et 27 Janvier 1878 fait subir des dégâts très importants à la jetée.

- Suite à ces dégradations très graves, l'ingénieur en chef Mr SALVA proposa un autre profil en 1878 (profil SALVA) décrit comme suit (plan 5).

- Un noyau en T.V.C jusqu'à la côte -8.00m sur lequel reposent des enrochements de 0.1t à 2.1t puis de 2.1 à 4.2t.

- Au dessus de ces enrochements, de la côte -4.00m à +1.00m, on vient poser un mélange de gros enrochements (4-12t) avec des blocs de béton de  $15m^3$ .

- La carapace extérieure est composée de blocs de béton de 36t disposés selon une pente de 3/2 jusqu'à la côte -8.00m pour reposer directement sur le tout-venant.

- La pente du talus arrière est également de 3/2 en partie aérienne et 6/5 en partie sous-marine.

- Enfin, le couronnement est constitué d'un massif important en béton allant de la côte +0.5 à +6.00m.

- Toute fois, le profil SALVA était très critiqué à l'époque par beaucoup d'ingénieurs qui lui reprochait de ne pas avoir élevé les blocs du talus extérieur jusqu'au niveau du mur de garde pour diminuer les franchissements.

Cependant, la tempête du 30 et 31 Décembre 1885 montra qu'il était inutile de renforcer ces talus intérieur et extérieur.

- en 1890, et en tenant compte des critiques du profil SALVA on proposa un autre profil pour le prolongement de la jetée.

### - Construction du prolongement de la jetée (sur 225ml)

La nécessité de ce prolongement a été reconnue dès que la grande jetée fut construite sur 1400ml (1886). Le calme obtenu dans la darse n'était pas suffisant.

Les ingénieurs proposèrent alors de prolonger de 75ml la jetée du Château-vert déjà construite sur 400ml et la grande jetée sur 225ml.

- Mr SALVA proposa un autre profil en 1888 mais n'a pas été retenu.

- L'ingénieur en chef Mr RIBAUCCOUR, successeur de SALVA proposa en 1890 un autre profil tenant compte des remarques faites au profil SALVA. Il fut adopté pour la réalisation sur les derniers 225ml de la grande jetée.

- Les travaux ont commencé en 1891 et terminés en 1897.

Le profil RIBAUCCOUR est décrit comme suit: (plan 6).

- Le corps de la jetée est constitué d'encrochements naturels de type A, B, C, D jusqu'à la côte +0.5m en forme de trapèze.

- La carapace en 3 rangées de blocs armés de  $40\text{m}^3$  partagés entre la côte -3m et +5m.

- Le talus extérieur est composé de blocs artificiels de  $15\text{m}^3$  avec une pente 3/2 jusqu'à la côte -8.50m.

- Le talus arrière est également de pente 3/2 pour la partie aérienne et de 5/4 pour la partie sous-marine.

Le couronnement arasé à la côte +6.00m.

## **CHAPITRE 4 CONDITIONS NATURELLES AU PORT DE SKIKDA**

### **4.1 SITUATION GEOGRAPHIQUE:**

La baie de SKIKDA est comprise entre la pointe Akmes et le Cap de fer distants de 17ml (30Km) sous forme de croissant dont la concavité regarde le Nord et la profondeur de 9ml (16Km).

- Le port de SKIKDA se trouve dans la partie Ouest de cette baie ainsi que le très ancien petit port de STORA .

- La position de ces 2 ports à été choisie, de façon qu'il soient protégés des vents dominants et des houles les plus fortes qui proviennent du secteur Ouest.

### **4.2 LES VENTS ET LES PLUIES:**

- Les vents d'Ouest soufflent principalement de Novembre à Avril, les vents du Nord à Nord-Ouest sont très fréquents en hiver.

- A SKIKDA, c'est en général le mois de Mars qui est le plus mauvais.

- Les vents de nord-est à Est se font sentir de Mai à Octobre, pendant la saison chaude, ils soufflent le plus souvent de façon modéré, mais parfois avec violence pendant un temps très court.

- Les pluies fortes ont lieu en hiver, tandisqu'en été, les précipitations sont dues aux orages.

- La hauteur moyenne annuelle des pluies à SKIKDA est de 700mm, cette hauteur plutôt forte est dû à la proximité des montagnes qui environnent la baie.

### **4.3 DONNEES DE HOULE:**

- Les houles dominantes proviennent d'un secteur compris entre le Nord-Ouest (N340°) et le Nord-Est (N50°).

- Les houles puissantes se réfractent sur les fonds et arrivent presque normalement à la côte, elles déferlent à partir des fonds de 10à20m.

- La direction la plus fréquente des houles est la Nord-Ouest.

- La répartition probabiliste des directions des houles évaluée d'après la répartition des vents est donnée par le tableau suivant:

	NW	N	NE
probabilité relative	1	0.67	0.56

Tableau 3a: Répartition de la direction des houles au port de SKIKDA .

- Aussi le tableau ci-après donne la synthèse des études statistiques et des données disponibles des houles pour les directions NW à NE au large de l'ancien port de SKIKDA..

<b>Période de retour</b>	<b>Amplitude significative Hs(m)</b>
H (1 an)	5.00
H (5 ans)	7.00
H (10 ans)	7.60
H (20 ans)	8.20
H (50 ans)	8.80
H (100 ans)	9.40

Tableau 3b: Données de houle au large de l'ancien port de SKIKDA..  
(rapport final d'APD, LEM, Février 90).

## **CHAPITRE 5    ETUDE DE LA REFRACTION DE LA HOULE**

### **5.1 Généralités**

Un programme a été établi pour l'étude du phénomène de réfraction de la houle sur un site donné. Ce programme appelé " program-refract" fournit le tracé des orthogonales sous forme de tableau de résultats, ainsi que les valeurs des coefficients de réfraction, de Shoaling (dû à la profondeur), de frottement (dû à la rugosité du fond) le long de chaque orthogonale.

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.

- Le programme refract est basée sur les hypothèses suivantes:

- la houle set monochromatique (la période T est constante)
- 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 courbure du globe terrestre est négligé
- 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 houle étudiée se propage en moyenne ou grande profondeur ( supérieur à, 15m).
- la cambrure de la houle étudiée soit faible

La théorie linéaire demande également que la valeur du paramètre d'USELL définie par:

$$U=(HL^2)/h^3 \text{ soit inférieur à } 15$$

H: hauteur de la vague

L: longueur d'onde

h: profondeur

Il est important de souligner qu'en raison des hypothèses simplificatrices que l'on est obligé d'adopter dans la théorie de la réfraction de la houle, les résultats, même obtenus par l'ordinateur ne doivent être acceptés sans un examen critique de l'ingénieur

## 5.2 Résultats de l'étude de réfraction de la houle

Les principaux résultats seront présentés sous forme d'un tableau donnant la direction de houle considérée, la période et le coefficient de réfraction.

Ce tableau lui même est tiré des résultats de l'analyse détaillée de la réfraction, pour chaque tronçon de la jetée en fonction de la direction de la houle au large, de sa période, de l'angle d'incidence, de la profondeur et du coefficient d'URSELL.

Dans notre cas trois directions de la houle sont étudiées; N26°, N50°, N340° avec trois périodes moyennes chacune; 7s, 10s, 13s.

Les résultats de l'étude du coefficient de réfraction près du musoir et la fin de jetée pour ces trois directions sont résumés dans le tableau N°4 suivant.

	N340°			N12°			N45°		
	7s	10s	13s	7s	10s	13s	7s	10s	13s
Musoir	0.42	0.48	0.41	0.94	0.89	0.81	0.88	0.83	0.85
Jetée	0.46	-	-	0.95	0.89	0.88	0.89	0.85	0.93

- Tableau N°4: Ancien port de SKIKDA: coefficient de réfraction.

## 5.3 Conclusions sur l'étude de réfraction: Houle de projet

Il se dégage à la lumière du tableau récapitulatif précédent (tableau N°4), les conclusions suivantes:

- L'ouvrage reçoit la houle provenant du NNE avec un coefficient maximum de réfraction de 0,95 aux profondeurs de -20m pour Tp (période de pointe) de 7s.
- La direction NW (N340°) peu influente sur l'ouvrage. De ce fait, deux directions (N12° et N45°) ont été choisies et étudiées pour déterminer la houle de projet.
- Les tableaux 5a, 5b, 5c, 5d donnent les résultats de la houle au large respectivement près du musoir et en fin de jetée pour les deux directions retenues.

<b>période moyenne</b>	<b>houle au large(m)</b>	<b>profondeur (m)</b>	<b>coefficient de réfraction</b>	<b>houle locale(m)</b>
7s	3	17.2	0.88	2.64
10s	6.5	18.1	0.83	5.39
13s	10	27.6	0.85	8.5

Tableau 5a: Houle au large, direction N45°, près du musoir.

<b>période moyenne</b>	<b>houle au large(m)</b>	<b>profondeur (m)</b>	<b>coefficient de réfraction</b>	<b>houle locale(m)</b>
7s	3	19.1	0.89	2.67
10s	6.5	21	0.85	5.52
13s	10	27	0.93	9.3

Tableau 5b: Houle au large, direction N45°, fin de la jetée.

<b>période moyenne</b>	<b>houle au large(m)</b>	<b>profondeur (m)</b>	<b>coefficient de réfraction</b>	<b>houle locale (m)</b>
7s	3	20.7	0.94	2.82
10s	6.5	23.4	0.89	5.78
13s	10	25.5	0.81	8.1

Tableau 5c: Houle au large, direction N12°, près du musoir.

<b>période moyenne</b>	<b>houle au large(m)</b>	<b>profondeur (m)</b>	<b>coefficient de réfraction</b>	<b>houle locale (m)</b>
7s	3	22.2	0.95	2.85
10s	6.5	20.8	0.89	5.78
13s	10	25	0.88	8.8

Tableau 5d: Houle au large, direction N12°, fin de jetée.

- La houle locale (H) est calculée par la formule suivante:

$$H = HL \times \text{coefficient de réfraction}$$

avec H: houle locale

HL: houle au large

- Pour la houle de projet, on prendra en considération le coefficient de réfraction maximale(0.95), soit donc une amplitude de houle locale ( près de l'ouvrage) maximale de:

$$H_p = HL \times 0.95$$

avec:  $H_p$ : houle de projet

HL: houle au large

et une période moyenne  $T_m = 13s$  soit donc une période de pointe de:

$$T_p = 1.3 T_m$$

soit :  $T_p = 16.9s$  et  $HL = 10m$

donc:  $H_p = 10 \times 0.95 = 9.5m$

- D'autre part, les tableaux 5c et 5d montrent que le musoir et la fin de jetée sont sollicités par une houle maximale de 8.8m et à -25m de profondeur.

- Comme notre musoir ainsi que le tronçon de fin de jetée sont à -20m, on choisie donc une houle de projet  $H_s = 8.00m$ .

- Cette valeur est confirmée par les résultats obtenus par les sondes près de l'ouvrage

pour les 2 directions  $N26^\circ$  et  $N50^\circ$ .

Direction de la houle	$N26^\circ$	$N50^\circ$
Période de pointe	14s	15s
$H_s$ à l'ouvrage	8.41m	8.64m

## **CHAPITRE 6    NECESSITE ET OBJECTIFS DES MODELES REDUITS**

### **PHYSIQUES**

Aujourd'hui, la modélisation trouve son champ d'application étendue à tous les domaines de la technologie.

Longtemps, les ingénieurs négligèrent cet important moyen d'étude, ce n'est qu'au début de ce siècle que cette activité connut son essor et fût universellement reconnue comme telle.

Le modèle réduit physique a été reconnu comme le meilleur outil et parfois le seul pour étudier des phénomènes complexes. Le modèle physique prend en compte toutes les lois physiques qui régissent les phénomènes à étudier.

Ceci étant, l'informatique a permis une nouvelle approche dans l'application des modèles réduits physiques au laboratoire. L'ordinateur joue maintenant un rôle important dans le calcul et l'introduction automatique de certaines données nécessaires à un fonctionnement rapide et rationnel du modèle physique.

#### **6.1 Simulation physique et application à l'hydraulique maritime:**

Le modèle dans sa définition est une représentation d'un objet, d'un état de fait ou d'un événement.

souvent, il existe une similarité entre les paramètres du modèle et les paramètres leurs correspondant en nature.

En clair, le modèle réduit exprime l'idée toute simple de voir en "petit" comment cela se passera en "grand".

En ingénierie maritime, le modèle réduit physique vient au secours du concepteur, pour la résolution de nombreux problèmes qui concernent essentiellement, l'implantation et le dimensionnement des ouvrages de protections.

Dans le domaine de l'ingénierie côtière, les principaux type de modelés sont:

- Modelés à fond fixe: se sont des modelés d'ouvrages de protections construits sur des fonds durs suivant la bathymétrie du site.

- Modelés à fond mobile: ils sont utilisés pour l'étude des transports de sédiments.

Malgré qu'ils ne permettent d'avoir qu'une idée qualitative de ce phénomène, ces essais sont essentiels pour l'étude d'impact d'ouvrages projetés dans les zones sensibles.

Un domaine d'application assez récent est l'étude de création de plages artificielles.

- Autres types de modelés: sont directement liés à l'industrie, mais concernant toujours le dimensionnement d'ouvrages de protections ou d'infrastructures de support. On peut signaler à titre d'exemple: Les prises d'eau et de rejets de centrales thermiques et nucléaires et les platesformes offshore.

## **6.2 Nécessité et objectifs du modèle de stabilité:**

L'objectif principal des essais en modèle réduit de brises lames est de vérifier la stabilité hydrodynamique de l'ouvrage soumis à un climat de houle donné.

D'autres résultats concernant la réflexion, les franchissements, la transmission des vagues ainsi que la constructibilité du brise lame peuvent être obtenus et analysés.

Tout-ça-ci concourt à une implantation et un dimensionnement optimal des ouvrages de protections d'un port où d'autres installations côtières.

Cet aspect est essentiel car d'une part, leur coût représente souvent 50% du montant global des travaux d'infrastructures et d'autre part, leur défaillance risque d'entraîner de graves conséquences économiques sur l'ensemble du port.

## **6.3 Conclusion:**

Il est maintenant admis que les essais sur modèle réduit physique constitue un moyen unique pour le dimensionnement de brises lames en site exposé.

Les dommages causés ces dernières années à plusieurs brises lames à travers le monde ont eu pour conséquence, une nouvelle approche dans la conception de ces ouvrages.

Un effort particulier est à faire pour:

- Une meilleure représentation du climat de houle.
- Une définition précise des procédures essais.
- Une standardisation du degré de dommages.

Une étude de stabilité, si elle doit être complète devra comporter des essais en canal à houle pour la section courante, et en bassin à houle pour l'étude des points singuliers (coude et musoir) et du phasage des travaux.

Enfin, un soin rigoureux du comportement des brises lames récemment construits est à recommander, les mesures et observations acquises permettront de vérifier les résultats des essais sur modèle et de définir éventuellement de meilleures procédures d'essais grâce à une meilleure compréhension de l'interaction houle-structure des brises lames.

## **CHAPITRE 7 RAPPEL SUR L'ETUDE EN CANAL A HOULE**

### **7.1 RAPPEL:**

Une première étude du confortement de la jetée extérieur a déjà été entreprise par le L.E.M en 1988, qui a alors recommandé un premier profil de confortement pour la partie courante.

A cet effet deux profils type ont été testés:

- Le profil type SALVA applicable du pk 0 au pk 1400.
- Le profil type RIBAUCCOUR applicable du pk 1400 au pk 1625.
- Les modèles des profils ont été construits dans un canal à houle de dimension  $(39 \times 1.1 \times 0.6) \text{m}^3$  au C.E.M de Hydra.
- L'échelle du modèle choisie est 1/47.
- La loi de similitude adopter est celle de Froud.
- La pente des fonds marins a été estimée sur la base d'une carte marine au 1/10000 réalisée dans la région en 1973.
- Deux niveaux d'eau ont été réalisés lors des différents tests (le 0.00ZH et le +1.00ZH).
- On présentera dans ce chapitre, les résultats retenus dans les essais sur profil type RIBAUCCOUR relatif au 225 derniers mètres de la jetée (objet de ce rapport).

