

INSTITUT SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE
DES PECHES MARITIMES

ESSAIS DE TECHNOLOGIE ET DE PROSPECTION SUR LE "LAVAN 03"
ET DEBUT D'AMENAGEMENT DU CENTRE DE BUSER
MISSION EN IRAN DU 21 JANVIER AU 15 MARS 1978

Rapport de H. FARRUGIO (ISTPM, Sète)
et O. BARBAROUX (ISTPM, Nantes)

INSTITUT SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE
DES PECHES MARITIMES

ESSAIS DE TECHNOLOGIE ET DE PROSPECTION SUR LE "LAVAN 03"
ET DEBUT D'AMENAGEMENT DU CENTRE DE BUSHER
MISSION EN IRAN DU 21 JANVIER AU 15 MARS 1978

Rapport de H. FARRUGIO (ISTPM, Sète)
et O. BARBAROUX (ISTPM, Nantes)

SOMMAIRE

	Pages
INTRODUCTION	3
I. TRAVAUX EN MER	4
1/ Première sortie	4
2/ Deuxième sortie	6
II. TRAVAUX D'AMENAGEMENT ET D'EXPERIMENTATION DE L'APPAREILLAGE SCIENTIFIQUE DU CENTRE DE BUSHER	7
CONCLUSION	9
Annexe 1	
Annexe 2	
Annexe 3	
Annexe 4	
Annexe 5	

INTRODUCTION

— Conformément au souhait des responsables de l'IRSTPM de la SPSI*, l'objectif de la mission française initialement prévue pour étudier les petites espèces pélagiques et mettre au point des techniques de pêche, nouvelles pour le pays et des méthodes d'évaluation des ressources, a été modifié pour des raisons matérielles et élargi à un projet de prospection thonière sur le "Lavan 03" et de formation générale des chercheurs iraniens, tant sur le navire qu'au laboratoire de Busher qu'il fut nécessaire d'équiper avec le matériel existant. —

Dans cette nouvelle optique, la mission de MM.FARRUGIO et BARBAROUX a débuté le 21 janvier 1978 et s'est terminée le 15 février pour le premier, le 15 mars pour le second.

Il fut très difficile de réaliser le programme de recherches thonière qui devrait être complété par un réseau d'hydrologie, le "Lavan 03" n'ayant pu être mis à la disposition de la mission qu'à partir du 2 février et ce navire n'ayant reçu aucun des équipements prévus, nécessaires à toute recherche scientifique. C'est ainsi que le treuil d'hydrologie ne fut installé qu'à la demande express des experts et les appareils disposés à leur initiative, cependant que quelques lignes de traîne seulement, apportées dans les bagages personnels de M. FARRUGIO ont pu être utilisées pendant la prospection, la fourniture commandée en France n'étant pas parvenue à temps.

De plus, la période choisie par l'IRSTPM de la SPSI pour effectuer ce type de recherche ne semblait pas propice, si l'on s'en rapporte aux données connues sur la présence de thons dans cette région. Dans ces conditions, les essais de pêche ne pouvaient aboutir à des résultats significatifs. Tout au plus peut on retenir de ces deux sorties à la mer, une certaine forme d'instruction donnée sur le principe des techniques utilisées aux chercheurs iraniens embarqués.

Quant au temps passé à terre, au Centre de recherches de Busher, il a pu être mis à profit pour déballer, monter et mettre en route, dans la *SPSI Société des pêcheurs du sud de l'Iran (SHILAT JONOUB).

mesure des possibilités offertes par son état et ses caractéristiques, une partie du matériel déposé dans le magasin de la SHILAT. Là encore, différents exposés complétés par des travaux pratiques ont pu être faits aux chercheurs iraniens présents.

Compte tenu des difficultés rencontrées dans l'accomplissement de cette mission, ainsi d'ailleurs qu'au cours de précédentes missions effectuées dans le même cadre, il apparaîtrait nécessaire, au niveau supérieur, d'en analyser les causes, afin de décider des dispositions à prendre pour pouvoir poursuivre cette action de coopération dans de meilleures conditions.

I. TRAVAUX EN MER

Deux sorties en mer, à bord du navire "Lavan 03" de la Société des Pêcheries du sud de l'Iran ont été effectuées au cours de la mission.

1/ Première sortie :

Du 2 au 10 février, le secteur côtier compris entre les longitudes 53°00 E et 54°57' E au dessus du 26ème parallèle nord a été prospecté. Le personnel embarqué au cours de cette première campagne comprenait MM :

ALIZADEH

MIRZAH I (chercheurs iraniens)

BARBAROUX

FARRUGIO (chercheurs français)

La prospection a été orientée vers la recherche des thonidés à l'aide de lignes de traîne de surface. Dans ce but, le train de pêche utilisé a consisté en quatre lignes mouillées par l'arrière du navire (fig. 1). Ces lignes, dont la longueur variait de 65 m à 80 m, ont été mises à l'eau chaque matin, au début de la prospection et retirées le soir, après le coucher du soleil.

Le long des radiales, des mesures de la température en surface et des prélèvements d'eau ont été effectués régulièrement pour avoir des informations sur l'hydrologie superficielle de la zone étudiée. Les échantillons prélevés ont été analysés à terre, au laboratoire de Busher, au cours de la deuxième partie de la mission.

Les lignes utilisées étaient constituées de tresse bitumée de 4 mm de diamètre portant un bas de ligne en nylon monofilament de 80 ou 100 centièmes de mm. Divers types d'hameçons simples ou à deux arillons, à oeil ou à palette ont été utilisés (fig. 1).

Les leurres montés sur les lignes étaient tous bicolores, constitués par des associations de crins rouges et blancs, jaunes et blancs, verts et blancs ou rouges et jaunes. Un leurre du commerce, comportant une tête métallique chromée munie d'un gros oeil nacré et un bouquet de plumes blanches a également été utilisé (fig. 1). Ces lignes ont été disposées, sur l'arrière du navire et munies de sandows d'amortissement. Leur montage ainsi que la fabrication des leurres ont fait l'objet de démonstrations et de travaux pratiques pour les deux chercheurs iraniens embarqués.

La route parcourue au cours de la prospection est représentée sur les cartes des figures 2 et 3. Sur ces cartes figurent également les positions des stations d'hydrologie de surface ainsi que la situation des captures effectuées.

Dans l'ensemble, les conditions hydrologiques qui régnaient dans le secteur prospecté ont montré une grande uniformité thermohaline comme en témoignent les valeurs des températures et des salinités présentées dans le tableau 1. En l'absence de gradient thermique les conditions de milieu n'étaient guère favorable à la concentration des thonidés qui furent effectivement assez rares tout au long du parcours.

Les sondeurs ultra-sonores du "Lavan 03", ont été utilisés en permanence pendant la prospection pour détecter des bancs de petits pélagiques, qui servent en général de proies aux thonidés. C'est seulement à l'est de l'île de Qais (fig. 1) que des concentrations assez importantes ont pu être ainsi identifiées sous la surface. Elles coïncidaient avec la présence de bancs parfois assez importants de thonidés (Euthynnus alliteratus), visibles en surface et survolés par des vols d'oiseaux marins. A cette occasion, quelques poissons ont été capturés, halés à bord, mesurés et pesés. Il s'agissait en majeure partie de thonines dont la taille (mesurée de l'extrémité du museau à la fourche caudale) était comprise entre 360 et 440 mm pour un poids variant de 800 grammes à 1,5 kg. La détermination des sexes était impossible, les gonades filiformes et très difficile à discerner traduisant l'état juvénile des individus. Aucune information concernant le

régime alimentaire des poissons n'a pu être retenu, tous les estomacs qui ont été ouverts et examinés étant vides. Aucun parasite externe n'a été observé, mais on notait, en revanche, de nombreux nématodes dans les tubes digestifs. Parmi les captures figurait enfin un exemplaire de Thunnus tonggol, pesant 3 kg. Le contenu stomacal de ce poisson a révélé la présence de nombreux alevins de Trichiuridae.