## **7.2 RESULTATS DES ESSAIS:**

### **7.2.1 Profil de confortement sans surélévation (variante 1)**

Nombre de blocs posés: 100 B.C.R 50t niveau d'eau = +1.00ZH

**Tableau No8**

N° test	Hs(m)	Tp(s)	OBSERVATIONS
1	3.97	9	- Début des franchissements (20%).
2	4.91	10	- Franchissements importants (35%). - Chute de quelques enrochements au niveau de la butée.
3	6.24	11	- Chute d'un B.C.R 50t. - Rocking des enrochements au niveau de la butée. - Augmentation des franchissements (40%).
4	7.37	12	- Chute d'un B.C.R 50t. - Franchissements (50%).
5	8.12	13	-Chute de 4B.C.R 50t . - Nombreux franchissements (70%).
6	8.50	13	- Rocking de 4 B.C.R 50t. - Franchissements très importants. -Talus intérieur: Chute de 4 B.A 36t ( cause des franchissements).
7	8.90	14	- Chute de 4B.C.R 50t. - Enormes franchissements. - Talus intérieur: Chute totale de 12 B.A de 36t.
8	9.07	14	- Chute de 4 B.C.R de 50t. - Légère érosion de la butée. - Enormes franchissements. -Talus intérieur: Cumule de 13 B.A de 36t ( 20% de dégâts).

## **CONCLUSION:**

- Les franchissements sont très importants à partir de H.S. > 4.50m, ils atteignent plus de 50% à partir de H.S. > 7.00m.
- Au niveau de la carapace, les dégâts atteignent 4% (soit 4 chute de B.C.R 50t sur 100 B.C.R posés).
- Le talus intérieur a enregistré des dégâts considérables (soit 20%).

### 8.2.2 Profil de confortement avec surélévation (variante 2)

**Tableau No 9:**

N° test	Hs(m)	Ip(s)	OBSERVATIONS
1	3.97	9	R.A.S
2	4.91	10	- Apparition des embruns.
3	6.04	11	- Franchissements: 30% de l'énergie passe.
4	7.37	12	- 30 à 50% de l'énergie passe.
5	8.39	13	- 60% des franchissements retombent sur le mur de garde et le couronnement
6	8.88	13	
7	9.06	14	- Chute d'un B.A de 36t côté intérieur.

#### **CONCLUSION:**

- Les franchissements sont diminués dû fait de la surélévation du mur de garde.
- La stabilité de la carapace est bonne ainsi que de la butée.

### 8.2.3 Profil de confortement avec surélévation et butée en B.C.R de 5m<sup>3</sup>( variante 3).

Nombre de B.C.R de 12t posés= 340.

**Tableau No 10:**

N° test	Hs(m)	Tp(s)	OBSERVATIONS
1	4.81	9	R.A.S
2	5.49	10	R.A.S
3	6.87	11	- Chute d'un B.C.R 50t au niveau de la carapace.
4	8.48	12	- Observation de rocking au niveau de la carapace.
5	9.62	13	- Plusieurs rocking au niveau de la carapace. - Chute d'un B.C.R 50t.
6	10.08	13	- Chute d'un B.C.R 50t - Chute d'un B.C.R 12t.
7	10.53	14	- Chute de 2 B.C.R 50t. - Chute de 3 B.C.R 12t.
8	8.94	14	- Chute d'un B.C.R 12t.

#### CONCLUSION:

- Les dégâts cumulés au niveau de la carapace sont de 5% soit 5 chute sur 100 B.C.R posés.
- Au niveau de la butée, ils y a chute totale de 5 B.C.R 12t soit 1.5% de dégâts.
- Les franchissements sont importants à partir de Hs = 6.80m.
- On conclusion on dira que le profil ( variante 3) est stable en butée et carapace.

## **CHAPITRE 8 ETUDE DE STABILITE EN BASSIN A HOULE DU MUSOIR DE L'ANCIEN PORT DE SKIKDA**

**8.1 GENERALITES:** Ces modèles utilisent la loi de Rech-Froud qui considère que les forces d'inertie et de gravité dominant par rapport au forces de viscosités.

L'échelle du modèle choisie est 1/60 et répond largement à cette hypothèse.

Les rapports entre les différentes grandeurs physiques nature sur modèle sont comme suit:

- échelle géométrique: 1/60 soit 0.017
- échelle des temps:  $1/\sqrt{60}$  soit 0.129
- échelle des poids:  $1/(60)^3$  soit  $4.62 \times 10^{-6}$
- échelle des accélérations: 1/1 soit 1

Ces modèles sont appelés aussi modèles tridimensionnels. Ils permettent d'étudier la stabilité des digues en mer et particulièrement des musoirs.

Avantages:

- Ils prennent en compte l'attaque des houles obliques qui sont intéressantes pour les efforts tangentiels qui peuvent arracher les blocs de la carapace du musoir.
- Permettent l'étude de l'effet de concentration de l'énergie de la houle sur un endroit particulier de l'ouvrage.
- Permettent une bonne appréciation qualitative des franchissements.
- Permettent l'étude de plusieurs directions de la houle en faisant varier son intensité.

### **8.2 Déroulement des essais :**

Chaque série d'essai consiste en la génération de plusieurs paliers de houle, augmenté par amplitude croissante jusqu'au déferlement ou destruction de l'ouvrage. Chaque palier est caractérisé par la hauteur significative ( $H_s$  de la tempête simulée ainsi que par sa période de pointe ( $T_p$ ). Cette période correspondant à la densité spectrale d'énergie maximale sera adaptée en fonction de la hauteur significative ( $H_s$ ) de la houle et variera en principe de 8s à 15s (voir graphe  $H_s=f(T_p)$  en Méditerranée) (fig 4).

- la durée de chaque test est d'environ 1h30s en nature (soit 12min en modèle)
- la série de test a une durée de l'ordre de 15h en nature (10 tests en moyenne en modèle)
- chaque essai comporte une série de tests qui seront exécutés conformément à la feuille de test préalablement établie lors de l'essai de calibration. (voir feuille de test) (Tableau 11).
- l'essai sera poursuivi si possible jusqu'à destruction pour apprécier la marge de sécurité où la réserve de stabilité de l'ouvrage.

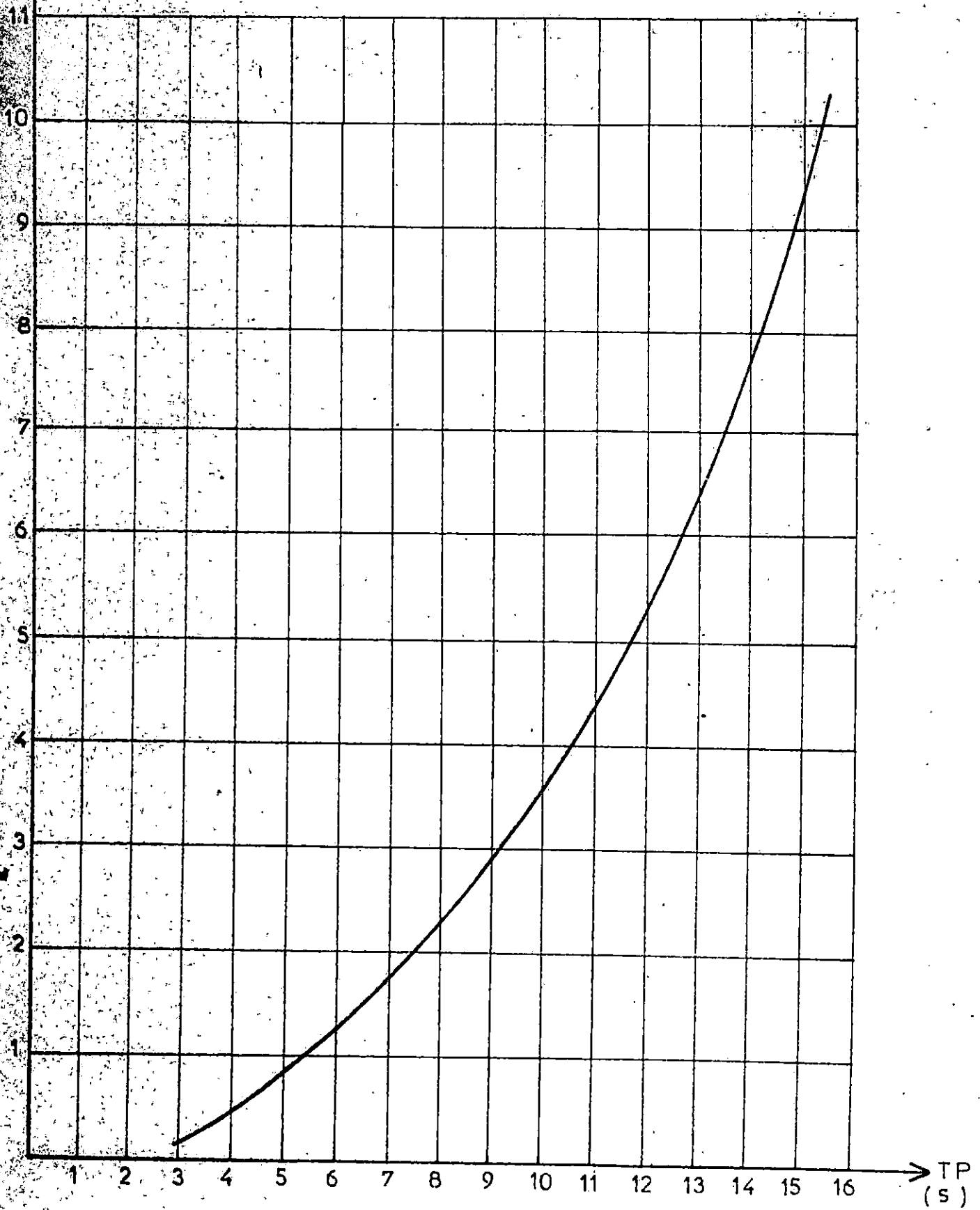


FIGURE 4. RELATION HS EN FONCTION DE TP EN MEDITERRANEE.

- les essais sont effectués avec les 3 directions de houle les plus défavorables choisies précédemment (N26°, N50°, N340°) dans un bassin de dimension (27x20x0.8)m<sup>3</sup>. Situé au centre essai sur modèle (C.E.M) à Hydra.

### **8.3 Observations pendant les essais:**

Pendant le déroulement des essais, les paramètres suivants sont observés:

- Les franchissements: leur importances, leur fréquences et leur position de chute.
- Les dégâts: observés est estimés sur chaque partie de l'ouvrage. (carapace, butée, talus intérieur, musoir)

Par convention, un dégât est considéré comme tel si un bloc a eu une chute où déplacement supérieur à sa dimension.

Le rocking est le basculement où le pivotement d'un bloc sur place sous l'effet de la houle.

Le pourcentage des dégâts est définie comme étant le nombre de blocs ayant chutés lors des essais, par rapport au nombre de blocs total posés.

Les dégâts sont déclarés acceptables s'ils sont inférieur à 2% au niveau du musoir et à 5% au niveau du profil courant.

Les observations seront portées notamment sur:

- Les dégâts causés à la carapace et au musoir.
- La tenue de la butée, y compris son érosion où son tassement.

# ETUDE DE STABILITE DU MUSOIR DE L'ANCIEN PORT DE SKIKDA.

Echelle: 1/60.

## FEUILLE DE TEST.

Tableau No 11

N° test	out put	Tp (m)	Hs (m)	v (cm/s)	v/5
1	2	10	2.40	19.98	3.99
2	3	11	2.92	18.17	3.63
3	4	11	3.90	18.17	3.63
4	5	12	4.63	16.65	3.33
5	6	12	5.60	16.65	3.33
6	7	13	6.57	15.37	3.07
7	8	13	7.55	15.37	3.07
8	9	14	8.27	14.27	2.85
9	10	14	9.00	14.27	2.85
10	11	15	9.73	13.32	2.66

### LEGENDE:

output: Energie du signal électrique.

Tp: Période de pointe.

Hs: Amplitude significative correspondante.

v: Vitesse de déroulement de la bande, indiquant la période de pointe choisie.

- La stabilité des blocs ou enrochements du talus arrière sous l'effet des franchissements.

Avant, pendant et après les essais des prises de vue à l'aide d'appareil photographique sont prises pour illustrer les dégâts, l'état de l'ouvrage ou l'importance des franchissements.

De même que quelques séquences des essais sont filmées à l'aide d'une camera-vidéo pour permettre à l'administration et au L.E.M de garder en archive le déroulement des essais pour une visualisation ultérieure.

#### 8.4 Construction du fond et du modèle.

- Les fonds ont été construits à partir de la côte -28m jusqu'à la côte -10m conformément à la carte marine au 1/10000 de la baie de SKIKDA. (voir plan bathymétrique du modèle) (Fig. 9).

- Les lignes bathymétriques ont été représentées tous les mètres à l'aide d'armature métalliques calées chacune à la côte voulue.

- Les fonds ont été construits en sable de mortier de ciment de 5Cm d'épaisseurs.

- La maquette de l'ouvrage est construite dans le bassin vide par une mise manuelle des différents enrochements et blocs artificiels.

- Avant la mise en place de ces matériaux, des gabarits représentant la géométrie des profils considérés sont placés afin de mieux régler les côtes et les pentes des éléments constituant l'ouvrage, puis retirés à la fin de la construction de ce dernier.

- Un modèle du profil type RIBAUCCOUR tel que décrit dans le chapitre 3, a été construit à l'échelle choisie (1/60) en tenant compte des échelles géométriques et des poids en appliquant la loi de Froude.

- Du fait de l'utilisation de l'eau douce en modèle (densité 1g/Cm) et la densité de l'eau de mer (en nature) est de 1.028g/Cm, une correction sur les poids des éléments est opérée selon la méthode présentée ci-après:

- Le nombre de stabilité de Hudson doit être le même en nature qu'en modèle.

$N_s = (H_s^3 \delta_s) / w (\delta_s / \delta_w - 1)^3$  où  $N_s$ : nombre de HUDSON

$\delta_s$ : densité des blocs ou enrochements (en t/m<sup>3</sup>)

$H_s$ : houle significative (en m)

$\delta_w$ : densité de l'eau (en t/m<sup>3</sup>)

$w$ : poids des blocs en enrochements.

- La résolution de l'équation  $N_s(\text{modèle}) = N_s(\text{nature})$  donne pour les enrochements (même en modèle qu'en nature) une diminution de leurs poids en modèle de 13%.

La correction pour les blocs artificiels est faite en jouant sur la densité en modèle qui est de 2.27t/m<sup>3</sup> au lieu de 2.4t/m<sup>3</sup> en nature. Ce qui correspond à cette baisse de 13% des poids en modèle.

**Tableau 6:** Correspondance des matériaux utilisés.

Nature des matériaux	Poids(nature)	Poids(modèle)
T.V.C	0-100kg	non simulé
Enrochements	(0.1-2.1)t	(0-9.72)g
Enrochements	(3-6)t	(14-28)g
Enrochements	(5-8)t	(23-37)g
Enrochements	(4.2-12)t	(19-55)g
B.C.R 5m <sup>3</sup>	12t	55g
B.C.R 15m <sup>3</sup>	36t	167g
B.C.R 21m <sup>3</sup>	50t	231g
B.C.R 32m <sup>3</sup>	76t	352g
B.A 40m <sup>3</sup>	96t	444g

## 8.5 Conduite des essais

**8.5.1 Génération de la houle :** dans le bassin, la houle est générée par deux batteurs plans commandés par un générateur électronique de houle utilisant une bande perforée d'enregistrement de houle effectué sur la côte centre algérienne entre les Issers et Cap Djanet. Le spectre d'énergie de l'enregistrement effectué en nature est représenté en fig10. Les périodes et amplitude désirés dans le modèle peuvent s'obtenir par variation de la vitesse de lecture de la bande et par amplification du signal de sortie (output).