En ce qui concerne différents types de leurres, on a constaté que le plus grand nombre de captures a été réalisé à l'aide des lignes portant des bouquets de nylon rouges et blancs, lesquels sembleraient donc les plus efficaces.

Tous les renseignements concernant les captures sont présentés dans le tableau 1. Les informations concernant les routes suivies et les conditions hydrologiques de surface figurent au tableau 2.

2/ Deuxième sortie :

La deuxième sortie en mer s'est déroulée, toujours à bord du "Lavan 03", du 22 février au 3 mars. La mission scientifique embarquée était composée de MM :

ALIZADEH
MIRZAEI
RIAHI
MOHAMMADPOUR
AALAI (chercheurs iraniens)
BARBAROUX (chercheur français)

Malgré deux jours de mauvais temps, la prospection thonière a pu être poursuivie jusque dans la mer d'Oman (fig. 4, tabl. 3). Deux stations profondes d'hydrologie classique y ont également été effectuées, les quelles comportaient des relevés de température et des prélèvements d'eau de la surface jusqu'à 900 mètres de profondeur. Les analyses de salinité et d'oxygène dissous ont par la suite été effectuées à terre au laboratoire de Busher et leurs résultats figurent dans le tableau 4.

Comme au cours de la première campagne, il a été constaté une grande homogénéité thermique et haline des eaux de la couche supérieure, conditions peu favorables à la concentration de bancs de petites espèces

pélagiques et donc de proies pour les thonidés. Les captures aux lignes traînantes, encore peu abondantes, ont consisté en quelques exemplaires de thonines (Euthynnus affinis) et de Thunnus tonggol (fig. 4, tabl. 1) qui se trouvaient, comme précédemment, à proximité immédiate des rares zones où une détection de petits pélagiques a été enregistrée au sondeur

A titre de démonstration pour les jeunes chercheurs iraniens qui embarquaient pour la première fois sur un navire, quelques notions de navigation ont été exposées, à la demande de l'expert français, par le commandant du "Lavan O3". De plus, un exposé leur a été fait, sur la technique du chalutage dont ils ont pu suivre la démonstration pratique .

En effet, un traict d'une heure a été effectué dans ce but en baie de Jask, par 18 m de profondeur, à l'aide d'un chalut de fond de type norvégien qui a été traîné à la vitesse de 3,5 noeuds sur un fond sableux, entre 12 h 30 et 13 h 30. La température de l'eau en surface était de 22,9° C et la salinité de 36,65 ‰. En une heure, ce chalutage a permis de capturer quatre tonnes de poissons dont 250 kg d'espèces de premier choix sur le plan commercial. La majeure partie des captures était toutefois composée de petits carangidés et de leiognathidés de petite taille. La liste des principales espèces capturées figure en annexe 1 .

II. TRAVAUX D'AMENAGEMENT ET D'EXPERIMENTATION DE L'APPAREILLAGE SCIENTIFIQUE DU CENTRE DE BUSER

Le temps passé à terre entre les sorties à la mer et à leur issue a été mis à profit pour procéder à l'aménagement partiel du laboratoire de Buser et à l'instruction des chercheurs iraniens présents.

La mission a pu constater que la plus grande partie du matériel entreposé l'année précédente dans un magasin de la SHILAT à Buser n'avait pas été déballé à l'exception d'un lot qui aurait été renvoyé à Téhéran dans le but d'aménager un laboratoire expérimental destiné à la technologie des produits.

Plusieurs des appareils scientifiques ont beaucoup souffert des manipulations et des conditions de stockage auxquelles ils ont été exposés pendant plus de deux ans. Un grand nombre d'entre eux sont dépourvus de

notices de montage et d'utilisation. Certains appareils de mesure sont en outre mal adaptés aux conditions rencontrées dans les eaux iraniennes.

La mise en route de certains instruments a par ailleurs été compliquée par le manque de nombreux accessoires courants, difficile à se procurer sur le marché local.

Quoiqu'il en soit, les appareils suivants ont pu être mis en état de fonctionnement :

- Balance de précision
- Microscopes avec système de prises de vues
- pH mètres
- Conductimètres
- Burette automatique
- Distillateur à eau

Les bouteilles à renversement ont été montées avec leurs thermomètres.

Des tests comparatifs ont été faits sur une petite thermosalino-sonde (Hydrobios M C 5/2), lesquels ont montré que les mesures thermiques donnaient des résultats comparables cependant que la mesure de la salinité conduisait à des écarts de 1 à 2 ‰ par rapport à la méthode chimique. En outre, la gamme de salinité ne peut guère excéder 38,5 ‰ à la lecture, ce qui limite l'utilisation de l'appareil vis à vis des valeurs supérieures qui peuvent être rencontrées dans le golfe Persique.

Une liste de petit matériel faisant encore défaut et qui peut être acheté à Téhéran, ainsi que des produits chimiques de base a été dressée.

Pour mémoire, il a été procédé au contrôle du montage d'un treuil hydraulique pour l'hydrologie à bord du navire "Lavan 03" ainsi que d'un portique supportant une poulie compteuse. Le câble d'hydrologie (1000 m \varnothing 4 mm) a pu être acheter en Italie à l'occasion d'un voyage du capitaine d'armement à Rome. Les experts ont également préconisé la mise en place d'un laboratoire succinct à bord.

Dès que les appareils ont été installés au laboratoire de Busher, des démonstrations concernant leur utilisation ont été faites aux chercheurs iraniens, ainsi que des exposés sur les composants du milieu marin et les méthodes chimiques d'analyse de l'oxygène dissous (méthode de Winkler) et de la salinité (méthode de Harvey). La teneur de ces exposés est présentée dans les annexes 2, 3 et 4.

A cette occasion, les échantillons récoltés sur le "Lavan 03" ont pu être analysés sur place.

CONCLUSION

La trop courte durée des deux sorties à la mer sur le "Lavan 03" et l'insuffisance des moyens mis à la disposition de la mission à cette occasion ne peuvent permettre de tirer des conclusions significatives sur l'évaluation des ressources pélagiques en fonction des conditions hydrologiques à cette époque de l'année dans la zone prospectée.

Tout au plus doit on considérer ces travaux à la mer comme une approche destinée à familiariser les chercheurs iraniens avec le milieu marin dont ils devront étudier saisonnièrement les variations et certaines méthodes de prospection des ressources marines qu'il leur sera nécessaire d'étendre à l'ensemble des eaux iraniennes pour définir les possibilités d'exploitation rationnelle de cette région.

C'est ainsi que les aspects suivants des techniques de recherches et d'analyses ont été abordés tant en mer qu'au laboratoire :

- montage et utilisation de lignes traînantes,
- technique du chalutage de fond,
- utilisation des échosondeurs U.S. pour la détection des bancs de poissons,
- établissement de programmes à la mer, de carte de prospection, de tracé des routes et du choix des secteurs à étudier,
- techniques d'étude du milieu marin, en particulier hydrologie : manipulation des instruments classiques (bouteilles à renversement, thermomètres, treuil), méthodes de lecture et de correction de la température, prélèvements d'échantillon d'eau de mer.

- dosages et analyses chimiques, en laboratoire, des prélèvements effectués à la mer,
- observations d'ordre biologique sur le matériel animal récolté au cours des pêches expérimentales.

Bien que les objectifs initiaux ne nous semblent pas avoir été atteints, pour des raisons d'organisation générale, on peut penser que ces travaux préliminaires effectués avec le concours permanent du personnel destiné à poursuivre ces études devraient permettre d'orienter le programme de recherches des responsables du Centre de Buser.

Date	Heure	Espèces	LAT. N	LONG.E	LF (mm)	P (g)	Sexe	Ligne n°	Leurre type	Hameçon type
03/02/78	11 h 50	<u>Coryphena hippurus</u>	26°26'00	53°11'00	910	4 500	♀	1	P (RB)	2
04/02/78	11 h 05	<u>Euthynnus affinis</u>	26°37'05	53°50'00	410	1 000	JUV	1	P (RB)	2
05/02/78	08 h 15	<u>Euthynnus affinis</u>	26°28'00	54°08'00	440	1 500	JUV	4	F (RB)	3
		" "	" "	" "	430	1 400	JUV	4	F (RB)	3
		" "	" "	" "	430	1 200	JUV	1	P (RB)	2
		" "	" "	" "	400	1 000	JUV	3	F (JB)	1
	08 h 50	" "	" "	" "	420	1 000	JUV	1	P (RB)	2
	09 h 20	" "	26°27'00	54°10'00	390	1 000	JUV	1	P (RB)	2
		" "	" "	" "	440	1 300	JUV	4	F (RB)	3
	09 h 25	" "	26°26'05	54°10'02	390	900	JUV	4	F (RB)	3
		" "	" "	" "	390	900	JUV	2	F (VB)	4
08/02/78	08 h 20	<u>Euthynnus affinis</u>	26°32'02	54°11'00	400	1 000	JUV	1	P (RB)	2
		" "	" "	" "	390	1 000	JUV	4	F (RB)	3
	09 h 30	" "	26°24'06	54°06'05	410	1 200	JUV	1	P (RB)	2
	10 h 30	<u>Thunnus tonggol</u>	26°26'00	53°55'00	630	3 000	♀	1	P (RB)	2
	12 h 10	<u>Euthynnus affinis</u>	26°26'07	54°03'00	360	800	JUV	4	F (RB)	3
	17 h 10	" "	26°40'00	53°30'00	400	1 250	JUV	1	P (RB)	2
24/02/78	08 h 00	<u>Euthynnus affinis</u>			400	1 000	JUV	2	F (RB)	3
27/02/78	11 h 00	<u>Coryphena hippurus</u>			750	3 500	♀	2	F (RB)	3
	14 h 30	<u>Euthynnus affinis</u>			480	2 000	JUV	1	P (RB)	2
		" "			490	2 000	JUV	2	F (RB)	3
28/02/78	10 h 10	<u>Thunnus tonggol</u>			440	1 500	JUV	1	P (RB)	2

Tabl. 1. - Liste des captures effectuées à la ligne traînante (pour les types d'hameçons et de leurres, voir la figure 1).

DATE	Heure locale local time	LAT. N	LONG. E	R. V.	Station N°	SURFACE (° C)	Détections Sondeur (Echodétection)	S % Surf.
02/02/78	09 h 45	Départ de Busher						
03/02/78	07 h 10	26°57'00	53°05'00	185	A. H1	22°00	-	39.3
	07 h 45	26°52'04	53°04'01	"	H2	22°30	-	39.3
	08 h 00	26°49'02	53°03'07	"	H3	22°00	-	39.3
	08 h 30	26°45'00	53°03'01	"	H4	22°30	-	39.1
	09 h 00	26°41'04	53°03'00	"	H5	22°30	-	39.1
	09 h 30	26°37'05	53°02'06	"	H6	22°15	-	39.2
	10 h 00	26°33'07	53°02'03	"	H7	22°08	-	39.1
	10 h 30	26°30'00	53°01'08	"	H8	22°23	-	39.4
	11 h 00	26°26'00	53°01'05	090	B. H9	22°15	-	39.5
	11 h 30	26°26'00	53°07'05	"	H10	22°40	-	39.3
	12 h 00	26°26'00	53°13'00	"	H11	22°20	-	39.6
	13 h 00	26°26'00	53°19'00	"	H12	23°08	-	38.9
	13 h 25	26°26'00	53°25'05	005	C. H13	23°10	-	38.5
	14 h 00	26°30'00	53°25'09	"	H14	23°30	-	38.4
	15 h 00	26°38'00	53°26'04	"	H15	23°30	-	38.6
	16 h 00	26°46'00	53°27'00	"	H16	22°50	-	38.7
	17 h 00	26°55'05	53°26'05	Caps	H17	22°40	+	38.7
	17 h 45	26°53'02	53°25'06	divers	D. --		+	
04/02/78	07 h 05	26°53'02	53°25'06	160	D.		-	
	08 h 00	26°45'00	53°29'00	"	H18	21°90	-	38.6
	09 h 00	26°36'08	53°32'05	087	E. H19	22°10	-	38.9
	10 h 00	26°37'00	53°40'06	"	H20	22°50	-	38.8
	11 h 00	26°37'04	53°49'00	"	H21	22°40	-	38.4
	12 h 00	26°37'05	53°57'05	"	H22	22°95	-	38.1
	13 h 00	26°38'00	54°06'00	" Caps divers	H23	23°30	-	38.4
	14 h 00	26°38'05	54°15'00	260	F. H24	22°35	-	38.2
	15 h 00	26°37'06	54°18'03	"	H25	22°50	-	37.9
	17 h 30	26°32'05	54°02'00	"	G. --		-	
05/02/78	07 h 20	26°32'05	54°02'00	130	G. --		-	
	08 h 00	26°28'05	54°07'05	"	H26	22°45	-	38.3
	09 h 00	26°28'02	54°08'05	"	H27	22°50	-	38.4
	10 h 00	26°23'04	54°15'00	"	H28	22°50	-	38.3
	11 h 00	26°18'07	54°21'00	"	H29	22°75	-	37.9
	12 h 00	26°14'05	54°27'01	"	H30	23°10	-	38.0

Suite du tableau 2

DATE	Heure locale local time	LAT. N	LONG.E	R.V.	Station N°	SURFACE (° C)	Détections Sondeur (Echodétection)	S % Surf.
	13 h 00	26°14'07	54°32'05	"	H31	23°30	--	-
	14 h 00	26°19'00	54°37'06	"	H32	23°10	--	37.8
	15 h 00	26°22'00	54°41'01	"	H33	22°65	--	37.9
	16 h 00	26°27'01	54°46'06	"	H34	22°20	--	37.6
	17 h 00	26°39'01	54°49'05	"	H35	21°50	--	37.6
		26°32'03	54°54'04	"	I. --		--	
06/02/78		26°32'03	54°54'04		.I.		--	
07/02/78	07 h 00	26°32'03	54°54'04	150	I	--	--	
	08 h 00	26°28'00	54°57'02	255	J	--	--	
	11 h 00	26°21'00	54°30'06	330	K	--	--	
	14 h 00	26°42'02	54°16'04	"	L	--	--	
08/02/78	06 h 30	26°42'02	54°16'04	205	L	--	--	38.5
	07 h 00	26°39'06	54°14'05	"	H36	22°10	--	38.5
	08 h 00	26°33'02	54°11'04	"	H37	22°10	--	38.6
	09 h 00	26°27'00	54°08'00	"	H38	22°40	--	38.5
		26°24'00	54°06'05	280	M		--	
	10 h 00	26°25'00	54°01'01	"	H39	22°50	--	38.2
		26°26'02	53°54'00	185	N		--	
		26°28'03	53°54'01	095	O		--	
	11 h 00	26°28'02	53°55'05	"	H40	22°60	--	38.7
	12 h 00	26°27'05	54°03'01	180	P.H41	22°70	--	38.9
	13 h 00	26°22'02	54°03'01	287	Q.H42	22°70	--	39.2
	14 h 00	26°24'01	53°56'01	"	H43	22°75	--	38.9
	15 h 00	26°26'05	53°47'05	"	H44	22°90	--	39.1
	16 h 00	26°30'00	53°34'06	"	H45	22°65	--	39.2
		26°30'04	53°33'05	343	R		--	
	17 h 00	26°38'06	53°30'07	"	H46	22°35	--	39.1
	18 h 00	26°47'00	53°28'00	357	S.H47	21°95	--	39.0
	18 h 45	26°56'05	53°27'05	"	T			
09/02/78	Route	retour vers Busher						
10/02/78	10 h 00	Arrivée à Busher						