**8.5.2 Enregistrement de la houle :** l'enregistrement de l'amplitude significative de la houle dans le bassin, s'effectue par capteurs de houle (appelé sonde) ils sont basés sur le principe de la conductivité électrique entre deux électrodes. Le traitement de l'enregistrement est effectué par un micro processeur relié aux différentes sondes et à une imprimante. Un exemple de sortie de mesure est donné ci-dessous (test n°8, calibration du musoir).

- la 1ère colonne indique le numéro de sonde (CH)
- la 2ème colonne indique le nombre total de vagues (waves)
- la 3ème colonne indique la plus grande vague enregistrée (1)
- les autres colonnes indiquent les hauteurs de vague successives par ordre décroissant.
- l'avant dernière colonne indique la moyenne des hauteurs de vagues enregistrées (MEAN)
- Enfin la dernière colonne indique la racine quadratique des hauteurs de vague (R.M.S)

### 8.5.3 Détermination de Hs

Le calcul de Hs s'établit alors comme suit :

$$H_s = 4 \times \alpha \times R.M.S$$

S Densité spectrale normalisée

30

25

20

15

10

5

0

Caracteristiques de la houle

Hrms	:	0.92
Hs (m)	:	3.46
Hmax (m)	:	6.56
Tz (s)	:	7.17
TP (s)	:	10.20

Fréquence

0.05 0.1 0.15 0.20 0.25 0.30 0.35 0.40

S 40 20 15 12 10 9 8 7 6 5 4 3.5 3 2.5

Spectre d'une houle enregistré au large des Issers

FIGURE 10 : Type de spectre utilisé pour la generation de la houle

$\alpha$  est un facteur lié au gain de calibration de chaque sonde il est calculé comme suit:

$$\alpha = (h/n) \times \lambda = m/v$$

avec h: hauteur d'eau choisi pour le déplacement vertical de la sonde; ici  $h=5\text{cm}=0.05\text{m}$

$\lambda$ : échelle du modèle ici  $\lambda = 60$

n: gain de la sonde en volt ou lecture pour  $h=5\text{cm}$ .

Le gain pour chaque sonde est donné dans ce tableau après calibration:

sonde	h(cm)	n(volt)	$\alpha(m/v)$	$4\alpha$
1	5	0.96	3.12	12.48
2	5	1.05	2.85	11.4
3	5	1.09	2.75	11

Ainsi si on reprenait l'exemple de sortie de données cité précédemment, le R.M.S pour la sonde 1 est égal à 0.603volt et le  $\alpha$  lui correspondant est 3.12 d'où  $HS=4 \times 3.12 \times 0.603=7.55\text{m}$ .

*Exemple de sortie de résultats sur imprimante.  
calibration du musoir, test n°8*

```
TEST: 00000
DATE: 26 FEVRIER 1974
NAME: SKINDR H.F CALIBRATION MUSOIR
```

```
NUMBER OF CH.ORA 32 : 04
ORA NUMBER FFT : 04
SAMPLES/SEC/CH : 0700
TIME (HOURS MIN SEC): 00 10 00
THRESHOLD LEVEL (MV): 0000
```

PRUN 1 W

```
CH TIME ERROR
04 00 01 27.5
TIME - 00 10 00
```

```
CH WAVES. 1 2 3 4 5 6 7 8 10 15 20 30 50 MEAN RMS
01 00473 421 371 363 357 351 347 337 332 320 308 293 277 250 1560 0605
02 00467 371 367 353 351 332 332 332 328 316 300 296 277 261 1628 0624
03 00488 362 371 367 351 351 337 332 328 324 316 300 289 269 1619 0600
04 00000
```

*7.55*

END 1 W

## 8.6 Présentation des résultats des essais

### 8.6.1 Profil d'origine

Direction Nord 50

niveau: 0.00ZH

date: 05-04-94

durée : 15h(nature)

côte d'arase: +6.50m

Nombre blocs posés

natures	36t	76t	96t	total
partie courante	501	66	96	659
côté intérieur	0	68	0	68
musoir	149	8	20	177

**total des blocs posés 904**

**Tableau 12:**

N°test	Hs(m)	Tp(s)	OBSERVATIONS
1	2.35	10	Profil stable
2	3.14	11	Profil stable
3	4.32	11	-Chute de 2 BA 36t le long des profils p65-p68 -Rocking d'un BA 36t le long des profils p68-p70. -Au musoir : chute d'un BA 36t au niveau de p1 coté extérieur.
4	5.11	12	-Chute de 7 BA 36t ensemble le long de p65-p68, et 8 BA 36t le long de p72-p74. -Début de franchissement le long de la jetée. -Au musoir: chute d'un BA 36t au niveau de p1 coté extérieur
5	5.89	12	-Chute de 20 BA 36t successifs dont 5 atteignent le fond le long de p70-p72 ainsi que 2 le long des profils p72-p74. -Augmentation des franchissements le long de la jetée. -Au musoir: rocking d'un BA 36t au p1 coté extérieur et d'un autre au p1 coté intérieur. -Talus intérieur: légère érosion des enrochements de 4-12t par les franchissements répétés entre le profil p68 et p70.
6	6.49	13	-10 BA 36t glissent puis gagnent le fond au p65-p68 et chute de 8 autres le long des profils p70-p72. -Glissement d'un BA 96t au p65-p68 et d'un autre le long des profils p72-p74. -Important franchissement entre p65-p72 est plus élevé entre p70-p74. -Au musoir: chute de 2 BA 36t au p2 coté extérieur et rocking de 2 autres au niveau de p2 coté intérieur. -Talus intérieur: chute de quelques enrochements de 4-12t au niveau de p68-p70

7	7.27	13	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Glissement de 7 BA 96t le long des profils p65-68.</li> <li>-Bascule de 3 BA de 96t et glissement de 5 autres le long de p68-p70.</li> <li>-Déplacement d'un BA 76t au niveau des profils p70-p72</li> <li>-Franchissement très important sur tout le long des profils p68-p70 et p72-p74.</li> <li>-Au musoir: rocking d'un BA 36t et chute d'un autre au niveau de p1 coté extérieur, et chute de 10 autres ainsi qu' un rocking de 5 au niveau de p1 coté intérieur.</li> <li>-Talus intérieur: début d'érosion avec chute de quelques enrochements de 4-12t au p72-p74 favorisés par la proximité du musoir.</li> </ul>
8	8.06	14	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Les franchissements sont très importants surtout aux p65-p68 et p72-p74.</li> <li>-Chute de plusieurs BA 36t le long des profils p68-p70 et p72-p74.</li> <li>Au musoir: chute de 3 BA 36t et rocking de 6 autres au p2 coté extérieur.</li> <li>-Chute de 11 BA 36t et glissement de 4 de 96t au p2 coté intérieur.</li> <li>Glissement de 8 BA 96t ainsi qu'un rocking de plusieurs de 36t au p1 coté intérieur.</li> <li>-Talus intérieur: légère inclinaison vers la bas de 3 BA 76t puis basculement de 2 au p70-p72.</li> <li>-Chute de plusieurs enrochements de 4-12t et étalements de plusieurs autres sur les enrochements de 2-4t au niveau des profils p68-p70 et entre p72-p74.</li> </ul>
9	8.42	14	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Déplacement de plusieurs BA 76t de quelques cm au niveau des profils p65-p70, ainsi qu'entre p70-p72 et p72-p74.</li> <li>-Glissement important de 4 BA 96t le long des profils p70-p72.</li> <li>-Au musoir: glissement de 13 BA 96t vers le bas et déplacement de 2 autres vers l'intérieur au p1 coté extérieur.</li> <li>-Glissement de 4 BA 96t au p2 coté extérieur.</li> <li>-Chute de tous les BA 36t ainsi que le glissement de 7BA 96t au p2 coté intérieur et glissement de plusieurs de 96t au p1 coté intérieur.</li> <li>-Talus intérieur: importante érosion au p72-p74.</li> </ul>
10	8.64	15	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Chute de quelques BA 36t le long de la carapace et stabilité des autres en une seule couche.</li> <li>-Chute de 3BA 96t au p65-p68 et mise à nu totale de la partie supérieure de la carapace par le départ de tous les BA 96t au niveau de la limite des profils p68-p70.</li> <li>-Décalage de 11BA 76t au p68-p70 et glissement de 4 autres le long de p70-p72 et de 4 autres entre p72-p74.</li> <li>-Léger basculement puis glissement de quelques cm de 7BA 96t au p72-p74.</li> <li>-Au musoir glissement de tous les BA 96t et chute de plusieurs de 36t au p1 coté extérieur.</li> <li>-Chute de 4BA 96t au p2 coté intérieur ce qui a favorisé l'érosion, la mise à nu et l'étalement des enrochements de 4-12t de la partie supérieure.</li> <li>-Basculement puis déplacement vers l'intérieur de tous les BA 96t au niveau de p1 coté intérieur ainsi que l'étalement des enrochements de 4-12t.</li> <li>-Talus intérieur: déséquilibre total dans la distribution des enrochements naturels 4-12t au p68-p70 et chute de plusieurs au p70-p72 et p72-p74.</li> <li>-Adoucissement de la pente le long des profils p70-p74.</li> <li>-Déséquilibre sur place de 4 BA 76t au p72-p74 et déplacement de 2 autres au p70-p72.</li> </ul>

**Conclusion:**

- Les franchissements notables ont été observés pour des houles supérieurs à 6.00m.
- Les chutes de BA de 36t ont commencés pour des houles supérieures à 4m, même observation au niveau de la carapace qu'au musoir.
- A partir des houles supérieurs à 7.00m, le musoir est complètement dégamie de ses blocs. Ainsi qu'une érosion massive du talus intérieur localisée entre les profils p70 et p74.

### 9.6.2 Profil d'origine

Direction N26°

date : 06-04-94

durée : 15h(nature)

niveau d'eau: 0.00zh

côte d'arase: +6.50m

Tableau No 13:

N° test	Hs(m)	Tp(s)	OBSERVATIONS
1	2.24	10	Aucun changement notable
2	3.08	11	Profil stable
3	4.10	11	- Début des franchissements au niveau des profils p72-p74, parfois ailleurs mais nul au niveau des profils p65-p68.
4	4.92	12	-Les BA 36t sont stable en une seule rangée le long de la jetée.
5	5.95	12	-Augmentation des franchissements entre p72-p74 et p68-p70 et parfois sur toute la longueur de la jetée.
6	6.56	13	-Déplacement de 5BA 96t entre p65et p68 ainsi qu'un glissement important de 6BA 76t au niveau des profils p68-p70, et chute de 2BA de 96t jusqu'au fond au niveau des profils p72-p74. -Franchissements important surtout entre p68-p70 et p72-p74. -Au musoir: déplacement de quelques cm d'1BA 96t au p1 côté int. -Talus intérieur: début de l'érosion des enrochements de 4-12t ainsi qu'un déséquilibre sur place de 3BA 76t au p72-p74.
7	7.59	13	-Chute d'un BA 96t entre p65etp68. -Important glissement de 4BA 96t suivi de 3BA 76t entre p72-p74. -Franchissements très importants le long de la jetée et légère agitation des eaux intérieur à proximité du musoir. -Talus intérieur: léger recul de 3BA 76t localisé à la limite du tronçon p70-p72.
8	8.41	14	-Déplacement vers le bas de tout les BA 96t de quelque cm entre p72-p74. -Talus intérieur: chute de tout les BA 76t entre p70-p72, ce qui a provoqué un recule notable (≈ 2cm) du mur de garde entre p72-p74, ce dernier est retenu ensuite par 2BA 96t situés au p1 côté int du musoir.
9	9.02	14	-Talus intérieur: recule de plusieurs cm de tous les BA de 76t entre p70-p74, avec la chute de 3BA provoqué par le recule brusque du mur de garde entre p70-p74. - Arrêt des essais pour cause : Destruction totale du mur de garde côté musoir.

**Conclusion:**

- Franchissements de grande importance et fréquent à partir de  $H_s=6.00m$ ; parfois violants.
- Destruction total du profil (d'origine) au 8ème essai (houle  $H_s=8.00m$ ) avec déplacement important du mur de garde des 40 derniers mètres du tronçon de jetée vers l'intérieur.
- On notera que le profil intérieur a été complètement érodé progressivement à partir de  $H_s=6.50m$ .

### 9.6.3 Profil d'origine.

Direction N340°

Date: 09-04-94

Durée: 15h (nature)

Niveau d'eau: 0.00ZH.

Côte d'arase: +6.50m

Tableau No 14:

N° test	Hs(m)	Tp(s)	OBSERVATIONS
1	2.02	10	Aucun changement notable
2	2.83	11	Profil stable
3	3.85	11	Léger franchissement constaté entre p72 et p74
4	3.65	12	-Augmentation des franchissements allant jusqu'au p68-p70 avec une faible agitation des eaux intérieures de la partie proche du musoir.
5	5.07	12	-Élévation des franchissements au niveau de p72-p74 puis diminution progressive pour venir s'annuler au p68-p70
6	6.29	13	-Renversement sur place de 2BA de 76t au p72-p74 forte agitation des eaux intérieures par contournement direct du musoir par la houle -Au musoir: mise en mouvement d'un BA de 76t provenant du couronnement intérieur proche de p1 côté intérieur du musoir. -Talus intérieur: chute d'un BA de 76t et déplacement de 3 autres au p70-p72.
7	6.89	13	-Inclinaison de 5 BA de 76t vers le côté d'enracinement de la jetée et reposant ensuite les uns sur les autres au p68-p70 de même pour 3BA de 76t et de 2BA de 96t entre p70-p72. -Chute de quelques BA de 36t restés en 2ème position entre p72-p74. -Léger recul du mur de garde entre p70-p74. -Au musoir: renversement d'un BA de 76t et rocking de 2 autres au niveau du profil p1 et p2 côté intérieur. -Talus intérieur: chute de 3BA de 76t au niveau des profils p70-p72
8	8.11	14	-Franchissements très élevés le long de la jetée. -Déséquilibre puis recul brutal de quelques cm du mur de garde entre p72-p74 dû à l'affouillement des enrochements de 4-12t sous ce dernier. -Au musoir: étalement de tous les types de BA sur la faible pente entre les profils p1 et p2 du côté intérieur du musoir. -Talus intérieur: chute de 4BA de 76t ainsi que 4 de 36t entre p70-p72. -Reprise de l'érosion du talus intérieur à proximité du musoir.
9	8.72	14	-Renversement de 5BA de 76t. -Chute de 2 autres et d'1BA de 96t entre p68-p70. -Glissement de 2BA de 96t au p72-p74. -Affouillement accéléré sous le mur de garde ce qui a provoqué un léger tassement de ce dernier -Au musoir: déplacement et transport par la houle de 2BA de 76t qui viennent frapper le mur de garde puis ils chute vers l'intérieur au niveau du profil p1 côté intérieur du musoir. -Étalement de tous les types de BA en une seule couche sur le talus intérieur du musoir. -Talus intérieur: chute de 2BA de 76t ainsi qu'un renversement de 2 autres entre les profils p68-p70.
10	9.32	15	-Au niveau des profils p68-p70 toute la partie courante côté ext est dégarnie avec le départ des BA de 76t du couronnement et chute d'un BA de 96t entre les profils p72-p74. -Au musoir: chute d'1BA de 96t jusqu'au fond et déplacement de tous les autres légèrement vers l'intérieur au niveau du profil p1 côté int .A la fin de l'essai 10, la partie supérieure du musoir est complètement dégarnie et les enrochements de 4-12t se sont étalés sous forme de plate forme.

**Conclusion:**

- Les franchissements et les dégâts notables pour cette direction ont apparus au 6<sup>ème</sup> essai (Hs=6.29m) avec étalement de toutes les catégories de blocs et au niveau de toutes les parties de l'ouvrage.
- Le profil d'origine est instable à partir de Hs=6.50m.

#### **8.6.4 Estimation des dégâts:(voir tableau récapitulatif N°7)**

Le % de dégâts cumulés = Nbre de blocs ayant chutés / Nbre total posés

- Le Nbre total de blocs posés est estimé à 904, dont:

-116 BA 96t.

-142 BA 76t.

-650 BA 36t.

- Le Nbre de blocs ayant chutés est estimés à 496.

Et cela lors des essais sur les trois directions (N26°, N50°, N340°).

Donc: le % des dégâts cumulés =  $(496/904) \times 100 = 54.86\%$ .

Cela pour des houles voisines de Hs=8.50m.

- Les dégâts sont réparties comme suite:

- Au niveau du profil extérieur(carapace):

- Nbre de blocs posés=659 dont: 501 BA 36t

66 BA 76t

96 BA 96t

- Nbre de blocs ayant chutés=290.

Donc le % de dégâts D=  $(290/659) \times 100=44\%$ . ( voir fig 11)

- Côté intérieur:

- Nbre de blocs posés= 68 de BA 76t

- Nbre de blocs ayant chutés =19.

Donc: D =  $(19/68) \times 100= 27.94\%$ .

- Au niveau du musoir:

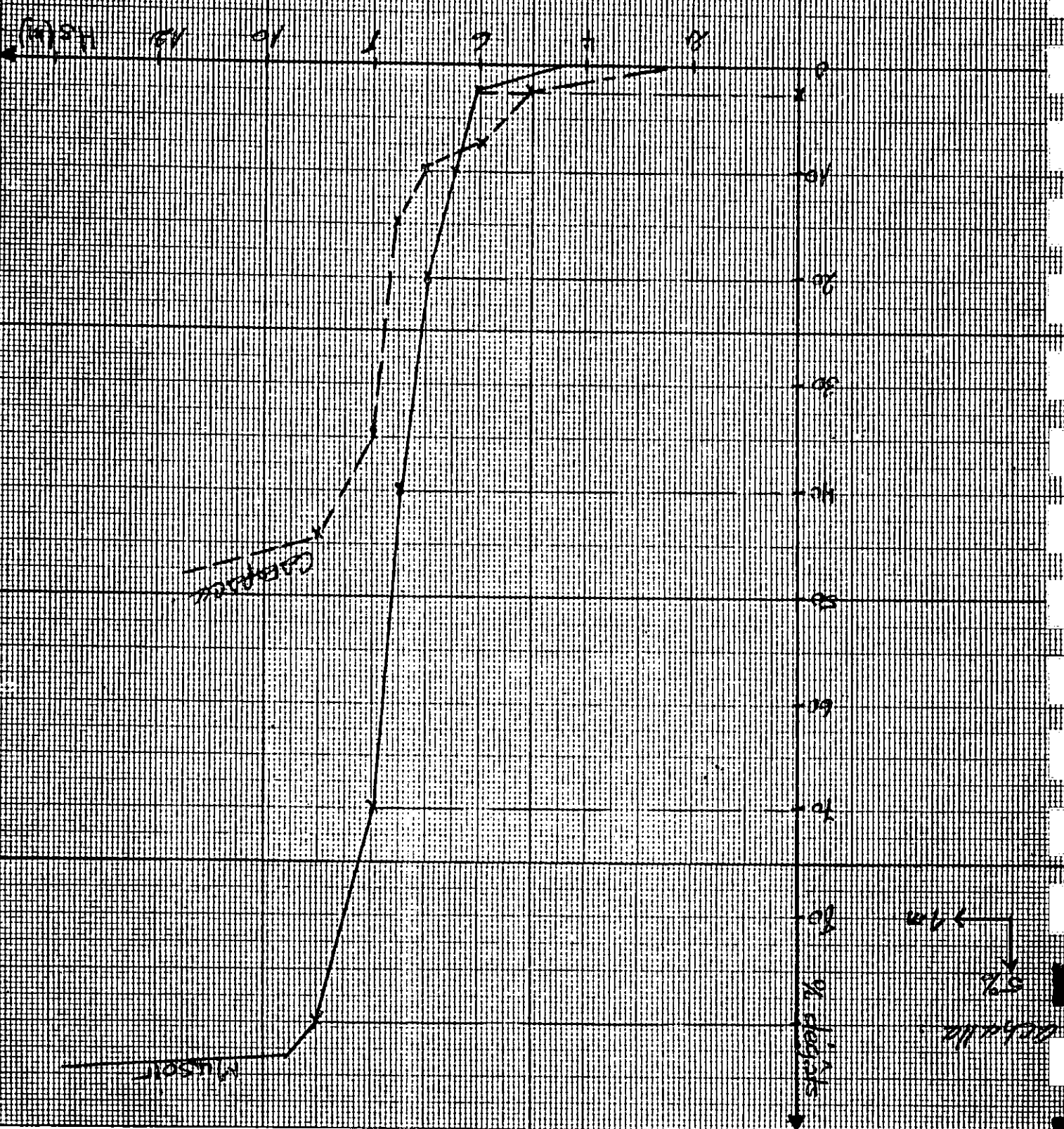
- Le Nbre de blocs posés = 177 de BA 36t, 76t, 96t.

- Le Nbre de blocs ayant chutés = 163.

Donc: D =  $(163/177) \times 100 = 92.09\%$ . (voir fig 11 ).

Ancien port de SUREM  
 direction N10, N50 et N100  
 Lignes Profil d'origine  
 La présentation graphique des lignes

Figure 11



## Ancien port de SKIKDA

### Profil d'origine

#### Tableau N°7: Tableau récapitulatif

Dégâts cumulés suite aux essais des directions: N26°, N50° et N340°

NB: Le rapport  $n/n'$  =(Nbre de blocs ayant chutés)/ (Nbre de blocs posés)

Nature des matériaux utilisés	p65 au p68		p68 au p70		p70 au p72		p72 au p74		musoir			
	int	ext	int	ext	int	ext	int	ext	p1 ext	p2 ext	p1 int	p1 int
B.A 36t (15m <sup>3</sup> )	0/0	98/154	0/0	62/109	0/0	49/101	0/0	81/137	24/30	32/32	53/53	34/34
B.A 76t (32m <sup>3</sup> )	0/17	4/24	7/17	5/16	8/17	0/19	4/17	1/7	0/2	0/2	0/2	0/2
B.A 96t (40m <sup>3</sup> )	0/0	9/23	0/0	1/23	0/0	0/23	0/0	4/23	5/5	5/5	5/5	5/5
Enr naturels (2-12)t	*	E	T	A	L	E	M	E	N	T	*	*
T.V.C	*	E	T	A	L	E	M	E	N	T	*	*

#### 8.6.5 Description du profil de confortement: (Variante 1):

##### Côté extérieur:

- Construction d'une butée en enrochements de 5 à 8t à -15m de profondeur qui reposera sur l'assise en T.V.C existante .
- Rechargement de la carapace du talus extérieur et du musoir par des B.C.R de 50t à la côte 5.50m et la pente 3/2.
- Surélévation du mur de garde à la côte +9.50m avec du mortier de ciment coulé sur place.

9.6.6 Profil conforté: (Variante 1).

Date: 23-04-94

Durée: 15h (nature)

Niveau: +1.00ZH

Côte d'arase: +9.5m

Direction N340°

Blocs utilisés:	36t	96t	50t	total
Partie courante:	327	67	633	1027
Musoir:	74	12	295	381

**Blocs total posés 1408**

**Tableau No 15**

N° test	Hs(m)	Tr(s)	OBSERVATIONS
1	1.95	10	R.A.S
2	3.02	11	R.A.S
3	3.88	11	R.A.S
4	4.75	12	R.A.S
5	5.61	12	R.A.S
6	6.27	13	Début de franchissement entre le p70 et p74
7	7.13	13	Léger franchissement le long de la jetée
8	8.21	14	Chute de 2 B.C.R au niveau du p1 côté intérieur du musoir
9	9.07	14	important franchissement le long de la jetée Chute d'un B.C.R de 50t entre le p72 et p74 <u>Au musoir</u> : chute de 3 B.C.R de 50t au niveau du p1 côté intérieur et rocking d'un autre au même endroit.
10	9.72	15	Les franchissements restent importants et parfois élevés entre le p66 et p72. <u>Au musoir</u> : importantes chutes de 15 B.C.R 50t au niveau du p1 côté int et de 2 autres au niveau du p2 côté int.

**Conclusion:**

Les franchissements sont enregistrés à partir de  $H_s > 8m$ , ainsi qu'un début de dégradation du côté intérieur du musoir.

Cette direction  $N340^\circ$  a été influente sur le musoir surtout côté intérieur par la chute à la fin des essais de 22B.C.R 50t et la localisation d'un trou complètement dégarnit au niveau de la partie supérieur du musoir (Dégâts localisés).

Le côté extérieur reste stable ainsi que le talus intérieur où on a enregistré une légère érosion des enrochements 5-8t de la butée.

9.6.7 Profil conforté (Variante 1):

Direction N26°

Date: 24-04-94

Durée: 15h(nature)

Niveau: +1.00ZH

Côte d'arase: +9.5m

**Tableau No 16:**

N° test	Hs(m)	Tp(s)	OBSERVATIONS
1	1.95	10	R.A.S
2	3.02	11	R.A.S
3	4.24	11	Au musoir: Rocking de 2B.C.R 50t au niveau du trou localisé dans le p2 côté intérieur lors des essais dir N340°.
4	4.88	12	Début des franchissements entre p66-p68. Au musoir: Chute d'1B.C.R 50t au niveau de p1 côté intérieur.
5	5.61	12	Au musoir: Chute d'1 B.C.R 50t au p2 côté intérieur et rocking d'un autre au niveau du p2 côté extérieur.
6	6.78	13	-Augmentation des franchissements qui touches toute la jetée parfois très importants. -Au musoir: Chute d'1 B.C.R 50t au niveau du p1 côté intérieur et déplacement de 3 autres vers l'intérieur. -Mise en mouvement de 3 BA 96t, mis à nu lors des essais dir N340°.
7	7.43	13	-Très importants franchissements le long de la jetée. -Chute d'un B.C.R 50t entre p72-p74. -Au musoir: Chute d'un B.C.R 50t au niveau du p2 côté intérieur.
8	8.48	14	-Franchissements élevés le long de la jetée, parfois exceptionnels entre p70-p74 -Au musoir: Il y a chute d'1 B.C.R 50t au niveau du P2 côté intérieur, et mise en mouvement d'un BA 96t.
9	9.12	14	-Franchissements élevés le long de la jetée. -Au musoir: Chute d'un B.C.R 50t au niveau du p2 côté intérieur. -Talus intérieur: Légère érosion avec chute de quelques enrochements de 4-12t entre p70-p72.
10	9.97	15	-Chute d'un B.C.R 50t entre p72-p74. -Très importants franchissements le long de la jetée. -Au musoir: Déséquilibre et mise en mouvement de plusieurs B.C.R de 50t et chute de 2 autres au niveau du p2 côté intérieur. -Talus intérieur: Affouillement léger du couronnement entre p72-p74 et légère érosion des enrochements entre p66-p68 suite aux importants franchissements répétés.

**Conclusion:**

- Les franchissements sont notables à partir de Hs supérieur 5.00m (essai n°4) et deviennent très importants à partir de essai n°7 (Hs=7.43m et Tp=13s).

Cette direction est défavorable pour les franchissements qui restent importants malgré la surélévation du mur de garde à la côte +9.50m.

- Le talus intérieur reste stable, ainsi que le côté extérieur.

- Cependant au niveau du musoir, cette direction a augmentée les dégâts enregistrés lors des essais sur la direction N340° et cela à partir de Hs=4.88m.

**8.6.8 Profil conforté (Variante 1):**

Direction N50°

Date: 25-04-94

Durée: 15h(nature)

Niveau: +1.00ZH

Côte d'arase: +9.50m

**Tableau No 17:**

N° test	Hs(m)	Tp(s)	OBSERVATIONS
1	1.95	10	R.A.S
2	3.02	11	R.A.S
3	4.64	11	R.A.S
4	5.29	12	-Observation de léger franchissements localisés entre p66-p70.
5	6.40	12	-Augmentation des franchissements du p66 pour venir s'annuler en p72.
6	7.09	13	-Franchissements en progression et répétés entre p66-p70.
7	7.94	13	-Franchissements importants parfois très violents le long de la jetée.
8	8.83	14	-Chute d'un B.C.R 50t entre les profil p72-p74 côté extérieur. -Au musoir: chute d'un B.C.R 50t au niveau du profil p1 côté extérieur. -Talus intérieur: reste stable.
9	9.71	14	-Franchissements très élevés au p66 puis diminue le long du couronnement pour s'annuler au p74. -Chute de 2B.C.R 50t, l'un entre p68-p70 et l'autre entre p72-p74. -Au musoir: chute successifs de 4B.C.R au niveau du profil p1 côté int, et d'un autre au niveau du p1 côté ext. -Talus intérieur: légère érosion des enrochements sur toute sa longueur par suite aux importants franchissements rejetés.
10	10.59	15	-Les franchissements très importants, parfois très violents le long de la jetée. - Chute d'un B.C.R 50t entre p70-p72, et rocking de plusieurs autres de la partie supérieur de la carapace entre les même profils. -Talus intérieur: Augmentation de l'érosion entre p70-p72 et légèrement ailleurs.

**Conclusion:**

- Les franchissements devenaient importants à partir de  $H_s > 7.00\text{m}$  et très violents pour des houles de  $H_s \geq 9.00\text{m}$ , ce qui a favorisé une légère érosion du talus intérieur le long de la jetée.
- La partie courante est restée stable, cependant entre p72 et p74 on a enregistré une chute de plusieurs B.C.R de 50t.
- Les dégâts enregistrés sur le musoir sont surtout l'effet de très grandes houles ( $H_s$  au delà de 8.00m) et sont localisés du côté intérieur.
- On propose d'augmenter le poids des B.C.R du musoir dans la prochaine variante.