Tabl. 2. - Caractéristiques des radiales de prospection et conditions hydrologiques rencontrées lors de la première sortie de "Lavan 03"

DATE	Heure locale	LAT. N	LONG.E	R.V.	Station N°	O Surface	Détection Sondeur	S % _o Surf.
22/02/78	17 h 00	Départ Busher Route vers l'île de Haudiri						
23/02/78	15 h 30	Manille devant l'île de Haudiri						
24/02/78	07 h 00	mis en pêche 4 lignes						
"	08 h 00			155	H 48	22°0		38,3
"	09 h 00			"	H 49	22°2		38,8
"	10 h 00			"	H 50	22°3		38,0
	11 h 00	26°16'0N	53°53'30"	98°	H 51	22°5		38,3
	12 h 00				H 52	22°6		38,5
	13 h 00	26°14'0N	54°07'30E					
24/02/78	16 h 15	26°34'0N	54°31'0 E					
25/02/78								
26/02/78								
27/02/78	09 h 20	25°25'0N	57°01'0"E		H A			
	10 h 30	"	"	65°				
	11 h 00				H 61	23°2		36,5
	12 h 00				H 62	23°3		36,5
	13 h 00				H 63	23°2		36,6
	13 h 20	25°33'0N	57°19'5	120°				
	14 h 00				H 64	23°6		36,6
	15 h 00			40°	H 65	23°6		36,6
	16 h 00				H 66	23°1		36,6
	17 h 00				H 67	22°7		36,6
	18 h 00							
28/02/78	06 h 45			175				
	07 h 00			"	H 68	22°1		36,5
	08 h 00			"	H 69	22°8		36,5
	09 h 00			"	H 70	22°85		36,5
	10 h 00			"	H 71	22°8		36,5
	11 h 00				H 72	23,2		36,6
	12 h 00				H 73	23,4		36,5
	13 h 00				H B			

Tabl. 3. - Caractéristiques des radiales et conditions hydrologiques rencontrées lors de la deuxième pêche de "Lavan 03".

Station hydrologie HB Position LAT 25°04'0 N

le 28.02.78 LONG 57°42'0 E

Sonde 1 100 m angle du câble 15°

Profondeur	Température	Salinité	O ₂ cm ³ /dm ³
0	23°70	36,5	4,55
10	23°67	36,6	4,53
20	23°56	36,4	4,44
30	23°50	36,5	4,39
50	23°45	36,5	4,39
75	-	-	
100	22°15	36,2	1,25
150	20°55	36,2	0,17
200	19°61	36,2	0,15
300	17°81	36,4	0,25
500	-	36,0	0,17
600	12°78	35,8	0,17
800	11°40	35,6	0,12
900	-	35,4	0,13

Station hydrologique HA Position LAT 25°25'0 N

le 27.02.78 LONG 57°01'0 E

Sonde 160m angle du câble 5°

Profondeur	Température	Salinité	O ₂ cm ³ /dm ³
0	23°55	36,5	4,60
10	23°59	36,7	4,52
20	23°59	36,4	4,52
30	23°57	36,6	4,49
50	23°52	36,6	4,12
75	23°41	36,5	3,81
100	23°26	36,6	3,88
140	21°14	36,2	0,38

Tabl. 4. - Résultats des mesures et analyses effectuées pour les stations profondes d'hydrologie (HA et HB) effectuées en mer d'Oman.