échelle

1%  
1 cm

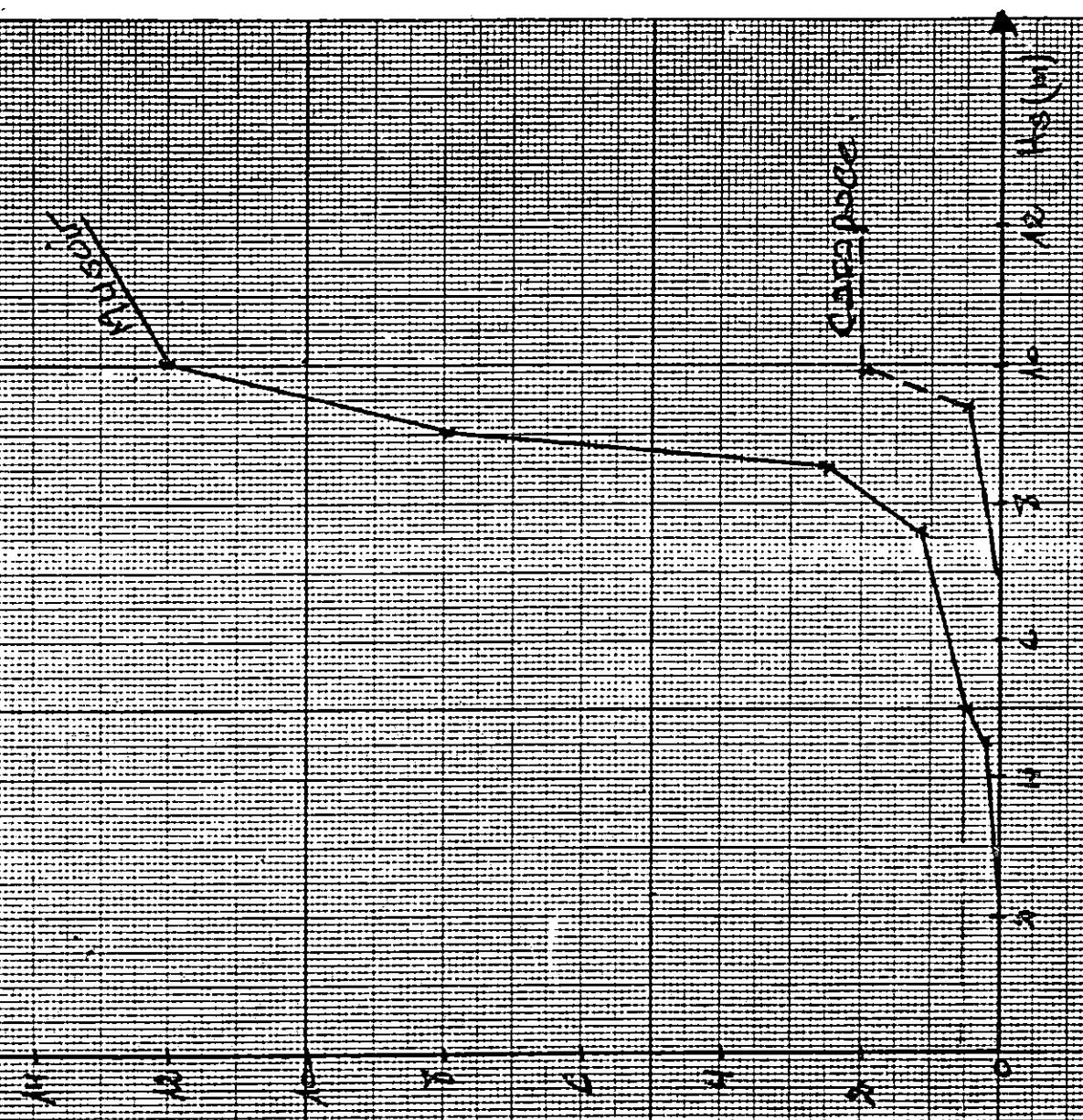


Figure 19

La Répartition des  
Noyaux de la Courbe

Variante 1  
NSO  
NSO

ancien Port de Skikda

### 8.6.9 Estimation des dégâts:

#### Dégâts cumulés sur tout l'ouvrage.

- Nombre total de blocs posés: 1408, soit:

401 BA 36t

79 BA 96t

928 BCR 50t

- Le nombre de blocs ayant chutés: 60 blocs toutes catégories confondues.

D'où le % de dégâts cumulés =  $(60/1408) \times 100 = 4.2\%$

- Ces derniers sont réparties comme suites:

- Au niveau de la partie courante: (voir fig 19).

Le nombre de blocs posés est: 1027, soit:

633 BCR de 50t

67 BA de 96t

327 BA de 36t.

Le nombre de blocs ayant chutés est: 17 blocs toutes catégories confondues.

D'où le % des dégâts,  $D = (17/1027) \times 100 = 1.6\%$

Les dégâts enregistrés sont acceptables avec des B.C.R de 50t.

- Au niveau du musoir: (voir fig 19).

Le nombre de blocs posés est: 381, soit:

295 B.C.R 50t

12 B.A 96t

74 B.A 36t.

Le nombre de blocs ayant chutés toutes catégories confondues est: 43 blocs.

D'où le % de dégâts:  $D = (43/381) \times 100 = 11.5\%$ .

Enregistrés principalement lors de essai de le direction N340° défavorable pour le musoir, et sont dus de même à l'insuffisance du poids unitaire des blocs utilisés (50t).

### 8.6.10 Description de la variante 2.

- C'est la variante 1 à la quelle on substitue les B.C.R de 50t du musoir par des B.C.R de 75t.

- Aussi, la butée est reconstruite en B.C.R 12t (proposition de l'administration).

- Rechargement du talus intérieur par des B.C.R de 36t.

8.6.11 Profil conforté ( variante 2):

Direction N50°

Date: 08-05-94

Durée: 15h (nature)

Niveau: +1.00ZH

Côte d'arase: +9.50m

Blocs utilisés:	36t	50t	75t	Total
Partie courante:	327	633	0	960
Musoir:	74	0	230	304
Talus intérieur:	187	0	0	187

Tableau No 18:

N° test	Hs(m)	Tp(s)	OBSERVATIONS
1	2.03	10	R.A.S
2	3.05	11	R.A.S
3	4.32	11	R.A.S
4	5.32	12	R.A.S
5	6.36	12	-Quelques embruns entre p66-p72. -Chute de 6B.C.R 12t entre p66-p72 et 4 autres entre p72-p74 au niveau de la butée. -Rocking de 3B.C.R 50t entre p70-p72 au niveau de la carapace.
6	7.38	13	-Léger franchissement observé entre p68-p70. -Chute de 6B.C.R 12t de butée entre p66-p68. -Rocking de 3B.C.R 50t entre p68-p72. -Talus intérieur: chute de 2B.C.R 36t.
7	8.39	13	-Augmentation des franchissements surtout entre p68-p70. -Chute de 6B.C.R de 12t de la butée entre p66-p68. -Talus intérieur: chute de 12B.C.R 36t.
8	9.15	14	-Les franchissements deviennent importants et successifs. -Chute de plusieurs B.C.R 12t de la butée côté extérieur. -Chute de 3B.C.R 50t entre p68-p72. au niveau de la partie courante. -Talus intérieur: chute de 37B.C.R de 36t.
9	9.15	14	-Les franchissements sont nombreux et très importants parfois violents. -Chute de quelques B.C.R 12t de la butée côté extérieur. -Talus intérieur: chute de 10B.C.R 36t.
10	9.40	15	-Chute de quelques B.C.R 12t au niveau de la partie courante et du musoir. -Talus intérieur: chute de 19 B.C.R 36t.

**Conclusion:**

La chute de quelques B.C.R 12t de la butée s'est faite à partir de Hs > 6.50m.

Les franchissements ont pris de l'importance à partir des houles de 8.00m ce qui a provoqué une chute considérable de B.C.R 36t côté intérieur, qui sont positionnés juste au point de chute des franchissements.

- Excepté la chute de 3B.C.R 50t de la carapace, cette dernière ainsi que le musoir n'ont pas subi de dégâts par cette direction.

### 9.6.12 Estimation des dégâts:

**Tableau No 20:**

	Nombre de bloc posés	Nombre de chute	% dégâts
Partie courante	633	3	0,37
Talus intérieur	187	80	43
Musoir	230	0	0

Suite aux dégâts importants qu'a subit le talus intérieur (43 %) , on a arrêté les essais des directions N26° et N340° pour cette 2<sup>ème</sup> variante.

On a procédé à un élargissement du couronnement côté intérieur de 8.00m (12m en tout) ainsi qu'à un prolongement de la carapace et de la butée du musoir à partir de son axe vers l'intérieur sur 30m par des B.C.R de 75t ce qui a constitué une 3<sup>ème</sup> variante.

## 8.6.13 Profil conforté : (Variante 3)

direction N50°

date : 17/05/94

durée : 15h (nature)

nature	36t	50t	75t	Total
carapace	327	633	0	960
musoir	74	0	265	339

niveau d'eau : +1.00ZH

côte d'arase : +9.50m.

intérieur : enrochements naturels (3-6)t

Tableau No. 21:

N° test	Hs(m)	Tp(s)	OBSERVATIONS
4	5.06	12	R.A.S
5	6.26	12	Léger franchissement sur toute la jetée.
6	6.99	13	franchissements parfois importants le long de la jetée.
7	7.13	13	Des franchissements parfois successifs augmentent en intensité et fréquences
8	7.47	14	-Chute de quelques enrochements de (3-6)t au niveau du talus intérieur.
9	8.69	14	-Les franchissements deviennent très importants parfois très violents. -Côté intérieur : érosion de la partie supérieure du talus.
10	9.31	15	-Côté intérieur : affouillement le long de la jetée suite aux franchissements successifs, violents et répétés, quelques enrochements de (3-6)t atteignent le fond. -Côté musoir: chute de 20 B.C.R de 5m <sup>3</sup> .

**8.6.13.1: Essai d'endurance**

Direction N50°

date : 17/05/94

durée : 4x20mn(1h20mn)

niveau d'eau: +1.00ZH

côte d'arase: +9.50m

Le 8<sup>ème</sup> test a été retenu pour l'essai d'endurance, la houle enregistrée atteint la houle de projet (Hs= 7.47m, Tp= 13s)

Observations: Des franchissements répétés dès le début de l'essai (10mn).

Le profil reste stable dans sa globalité.

### 8.6.14 Profil conforté (Variante 3)

Direction N26°

Date: 23/05/94

Durée: 15h(nature)

Niveau d'eau: +1.00m

Côte d'arase: +9.50m

**Tableau No 22:**

N° test	Hs(m)	Tp(s)	OBSERVATIONS
1	2.03	10	R.A.S
2	3.05	11	R.A.S
3	4.31	11	R.A.S
4	5.85	12	R.A.S
5	7.23	12	-Léger franchissements entre p68-p74.
6	8.08	13	-Les franchissements atteignent toute la jetée.
7	9.19	13	-Les franchissements augmentes en intensité et en fréquence le long de la jetée.
8	10.02	14	-Glissement vers le bas des B.C.R 50t le long de la carapace dû à aux retraits des houles de l'ouvrage et aux tassement de la butée, un léger étalement des enrochements de l'assise. <u>-Au musoir:</u> chute de 8 B.C.R 5m <sup>3</sup> de la butée coté intérieur. Le profil reste stable en général.

8.6.14.1 Essai d'endurance:

Date: 24/05/94

VAR 3 direction N26°

Durée: 4x20mn(modèle)

Ce test retenu pour l'essai d'endurance pour cette direction est le 6<sup>ème</sup> dont la houle enregistrée dépasse de peu la houle de projet:  $H_s = 8.08m$  et de  $T_p = 13s$ .

Observations: Les franchissements sont semblables à ceux observés lors de l'essai dans la direction N50°.

-Un bloc cubique rainuré de 75t a chuté à la 30<sup>ème</sup> minute de l'essai au niveau du profil p1 coté intérieur du musoir.

-Le profil est stable en général.

## 8.6.15 Profil conforté ( Variante 3)

Date: 25/05/94

Direction N340°

Durée: 15h (nature)

Niveau d'eau: +1.00ZH

Côte d'arase: +9.50m

blocs utilisés	36t	50t	75t	Total
partie courante	327	633	0	960
musoir	74	0	265	339

talus intérieur: Enrochements naturels ( 3-6t)

Tableau No 23:

N° test	Hs(m)	Tp(s)	OBSERVATIONS
1	2.03	10	R.A.S
2	3.05	11	R.A.S
3	4.32	11	R.A.S
4	5.19	12	R.A.S
5	5.80	12	R.A.S
6	6.78	13	R.A.S
7	7.58	13	-Début des franchissements.
8	8.38	14	-Franchissements notables.
9	9.39	14	-Très importants franchissements le long de la jetée.
10	10.00	15	-Les franchissements sont violents parfois exceptionnels. -La carapace coté extérieur a subit un léger tassement avec un recule vers le bas - <u>Au musoir</u> : Chute d'un B.C.R 75t coté intérieur et chute d'une dizaine de B.C.R 12t de la butée coté intérieur.

8.6.15.1 Essai d'endurance:(VAR 3)

Direction N340°

Date: 25/05/94

Durée: 4x20mn (modèle)

Niveau d'eau: +1.00m

Côte d'arase: +9.50m.

Ce test retenu pour l'essai d'endurance pour la direction, N340° est le test 8 dont la houle enregistrée dépasse la houle de projet ( $H_s = 8.38m$ ) et ( $T_p = 14s$ ).

Observations: Les franchissements sont notables et répétés dès le début de l'essai le long de la jetée, mais le profil dans son ensemble reste stable durant l'essai.

#### 8.6.16: Estimation des dégâts:

##### a) Côté intérieur:

Le nombre de blocs posés = 960

Le nombre de chute = 0

Donc:  $D = 0\%$

##### b) Au musoir:

Le nombre de blocs posés = 339

Le nombre de chute = 1

D'où:  $D = (1/339) \times 100 = 0.3\%$ .

##### c) Cumul des dégâts suite aux essais des trois directions et d'endurance.

- Au niveau du profil courant, aucune chute n'est enregistrée.
- Au niveau du musoir, deux B.C.R de 75t sont enregistrés.

D'où:  $D = (2/339) \times 100 = 0.59\%$

Dégâts largement acceptables.

### **8.6.17. CONCLUSION:**

Le profil de la variante 3, après les essais effectués pour les 3 directions de houle N340°, N26° et N50°, a donné les résultats suivants après les essais d'endurances.

- Stabilité du côté extérieur, partie courante

0% de dégâts

- Stabilité du musoir.

0.3% de dégâts

- Stabilité du talus arrière

1% de dégâts

On peut donc conclure que ce profil est très stable pour la houle de projet  $H_s=8.00m$ .

Il a une mesure de stabilité importante même si cette houle peut être dépassée exceptionnellement.

On a recommandé donc ce profil pour le confortement de l'ouvrage sur les 225 derniers mètres (Variante 3).

# **Chapitre 9**

## **Métrés de rechargement et devis quantitatif et estimatif**





Metres matériaux de rechargement Tableau C. A.P Skikda

Côté extérieur

No Profil	Distance (m)	T.V.C, ( $\gamma = 2t/m^3$ )			ENR (1-3)E, ( $\gamma = 18t/m^3$ )			ENR (3-6)E, ( $\gamma = 17t/m^3$ )			B.C.R 12E, ( $5m^3$ )			B.C.R (50-70)E					
		S(m <sup>2</sup> )	V(m <sup>3</sup> )	P réal(t)	S(m <sup>2</sup> )	V(m <sup>3</sup> )	P réal(t)	S(m <sup>2</sup> )	V(m <sup>3</sup> )	P réal(t)	S(m <sup>2</sup> )	V brut	V réal(m <sup>3</sup> )	S.	V brut	V			
2	40													70	2800	1400			
4	"													98	3920	2010			
6	"													49	1960	1030			
8	"													45	1800	950			
10	"										10	400	212	87	3480	1740			
12	"										5	200	106	14,5	580	300			
14	"										3	120	63,6	4,5	180	95			
16	"										8	320	169,6	18,2	7280	385			
18	"										6	240	127,2	10,1	4040	214			
20	"										18,5	552	292,5	9,8	5920	313			
22	"										19	760	402,8	107,5	4060	215			
24	"										19	760	402,8	131	5240	271			
26	"										6	240	127,2	30	1200	63			
28	"										19,7	788	410,6	7,5	3000	153			
30	"										9,9	396	209,8	100	4000	210			
32	"										22,5	900	1530	42,9	1716,8	909,9	150	6000	310

No	Distance (m)	S (m <sup>2</sup> )	V brut (m <sup>3</sup> )	P real (t)	S (m <sup>2</sup> )	V brut (m <sup>3</sup> )	P real (t)	S (m <sup>2</sup> )	V brut (m <sup>3</sup> )	P real (t)	Beton (m <sup>3</sup> )	Beton (m <sup>3</sup> )	Mur de garde couloir (m <sup>3</sup> )
		T.V.C $\beta = 2(t/m^3)$			ENR(V-3)t ( $\beta = 1.8t/m^3$ )			ENR(3-6)t ( $\beta = 1.7t/m^3$ )			Dalle de béton couloir (m <sup>3</sup> )	Mur de garde beton (m <sup>3</sup> )	
28	40				10.5	420	714				360		
30	"				15	600	1080				156.4		
32	"										180		
34	"										840		
36	"				16	640	1078				300		
38	"	3	840		7	280	476				300		
40	"	26.5	1060		15	600	1080				360		
42	"										360		
44	"	36	1440		14	560	952				360		
46	"										324		
48	"				6	240	408				360		
50	"										384		
52	"	24	960		9	360	672				336		
54	"	18	720		3	120	204				300		
56		40	1600		17.6	704	1191.5				324		
58											800		

Mètres rechargement (matériaux) A.P. Skikda  
 Tapis inter

Tableau E  
 Dalle de couronnement  
 MUR de garde

No profil	Distance (m)	T.N.C. ( $V=9t/m^3$ )		ENR(1-3)t ( $V=1,8t/m^3$ )		ENR(3-6)t ( $V=1,7t/m^3$ )		Dalle de couronnement		MUR de garde	
		S (m <sup>2</sup> )	V (t)	S (m <sup>2</sup> )	V (t)	S (m <sup>2</sup> )	V (t)	S (m <sup>2</sup> )	V (t)	S (m <sup>2</sup> )	V (t)
60	40	2920	34,2	1368	2462,4	32,8	1314,4	2834,4	240	800	800
62	"	1460	36,5	1368	2462,4	32,8	1374,4	2834,4	240	800	800
64	"										
66	"										264
68	"	384,4	43,2	1368	293,6	29,2	1168	1985	432	360	360
70	"	1872	36	1140	2592	38,5	1540	2678	432	384	384
72	"	924	17,5	700	1260	16,8	672	1142,4	432	264	264
74	"								432	360	360



Tableau. G.

Mètres surelevation du mur de garde  
Profils: ( 0 - 26 )

N° Profil	Volume du béton (m <sup>3</sup> )
02	00
04	132
06	480
08	390
10	00
12	00
14	00
16	180
18	180
20	240
22	360
24	420
26	480

**TABLEAU N°2**

**ANCIEN PORT DE SKIKDA**

**RECAPITULATIF DES MATERIAUX DE RECHARGEMENT ET ESTIMATIF DETAILLE**

Désignation des parties de l'ouvrage	T.V.C	enro (1-3)t	enro (3-6)t	B.C.R (5m <sup>3</sup> )	B.C.R (50-75)t	béton
côté extérieur	28.632	6041	59.768	18.711	61.006	
côté intérieur	24.232	2.272	17.906	0	0	
musoir	0	0	1008	212	636	
dalle de roulement						4.847
mur de garde						12.158
quantité totale:	52.864t	18.314t	78.682	18923m <sup>3</sup>	61.642m <sup>3</sup>	17.005m <sup>3</sup>
prix unitaire:	500DA/t	600DA/t	800DA/t	5000DA/m <sup>3</sup>	5000DA/m <sup>3</sup>	5000DA/m <sup>3</sup>
montant total (DA):	26.432.400	10.988.460	60.946.320	94.615.000	308.214.500	85.028.000
<b>coût global :</b>						<b>588.224.680DA</b>

## Conclusion Générale:

La première constatation faite à l'issue de la 1ère phase des essais est que le profil d'origine type RIBAUCCOUR est instable à partir d'une houle significative  $H_s = 6,50$  m.

La solution de confortement de l'ouvrage par le rechargement de la carapace et surélévation du mur de garde est satisfaisante malgré une légère défaillance du côté intérieur du musoir.

Cette dernière a été éliminée par l'augmentation du poids unitaire des blocs cubiques rainurés de la carapace du musoir à 75 t.

Après les essais de réserve de stabilité, les dégâts enregistrés (0,54 %) sont favorables pour la recommandation du profil final pour le confortement définitif de la jetée nord de l'ancien port de Skikda.

Le profil ainsi obtenu a été porté sur les profils actuels levés par le L.E.M en 1994 de telle sorte à pouvoir évaluer au mieux les quantités de rechargement et estimer le coût global, de confortement qui s'élevait à 588.224.000 DA.

Cette étude est censée finaliser le projet de confortement de la grande jetée après une précédente étude effectuée par L.E.M en 1988 en canal à houle pour la partie courante et qui nécessitait une étude en tridimensionnel pour le musoir car cette dernière prend en compte l'attaque des houles obliques et permet l'étude de l'effet de concentration de la houle sur un endroit particulier de l'ouvrage, ainsi que l'étude de plusieurs directions de la houle.

Il est maintenant admis que les essais sur modèles réduits physiques constituent un moyen unique pour le dimensionnement de brises lames. Les dommages causés ces dernières années à plusieurs brises lames à travers le monde ont eu pour conséquence une nouvelle approche dans la conception de ces ouvrages.

Un effort particulier et à faire pour une meilleure représentation du climat de houle, une définition précise des procédures d'essais et une standardisation du degré de dommages.

Une étude de stabilité, si elle doit être complète, devra comporter des essais en canal à houle pour la section courante et en bassin à houle pour l'étude des points singuliers (musoirs et coudes) et du phasage des travaux.

Enfin, un suivi rigoureux du comportement des brises lames récemment construits est à recommander, les mesures et observations acquises permettront de définir de meilleures procédures d'essais grâce à une meilleure compréhension de l'interaction houle structures des brises lames.

Nous adressons nos meilleurs remerciements à tout le personnel du L.E.M qui nous ont assisté à l'élaboration de ce mémoire, en particulier le personnel du C.E.M. et notre encadreur M. AMARI.

**LISTE BIBLIOGRAPHIQUE:**

1. ABDELBAKI, A. (Février 1990)

Les simulations physiques en tant que moyen d'étude. (L.E.M.)

2. AMARI, M. (Février 1990)

Etude de comportement de la jetée de l'ancien port de Skikda. (L.E.M)

3. DAHDOUH, A. (Juillet 1990)

Influence de la butée de pied sur la stabilité de la carapace dans une digue à talus.

Mémoire de fin d'études.

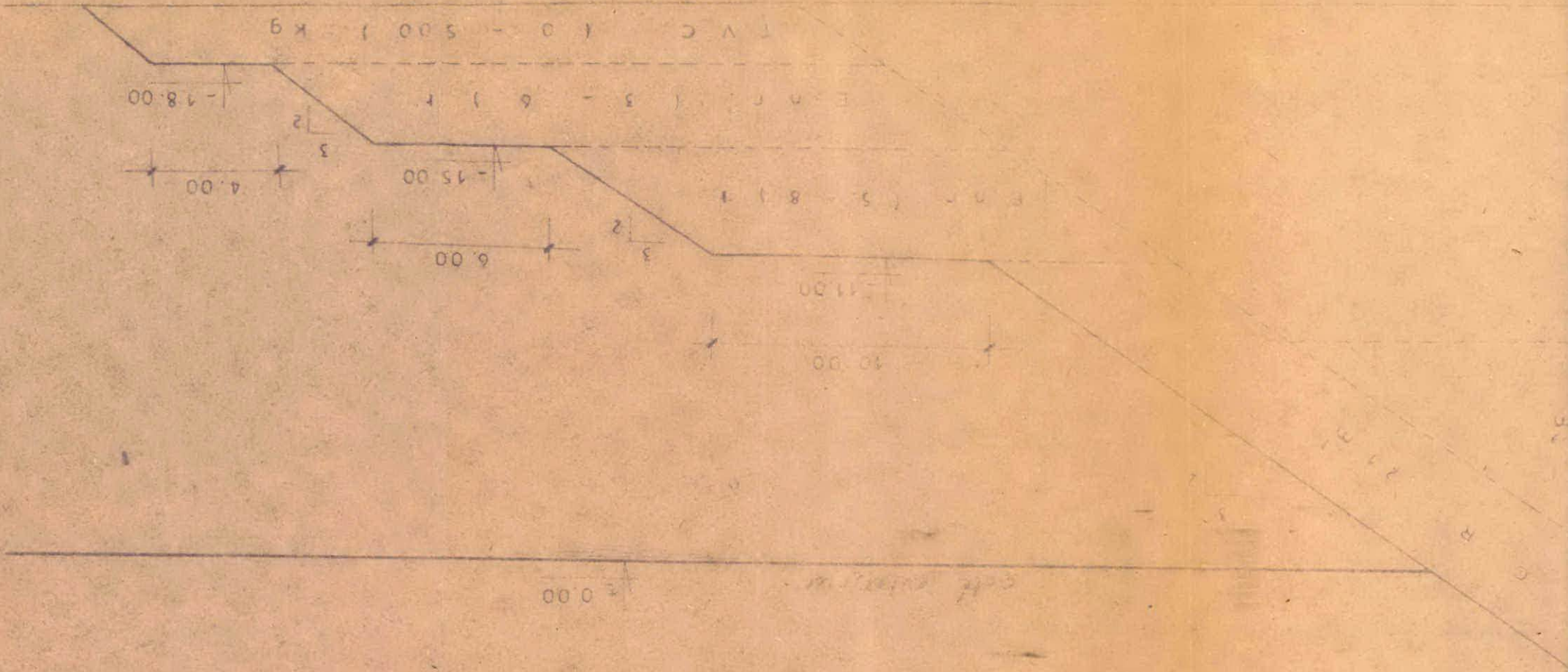
4. DANJON, A. (Novembre 1907)

Notice sur le port de Phillippe ville.

5. LEONARDON, (Octobre 1985)

Résolution du phénomène de réfraction en utilisant la théorie de STOCKS ordre 1. (L.E.M)

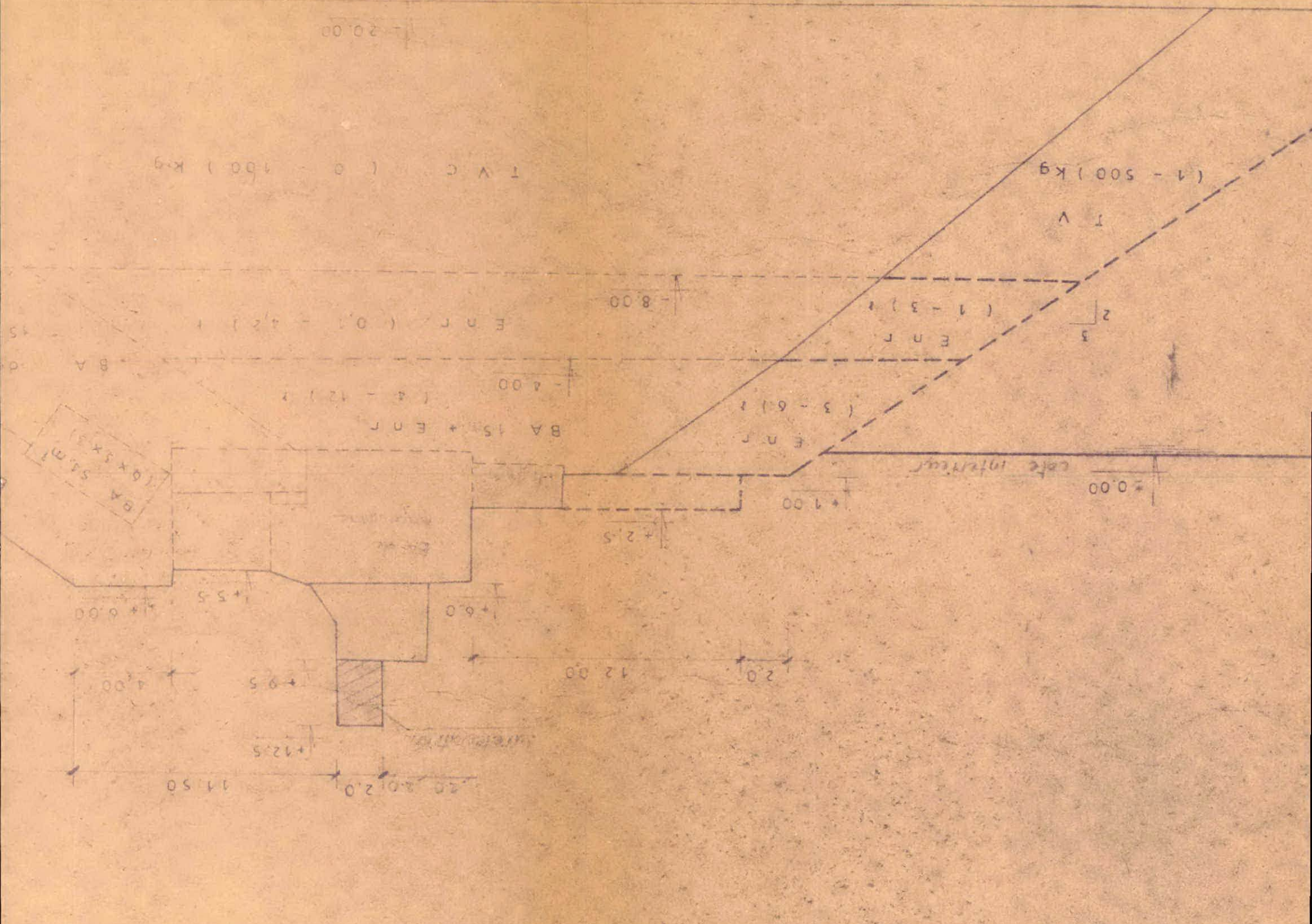
ANNEXE 1



LEGENDE

- Profil type S.A.L.V.A applicable du (PK 0 ou PK 1400) *révisé en 1988*
- Profil de confortement L.E-M 1988
- Profil de confortement L.E-M 1994
- cote intérieur
- cote extérieur