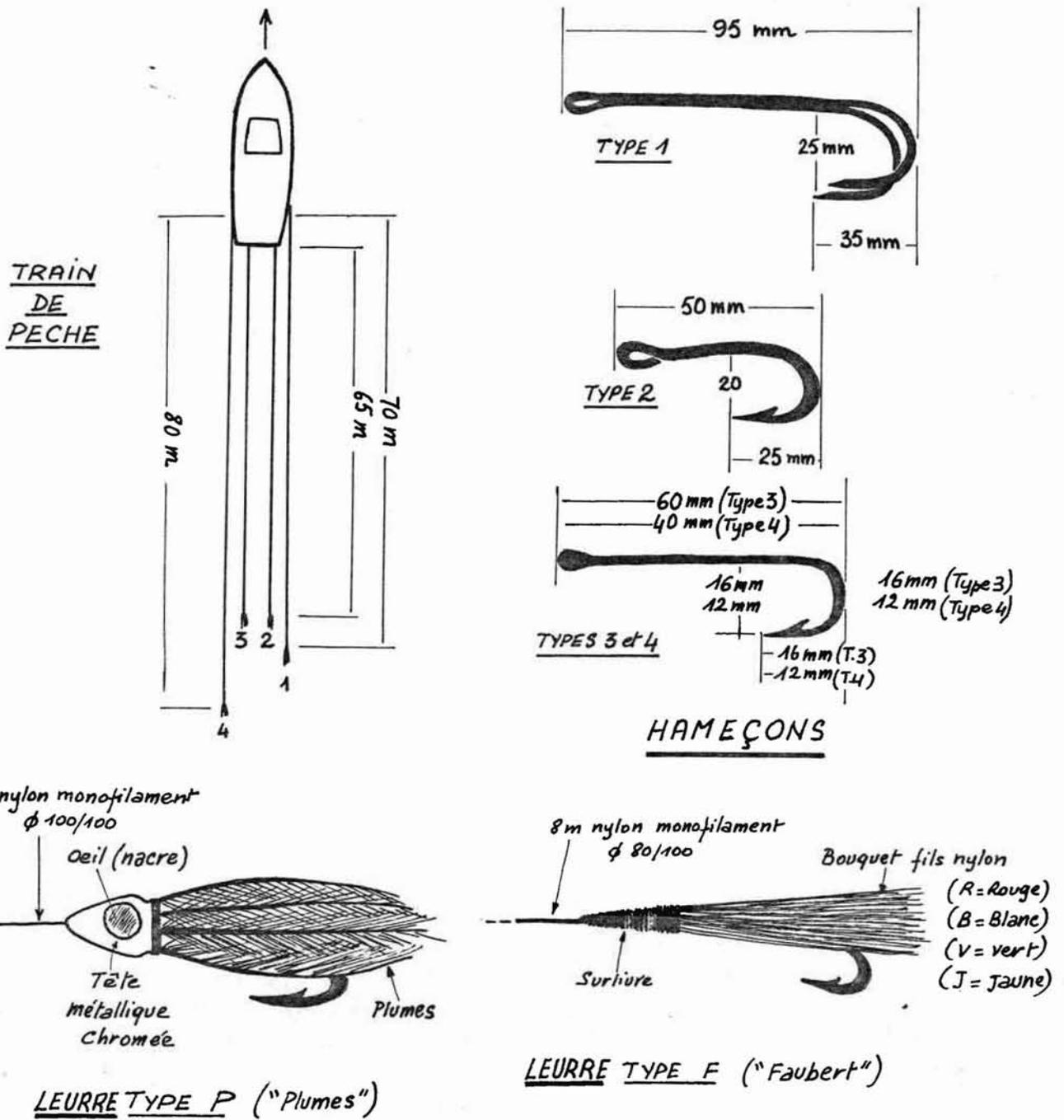
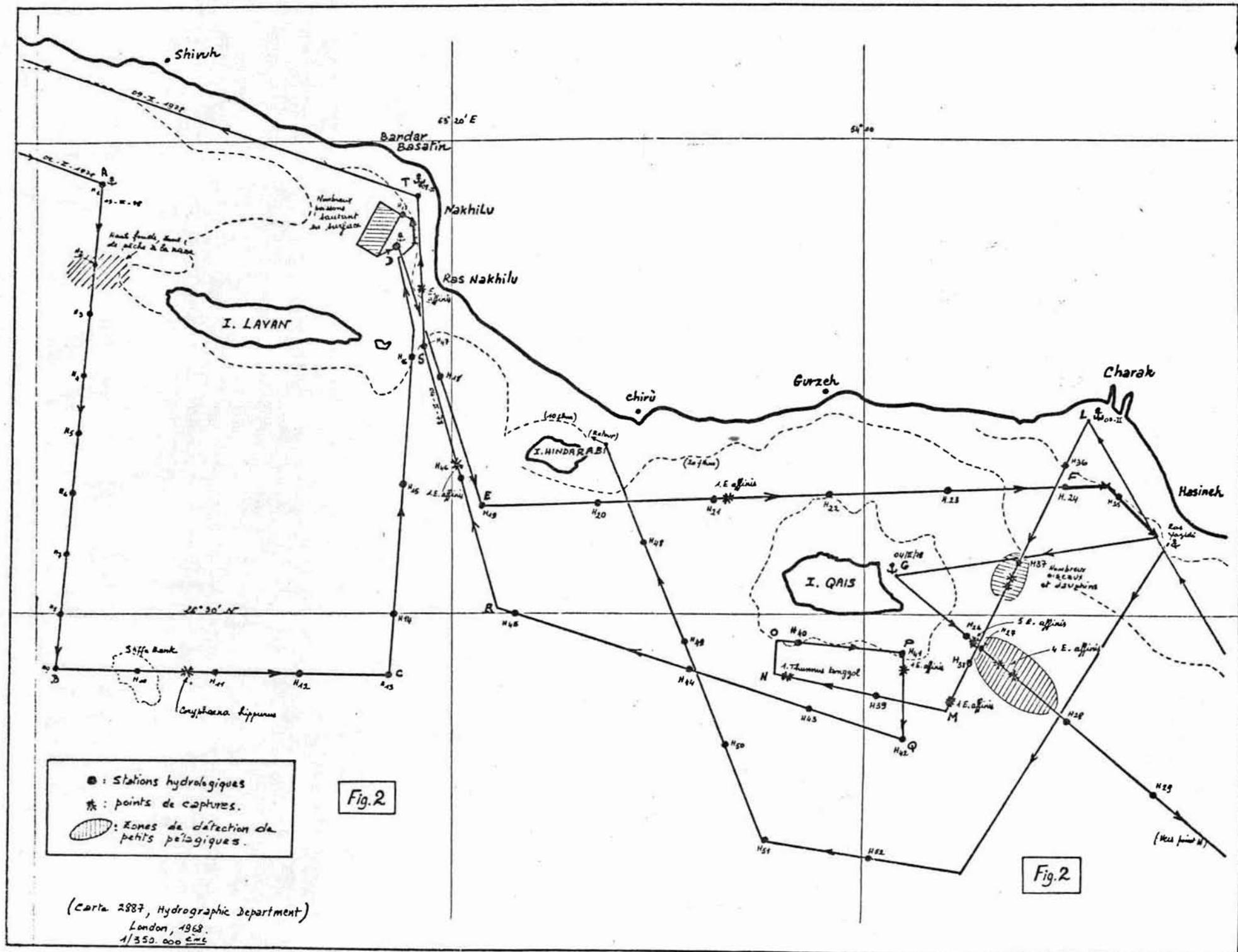


Fig.1.- Schémas du train de pêche et des différents types de leurres et d'hameçons.