Profil de confortement definitif

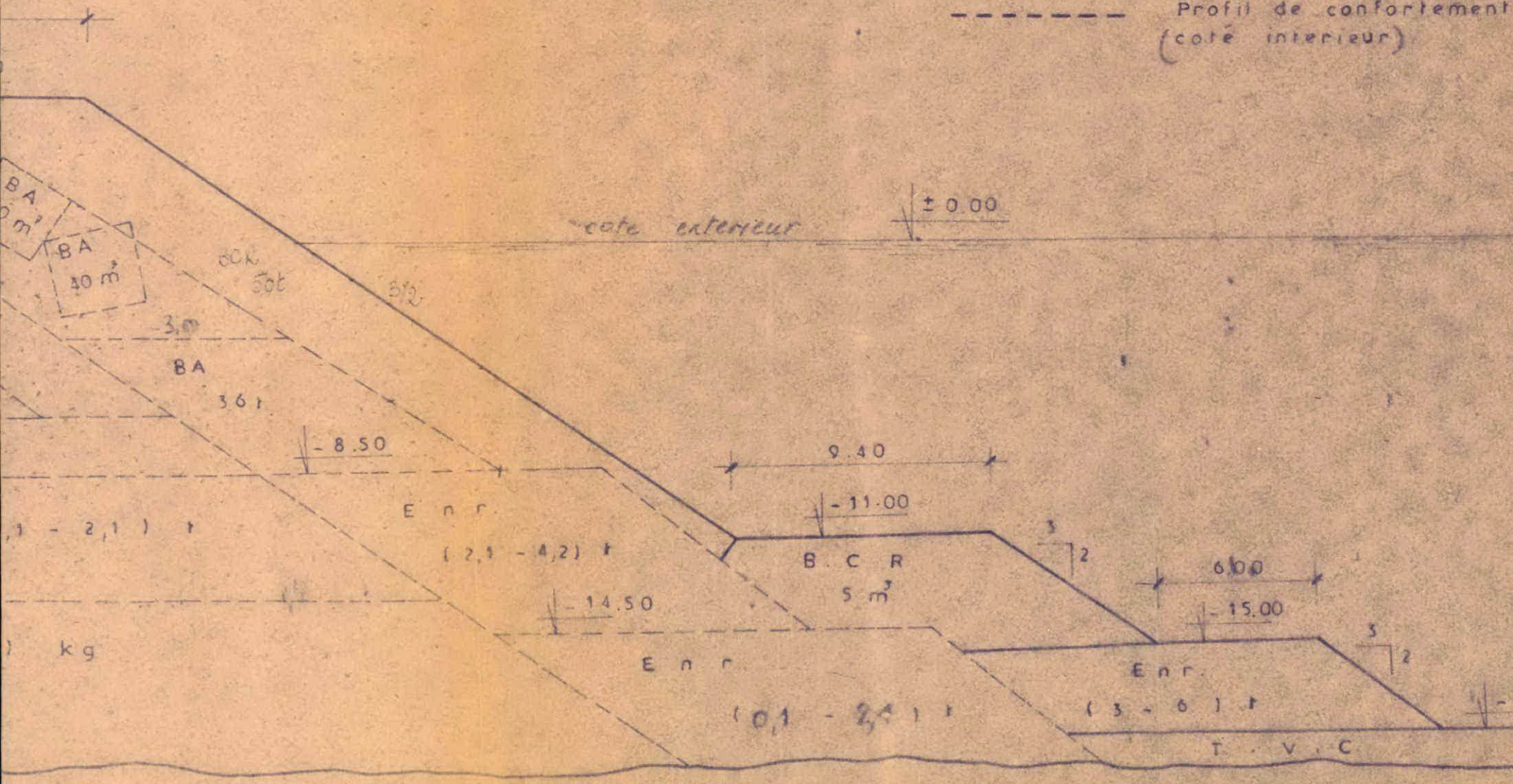


1 / 200

ation de 3m  
de garde

LEGENDE

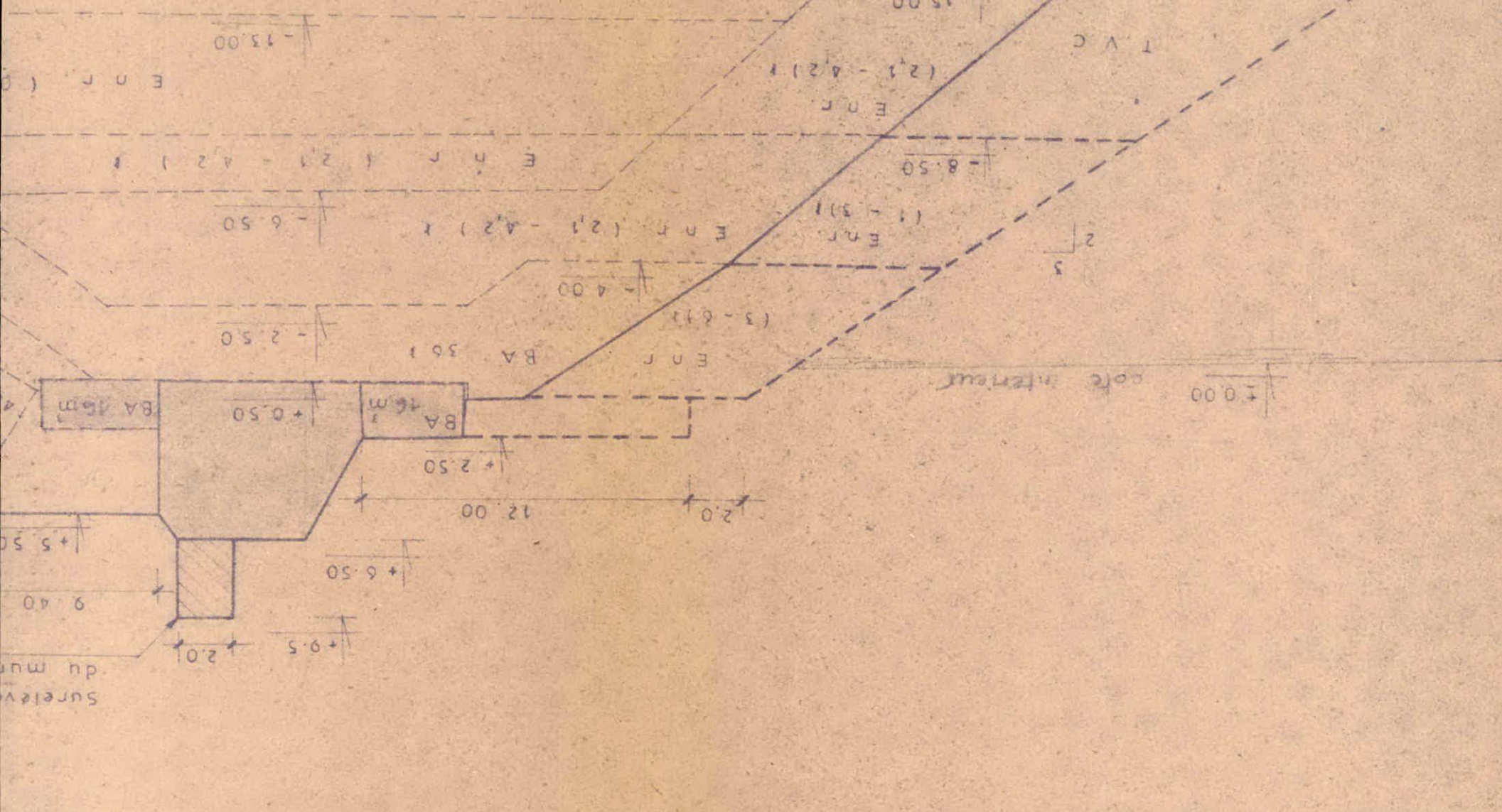
- Profil type Ribaucour du PK 1400 au PK 162
- Profil de confortement (coté extérieur)
- Profil de confortement (coté intérieur)



PL. 06 : ANCIEN PORT DE

PROFIL DE CONFORT

Ech :



**ANNEXE 2**



PHOTO 0 : Baie de STORA à l'est du port de skikda.



PHOTO 1 : Passe d'entrée de l'ancien port de skikda.  
Vue générale du port.



PHOTO 2 : Vue principale du Musoir de la jetée.

03 : Vue de la carapace rechargée en quelques endroits.



PHOTO 4 : Erosion des blocs de maçonnerie du couronnement par la houle franchissante. (Absence de carapace).



PHOTO 5 : Corrosion des reseaux de pipes de SONATRACH qui alimentent le poste pétrolier.P2.

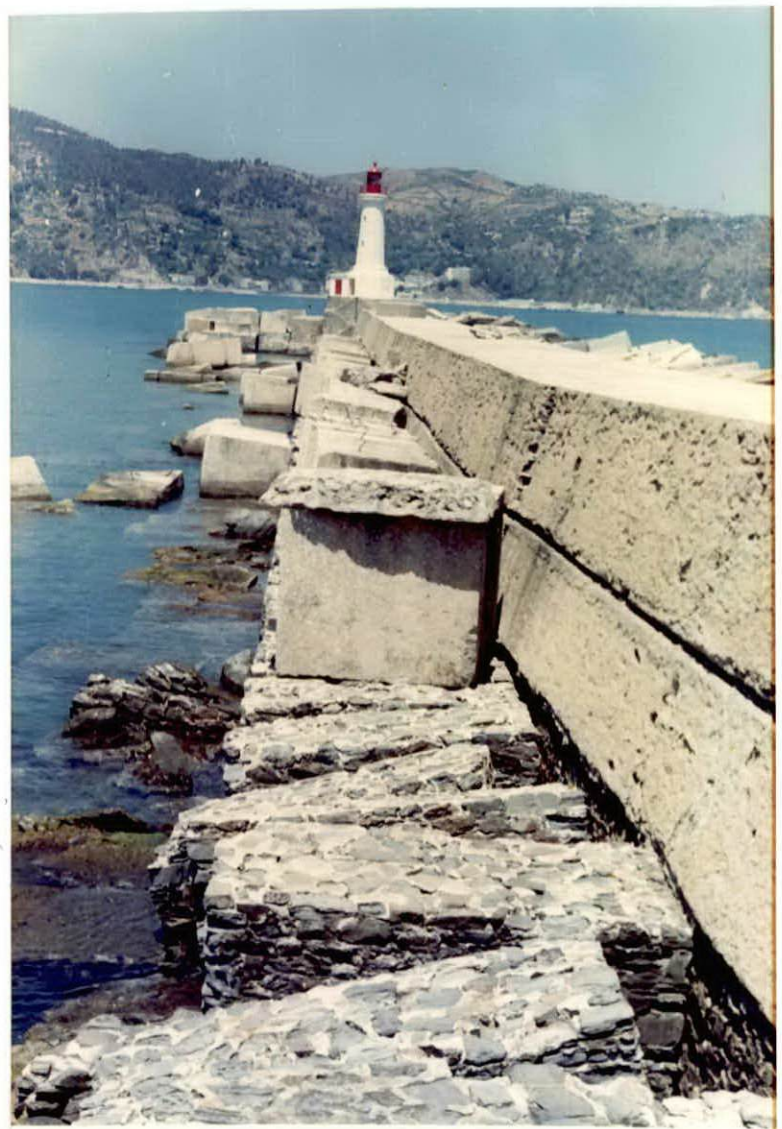


PHOTO 6 : Vue du talus interieur ( Blocs de 36 t )  
Chavirement des blocs à cause des franchissements.



PHOTO 7 : Vue du Musoir rechargé provisoirement avec des blocs de quais de 50 t.



PHOTO 1 : Vue générale du bassin à houle du LEM à HYDRA.



PHOTO 2 : Vue du batteur plan et panneaux d'orientation de la houle.

PHOTO 3 : Générateur électronique de la houle.

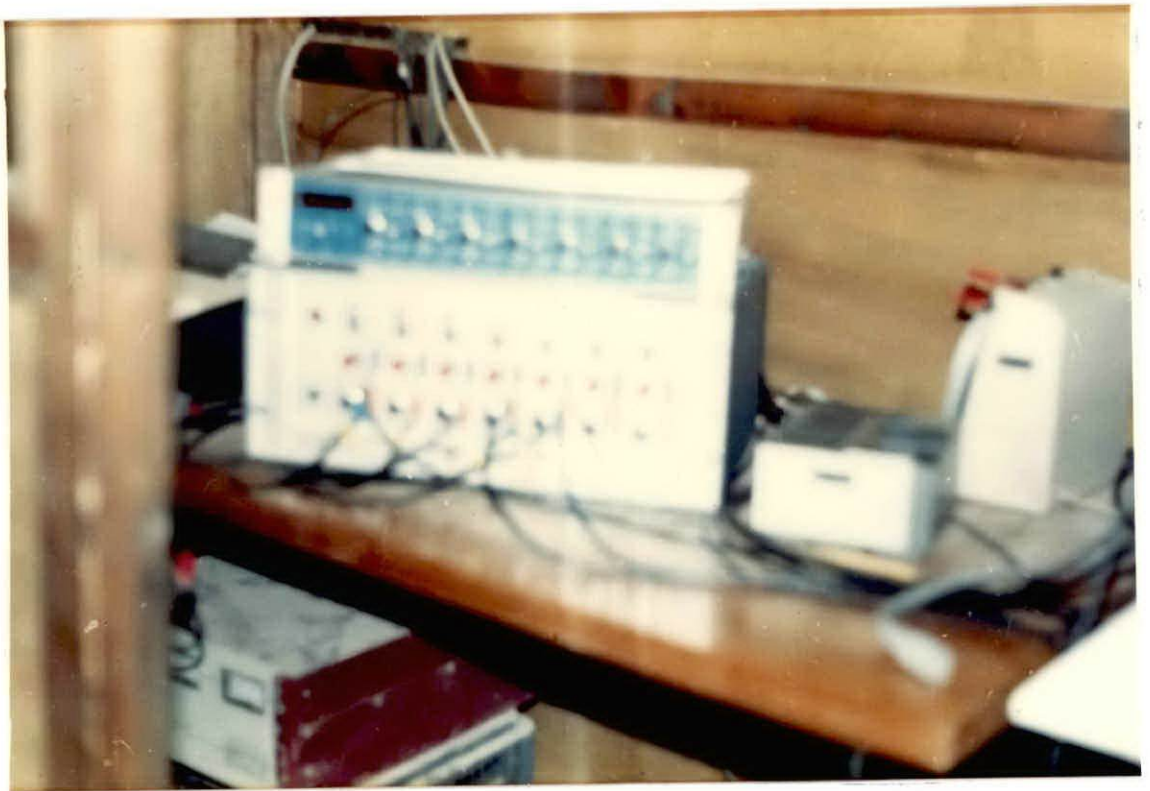
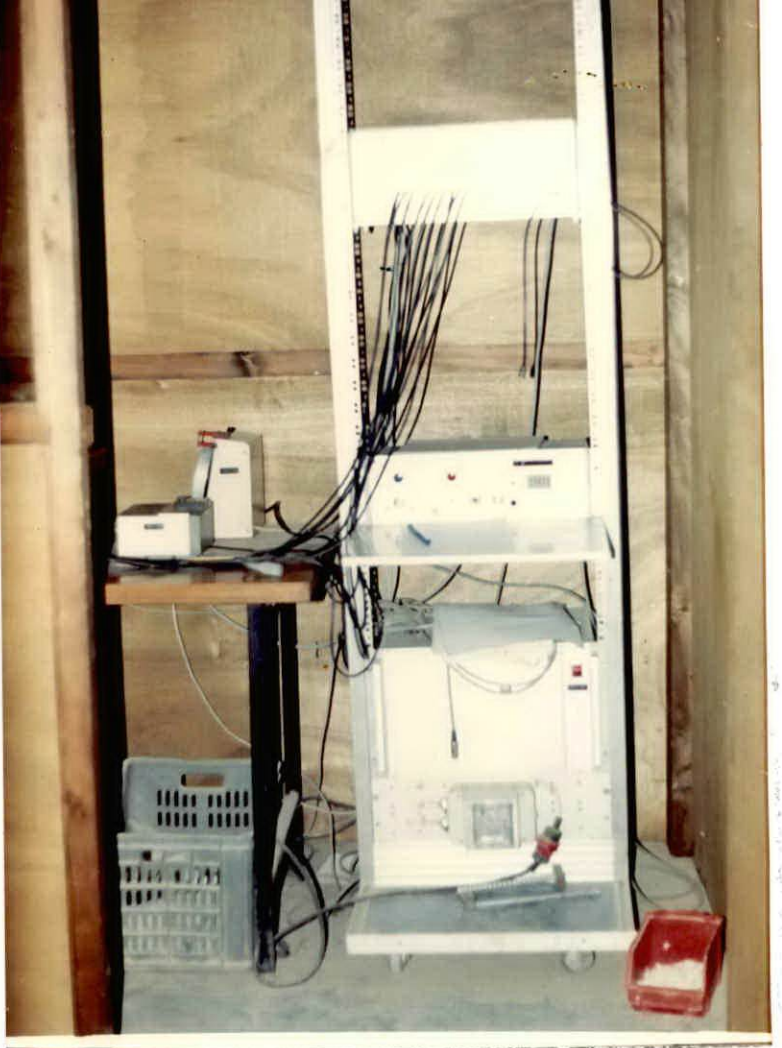


PHOTO 4 : Micro-processeur de traitement statistique  
de l'enregistrement de la houle en modèle.

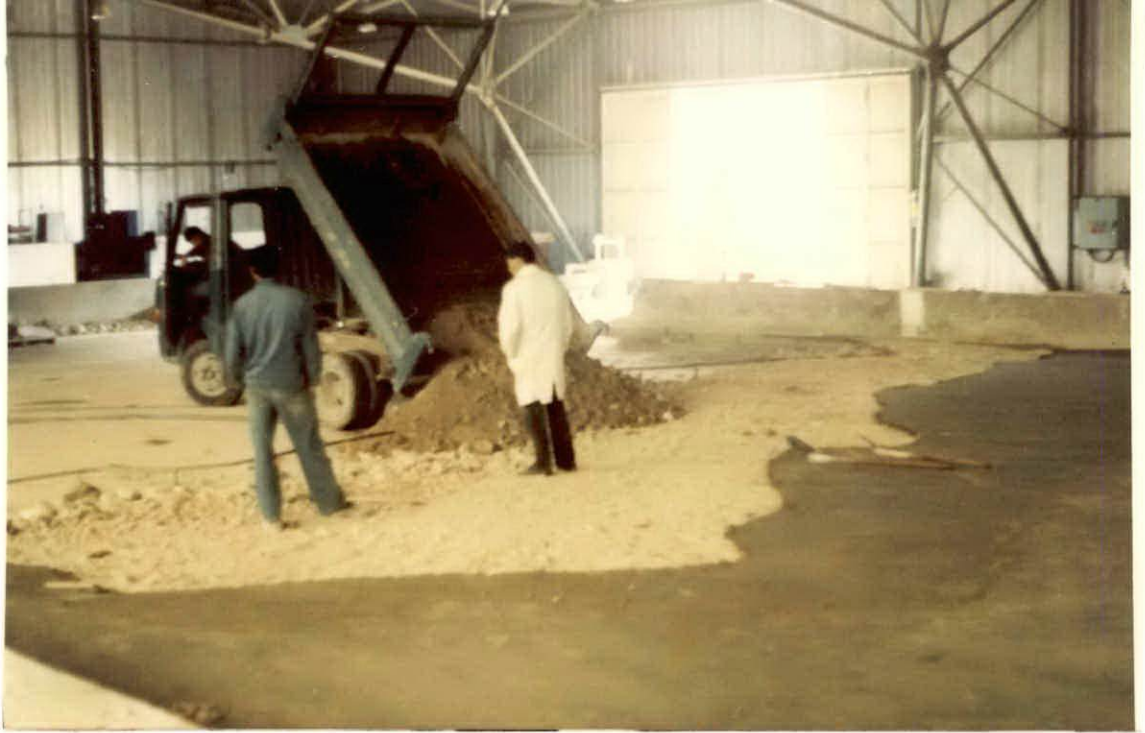


PHOTO 5 : Fond du modèle en bassin en construction.



PHOTO 6 : Fond du modèle après construction, on remarque bien les isobathes.



PHOTO 7 : Maquette d'un modèle type en construction.  
"OUED BOUDJIMAH".



PHOTO 8 : Fosse manuelle de blocs de carapace.



PHOTO 9: Vue du Musoir, profil d'origine, direction N50°  
après essais (Hs=8,6M, T<sub>p</sub>=15s).



PHOTO 10 : Vue du talus interieur, profil d'origine  
direction N50° après essais, érosion importante



PHOTO 11 : Vue du Musoir et de la carapace profil d'origine direction N26, essai 4 (Hs=1,92m, Tp=12s).



PHOTO 12 : Vue du Musoir et de la carapace, profil d'origine direction N26, essai 8 (Hs=8,1m, Tp=10s) destruction totale du Musoir.



PHOTO 13 : Vue du Mueoir, profil d'origine, direction N30° après essais (Hs=9,32m , Tp=15s). desorganisation totale du Mueoir.



PHOTO 14 : Vue du Mueoir et de la carapace, profil d'origine direction N30° après essais dégats très important du Mueoir. (Hs=9,32m , Tp=15s).



PHOTO 15: Vue du talus intérieur, profil d'origine, direction N31°O après essais. (Hs=9,32, Tp=15s). Désorganisation importante du talus.



PHOTO 16 : Profil conforté, variante 1 en réalisation. (surelevation du mur de garde à la cote +9,50m) confortement du talus extérieur.



PHOTO 17 : Vue générale, variante 1 direction N 31°0 après essais, (Hs= 9,72m, Tp= 15s). Dégats localisés côté intérieur du musoir.



PHOTO 18 : Vue générale, variante 1 direction N 26° après essais (Hs=9,97m, Tp=15s). Dégats localisés côté intérieur du Musoir.

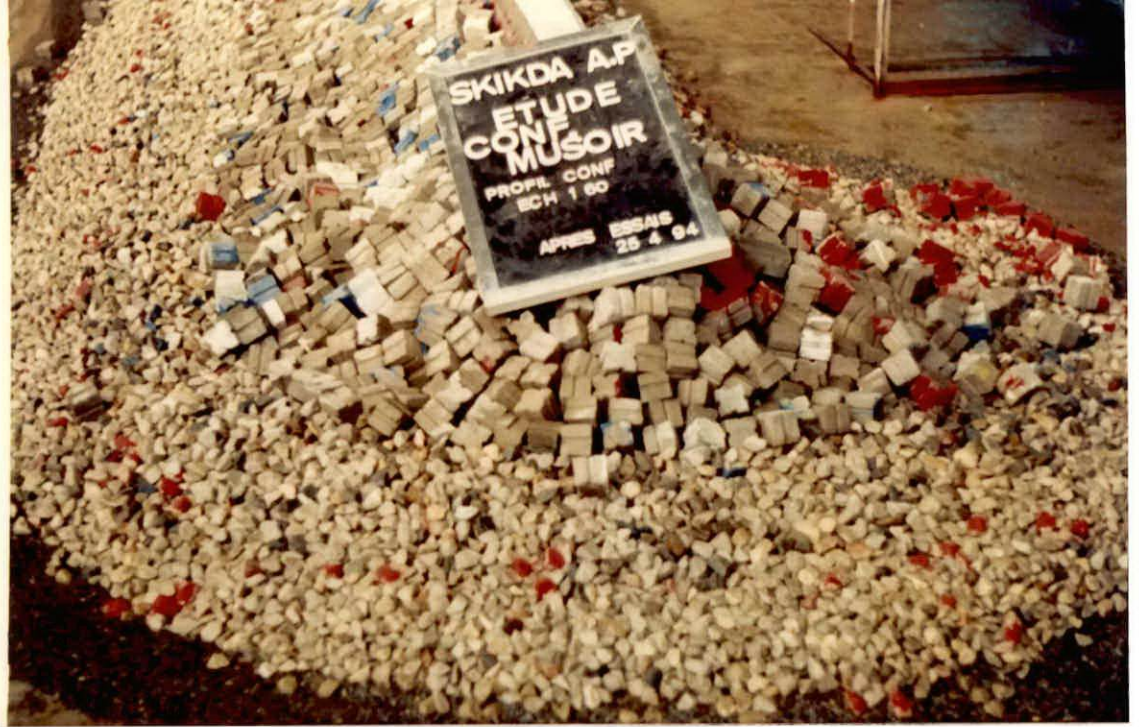


PHOTO 19 : Vue du Musoir, variante 1, après essais (dégats 11,52%) localisés Hs=9,72m, Tp=15s.



PHOTO 20: Importance des franchissements, variante 1, direction N50°  
essai 9 (Hs= 9,71m, Tp=10s).

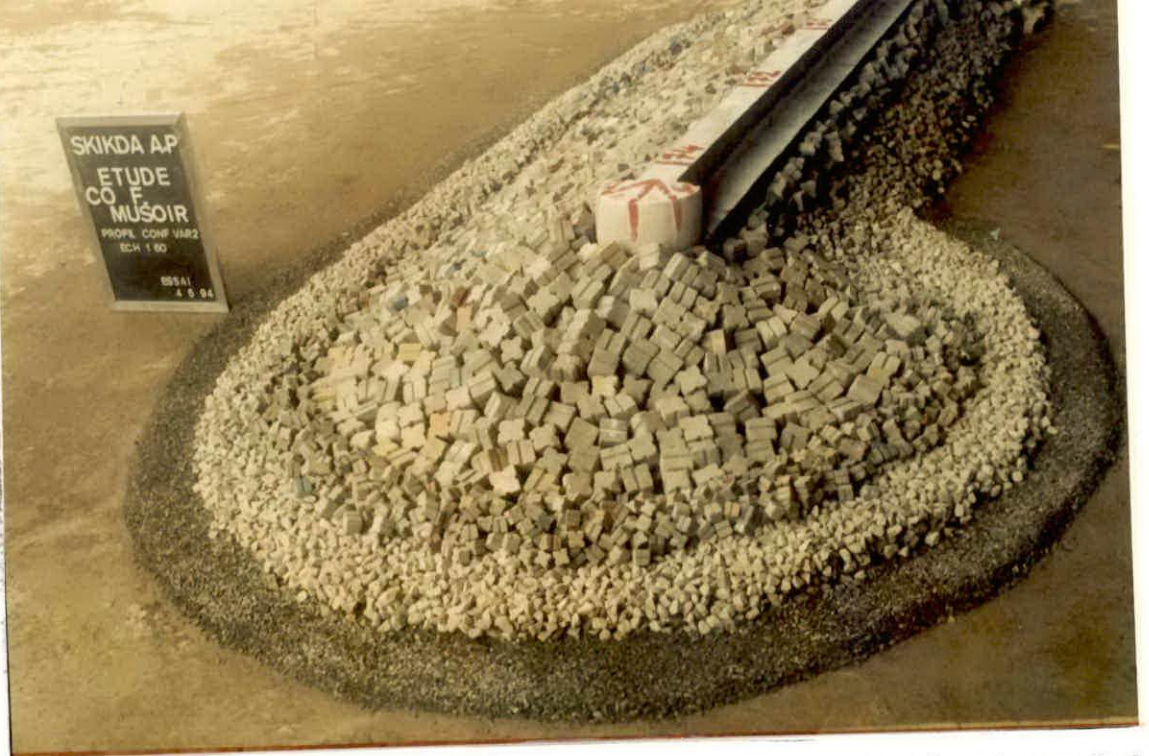


PHOTO 21 : Vue générale, variante 2 (rechargement du Musoir en B.C.R 36T) avant les essais.



PHOTO 22 : Vue du Musoir et de la partie courante, variante 2 avant essais.

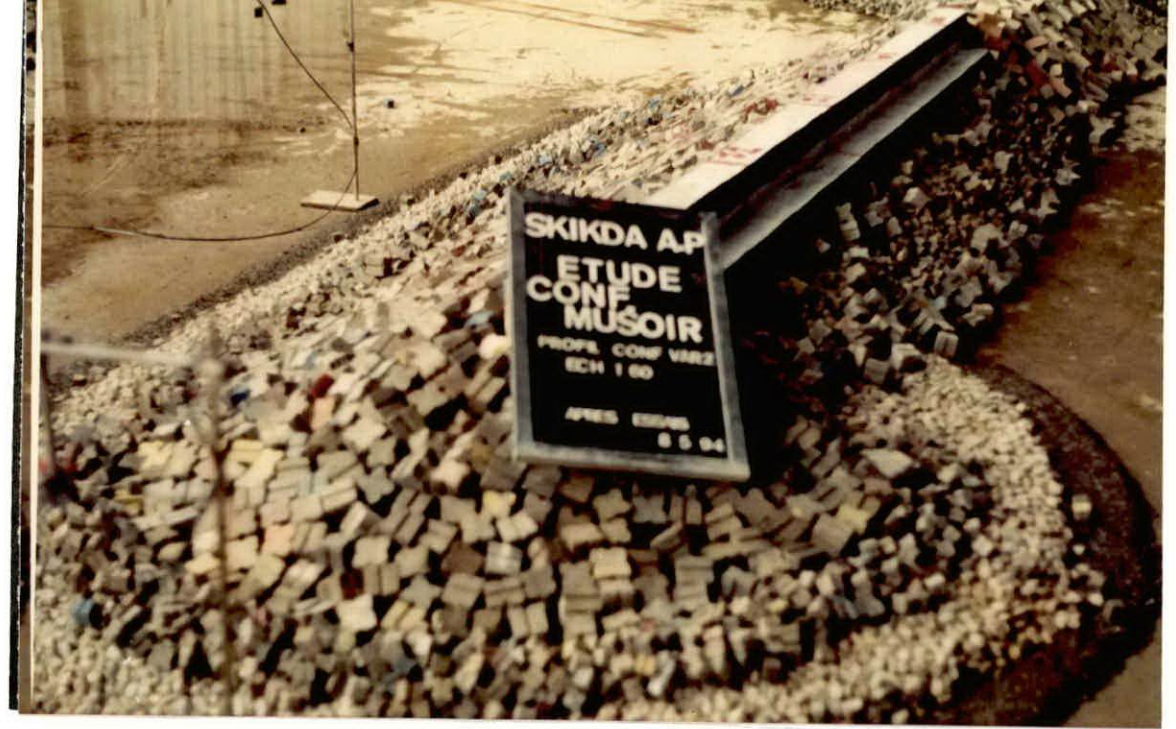


PHOTO 23 : Vue Musoir et talus intérieur, variante 2 après essais (Hs=9,40m, Tp=15s). Musoir stable  
Talus intérieur dégâts importants.

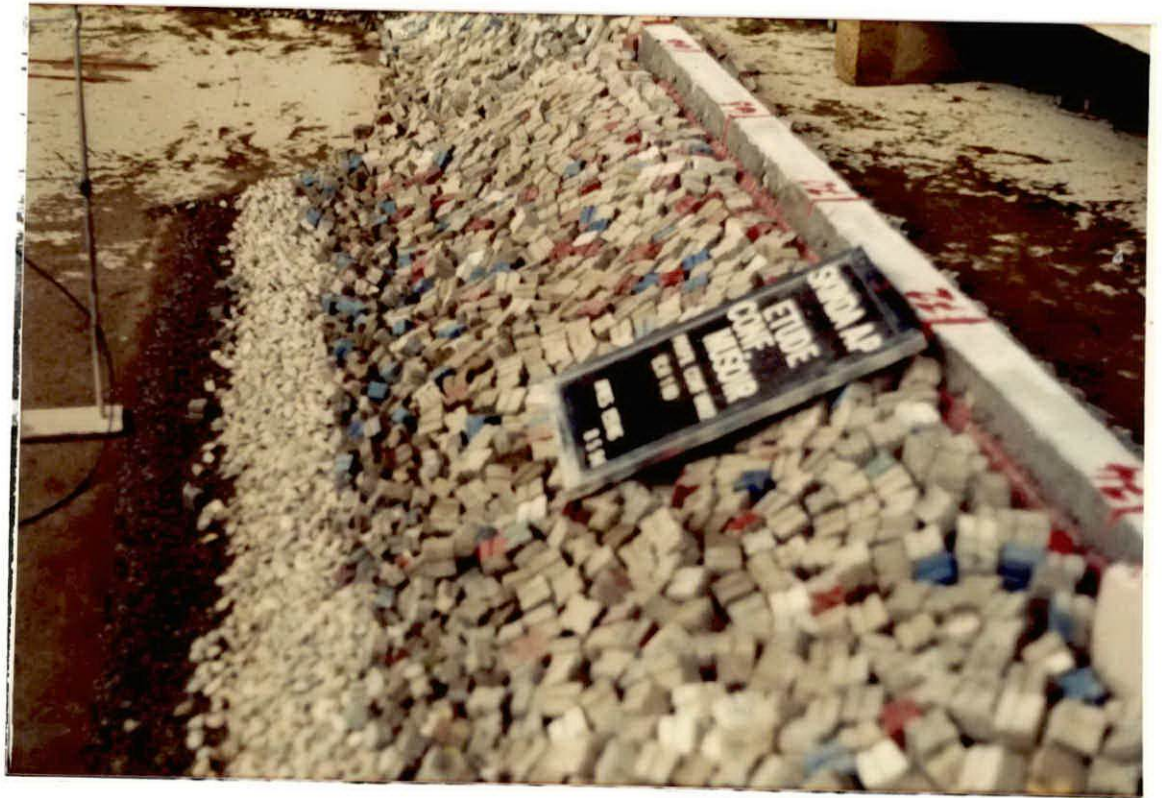


PHOTO 24 : Vue de la partie courante, variante 2, après essais  
profil stable.



PHOTO 25 : Profil conforté, variante 3 élargissement de la dalle de couronnement de 8m et rechargement du talus arrière avec des enrochements de ( 3-6)t avant essais.



PHOTO 26 : Vue de la partie courante, variante 3 avant essais.  
( Variante recommandée).



PHOTO 27 : Franchissements énormes, variante 3, direction N26°  
essai 8 (Es=10,02m, Tp=11's).



PHOTO 28 : Vue générale de l'ouvrage, variante 3 (Dégats cumulés = 0,27%  
après essais, profil très stable.



PHOTO 29 : Vue talus intérieur, variante 3, après essais,  
(Hs=10m, Tp=10s). Talus intérieur stable, légèrement  
érosé en crête.



PHOTO 30 : Vue de la carapace, variante 3 après essais (Profil stable).



PHOTO 31 : Vue du Musour, variante 3, après essais, légers dégats  
en butée côté intérieur.