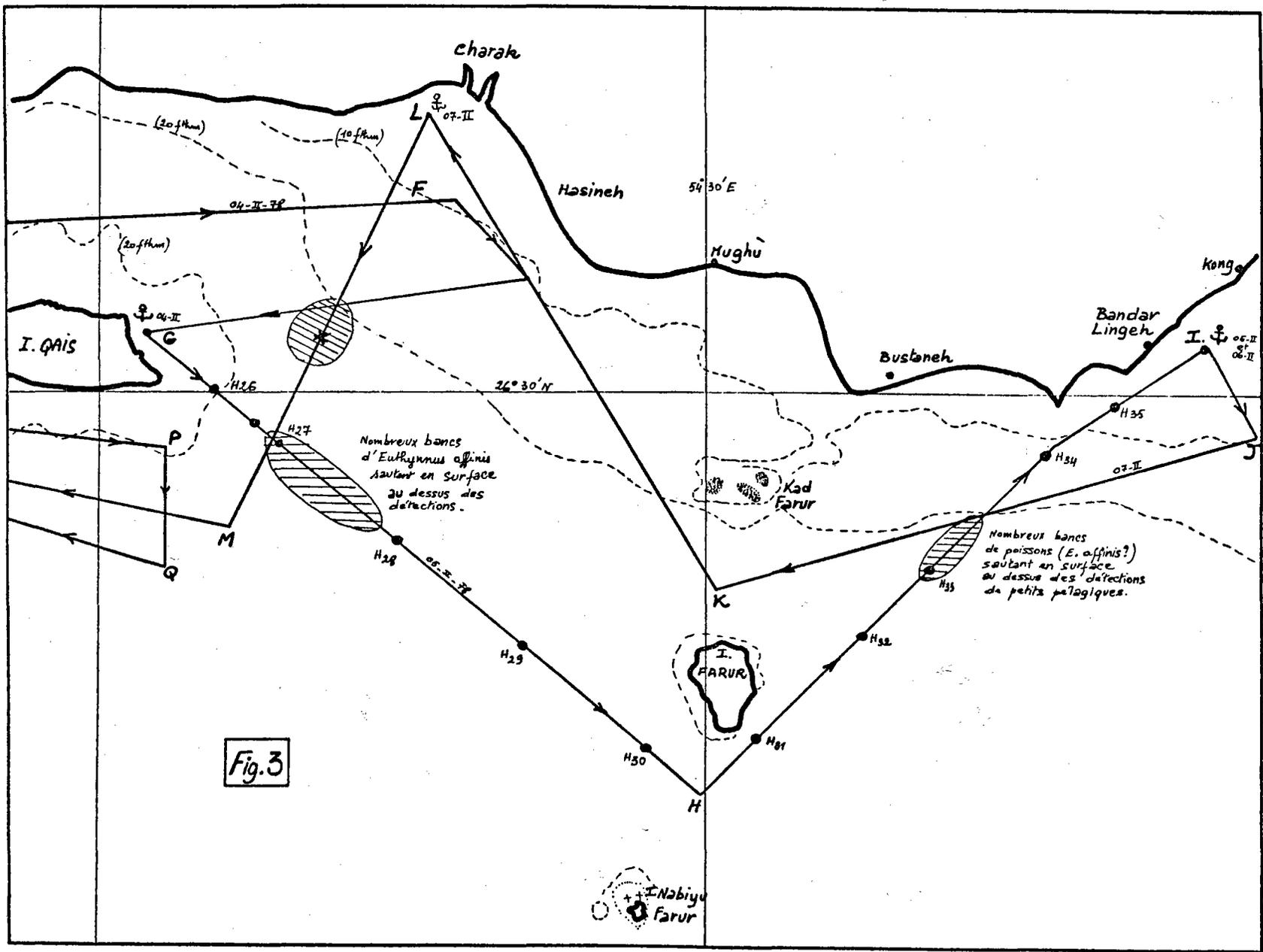


Fig. 3

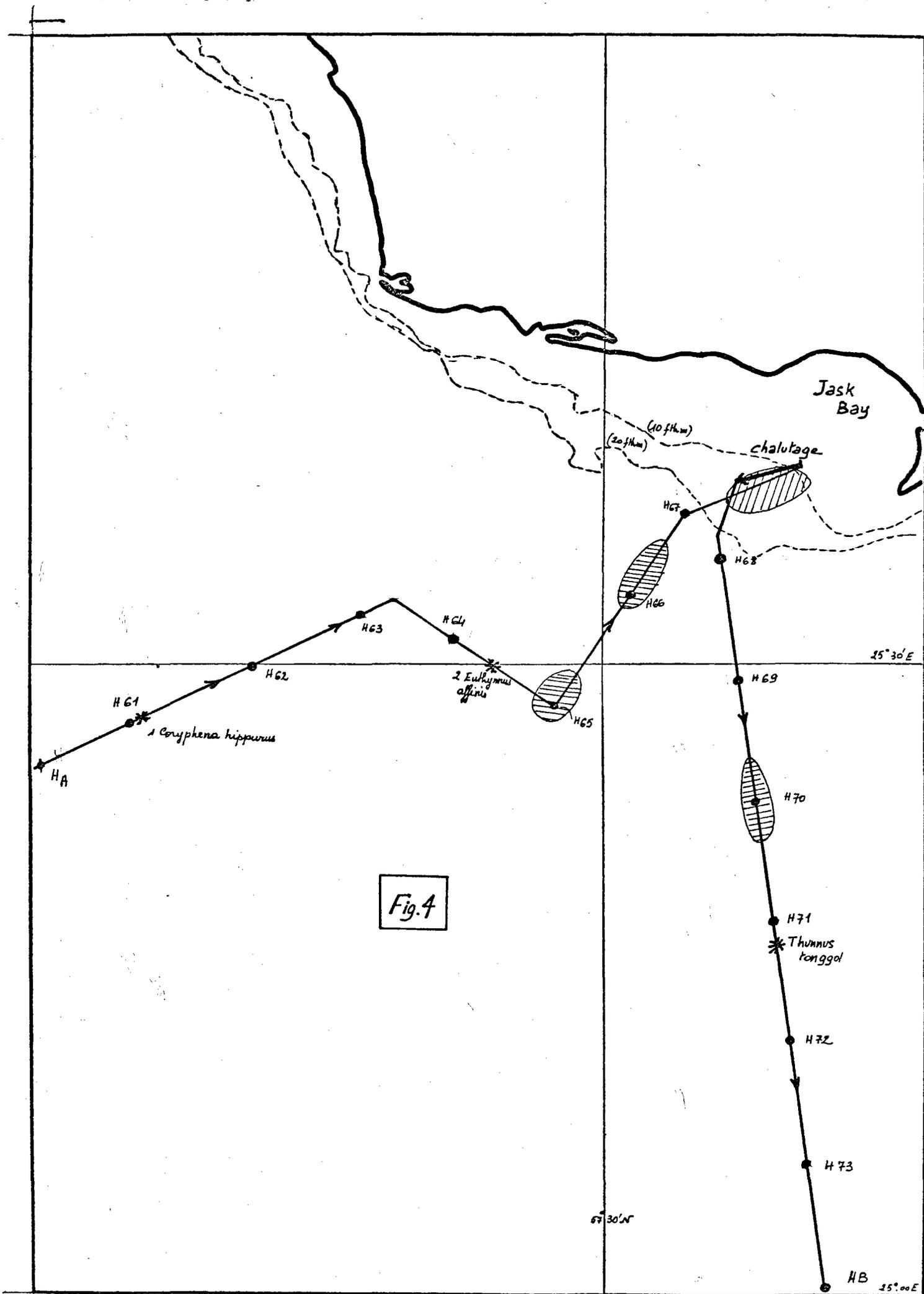
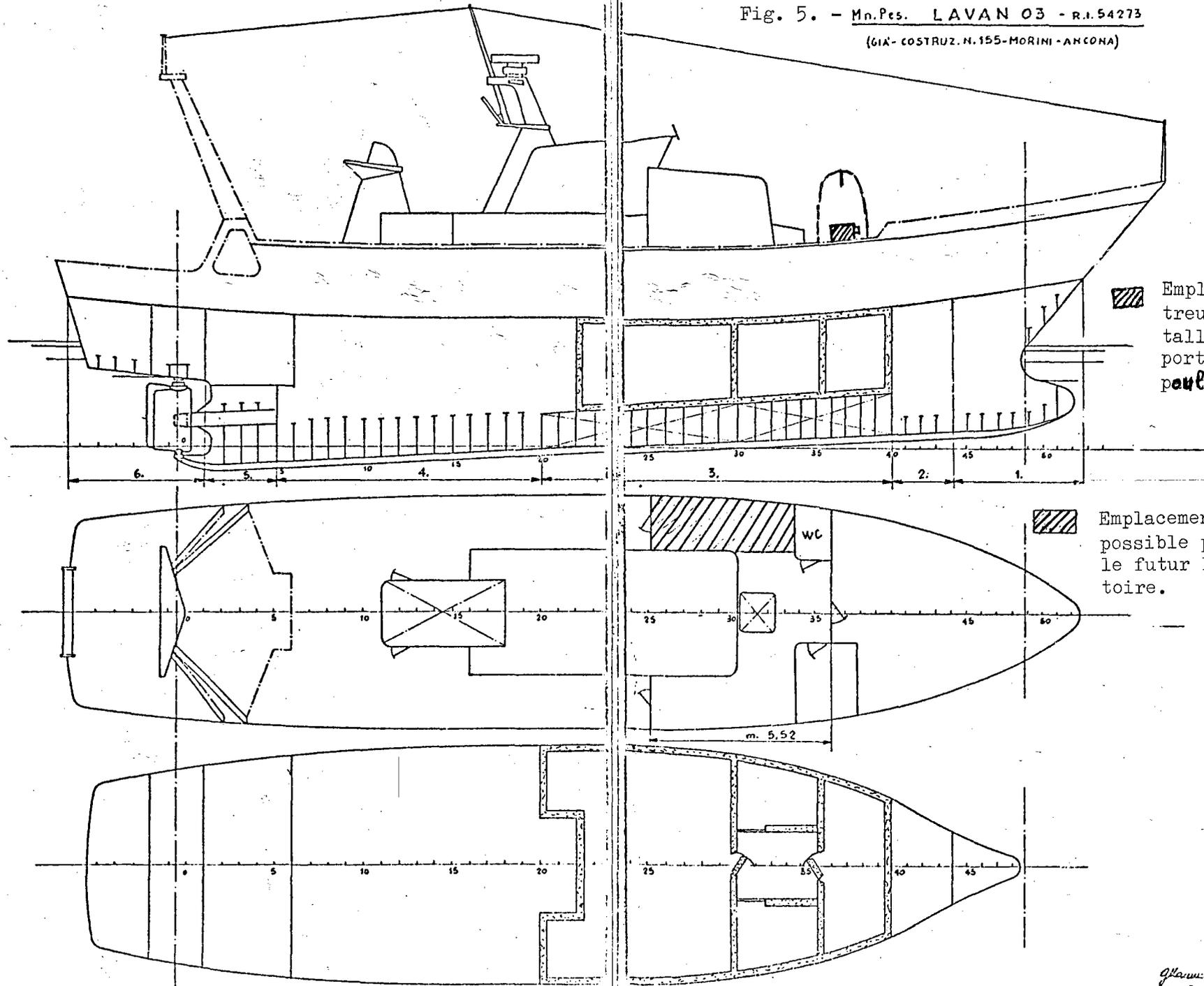


Fig. 5. - Mn. Pes. LAVAN 03 - R.I. 54273

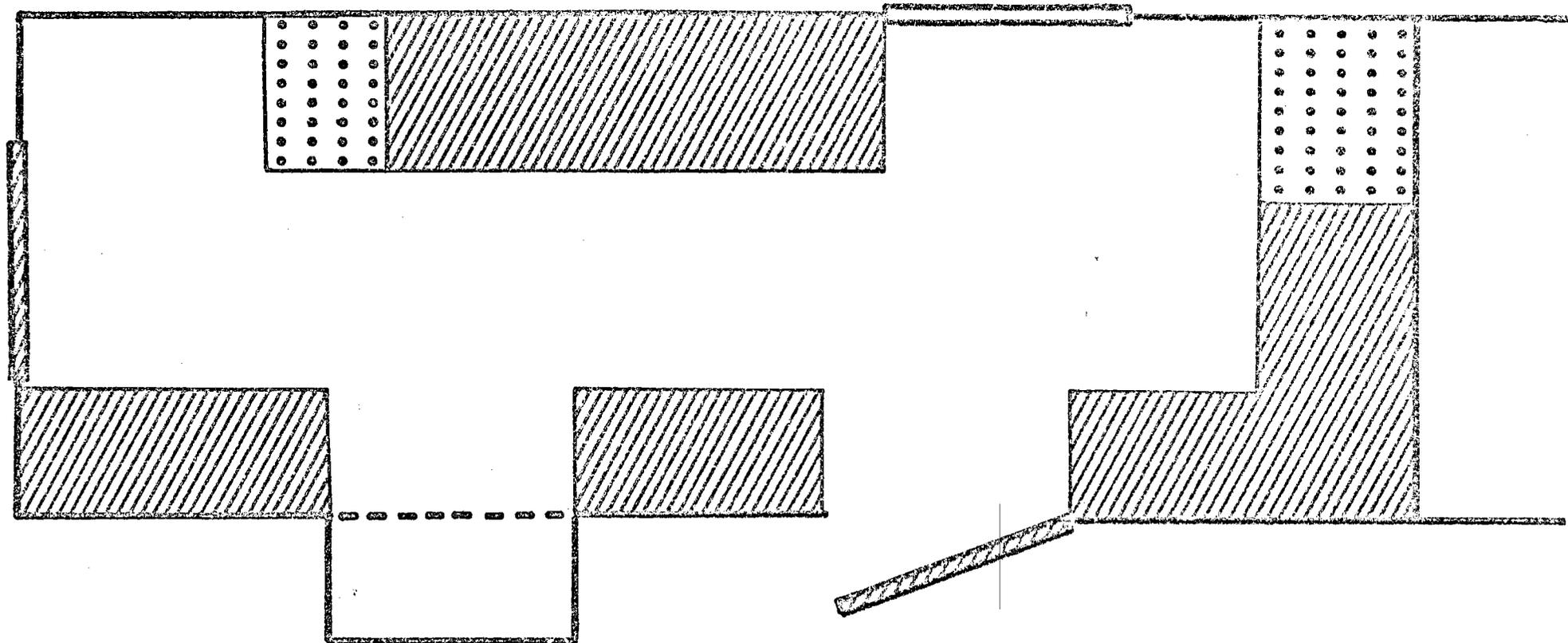
(61A - COSTRUZ. N. 155 - MORINI - ANCONA)



Emplacement où le treuil a été installé ainsi que le portique pour la partie compteuse.

Emplacement possible pour le futur laboratoire.

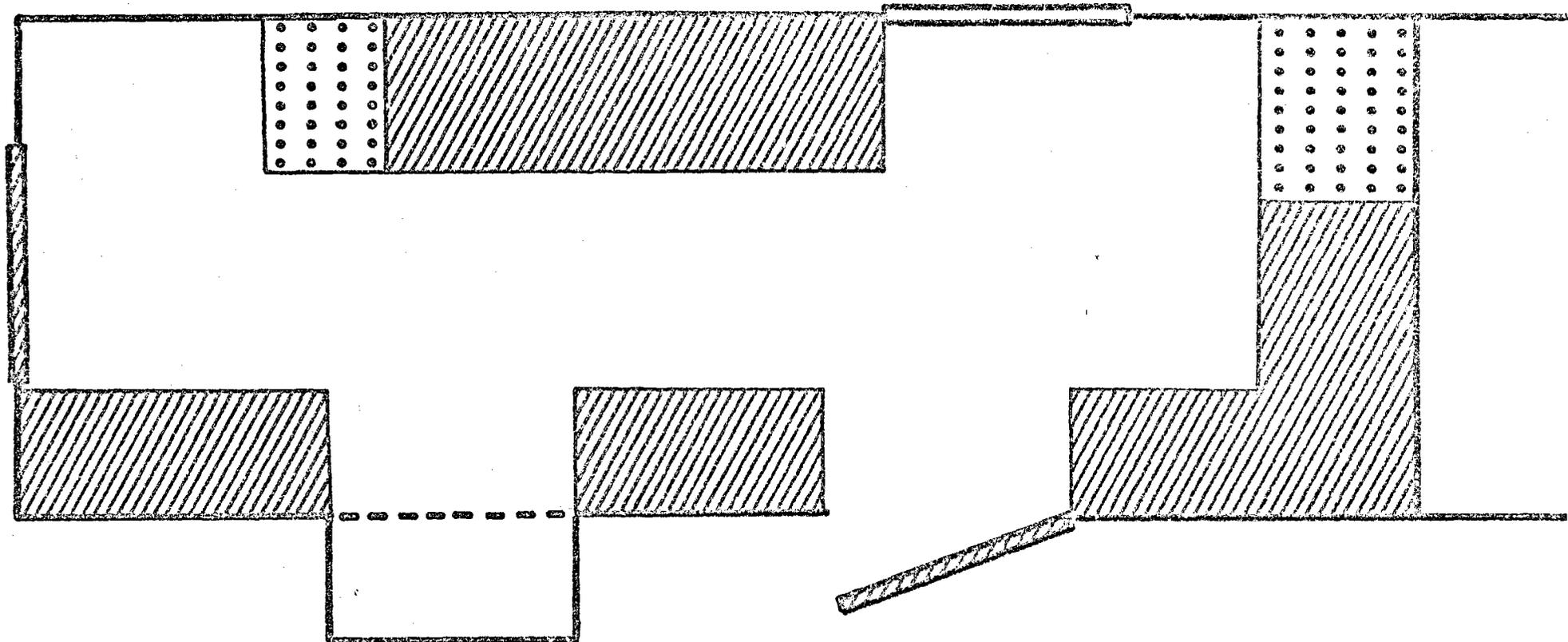
Gharinotti
An. 9.2.77



 pailleasse

 évier

Fig. 6. - Projet d'aménagement d'un laboratoire à bord du "Lavan 03".



 paillasse

 évier

Fig. 6. - Projet d'aménagement d'un laboratoire à bord du "Lavan 03".

ANNEXE 1

Liste faunistique des principales espèces capturées lors du chalutage en
baie de Jask.

<u>POISSONS</u>	Clupeidae	Ilsha indica Chirocentrus dorab Sardinella fimbriata
	Myctophoidae	Saurida tumbil
	Ariidae	Arius sp.
	Carangidae	Chorinemus sp. Caranx sp.
	Menidae	Mene maculata
	Nemipteridae	Nemipterus japonicus
	Pomadasiidae	Plectorhynchus cinctus
	Sciaenidae	Otholithus argenteus
	Mullidae	Mulloidichthys auriflamma
	Sparidae	Sparus datnia Sparus cuvieri Sparus spiniger
	Scombridae	Cybium commersoni Scomberomorus guttatus
	Sphyraenidae	Sphyraena jello
	Leiognathidae	Leiognathus sp.
	Serranidae	Therapon jarbua Therapon quadrilineatus
	Psettodidae	Psettodes erumei
	Bothidae	Pseudorhombus (arsius ?) Pseudorhombus sp.
<u>CRUSTACES</u>	Penalidae	Pnaeus sulcatus

ANNEXE 2

Notions sur le milieu marin
exposées à Busher aux chercheurs iraniens*

* rédigé pour les techniciens du contrôle par M. Claude LEROY.

P L A N.

1. Le milieu physicochimique.

Généralités sur l'eau de mer

Composition de l'eau de mer, loi de Dittmar

Salinité, chlorinité

Température

Oxygène

Éléments nutritifs

Productivité primaire

2. Les mouvements de la mer.

Vagues

Marées

Courants

3. Incidences écologiques.

Température

Courants

Oxygène

Salinité

Rôle combiné de différents paramètres.

Bibliographie sommaire.

1. LE MILIEU PHYSICO-CHIMIQUE.

1.1. Généralités sur l'eau de mer.

L'eau de mer contient environ 96 % d'eau douce d'où l'importance des propriétés physiques et chimiques de l'eau pure comparées à celles de l'eau de mer.

1.1.1. Densité.

La densité de l'eau pure passe par un maximum à 4°C. Ce n'est plus vrai pour l'eau de mer qui ne présente pas de maximum de densité au-dessus d'une salinité de 25 ‰.

La densité de l'eau de mer diminue quand la température augmente, elle augmente avec la salinité.

Par définition, la densité d'une eau de mer est le rapport entre la masse de 1 dm³ de cette eau de mer à la température t et la masse du même volume d'eau distillée à 4°C.

En océanographie on a l'habitude d'utiliser le terme σ à la place de d selon la formule :

$$d = 1 + \frac{\sigma}{1000}$$

exemple : si d = 1,02754

$$\sigma = 27,54$$

1.1.2. Compressibilité.

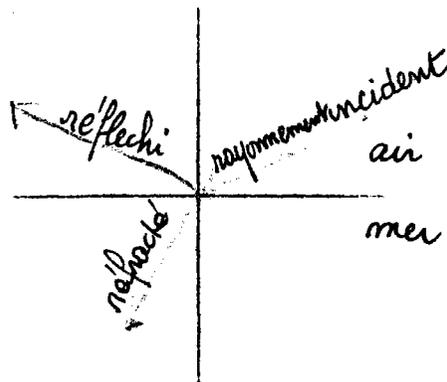
L'eau de mer est légèrement compressible.

* Un volume d'eau de mer, transporté à 10 000 m de profondeur (pression environ 1 000 bars) perdra 4,5 % de son volume : 1 000 cm³ deviennent 955 cm³.

* Si l'eau de mer devenait incompressible, le niveau des océans monterait d'une trentaine de mètres.

1.1.3. Propriétés optiques.

Quand la lumière atteint la surface de la mer, une partie se trouve réfléchi vers le ciel.



Une partie pénètre suivant un angle qui varie avec l'indice de réfraction. L'indice de réfraction augmente avec la salinité.

Les radiations qui pénètrent sous la surface sont diffusées et absorbées, plus ou moins suivant leur longueur d'onde. Le bleu pénètre le mieux, le rouge le moins bien (à 30 m le rouge paraît noir).

1.2. Composition de l'eau de mer.

Loi de Dittmar.

On retrouve dans l'eau de mer à peu près tous les ions.

Composition moyenne pour une eau de salinité 35 ‰.

Chlorures	Cl^-	19,345 g/kg
Sulfates	SO_4^{2-}	2,701
Bicarbonates	HCO_3^-	0,145
Bromures	Br^-	0,066
Fluorures	F^-	0,0013
Sodium	Na^+	10,752
Magnésium	Mg^{2+}	1,295
Calcium	Ca^{2+}	0,416
Potassium	K^+	0,390
Strontium	Sr^{2+}	0,013
Acide borique	H_3BO_3	0,027

Dès 1884 Dittmar constate que les rapports de concentration sont conservés, quelle que soit la concentration totale (quelle que soit la salinité).

C'est une observation importante qui permet de dire que la composition relative de l'eau de mer est à peu près constante. Il y a des exceptions. La loi de Dittmar est inapplicable aux éléments à l'état de traces et à ceux qui entrent dans le cycle biologique. Elle est inapplicable aux mers fermées. Il y a dans ce cas quelques variations du fait de la différence de composition des sols lessivés par les précipitations.

Seule la circulation des masses d'eau tend à homogénéiser l'eau de mer.

Autres incidences de la loi de Dittmar : relations entre eux des paramètres physico-chimiques.

chlorinité	↔	salinité
salinité	↔	densité
salinité	↔	indice de réfraction
salinité	↔	conductivité électrique.

1.3. Salinité - Chlorinité.

1.3.1. Salinité.

La salinité n'est pas exactement la masse de sel dissous. Lors des essais d'obtention de la salinité par évaporation on s'est aperçu qu'il fallait chauffer jusqu'à 480° pour obtenir une masse constante de résidu. A cette température, certaines réactions chimiques

ont lieu.

La salinité est la masse en grammes de résidus solides contenus dans 1 kilogramme d'eau de mer quand le brome est remplacé par une masse équivalente de chlore, que les bicarbonates et carbonates sont transformés en oxydes, la matière organique étant complètement oxydée.

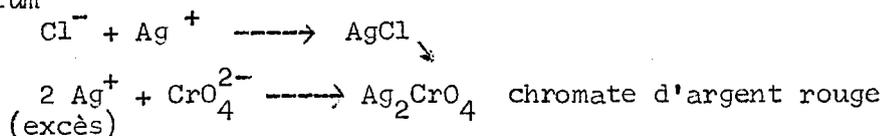
Symbole : ‰ ou g/kg

Proscrire absolument les g/l, on commet une erreur de 2 à 3 %.

1.3.2. Chlorinité.

Il est difficile d'évaporer de l'eau de mer ; compte tenu de la loi de Dittmar on a cherché à analyser un ion très répandu : Cl^- .

On dose par le nitrate d'argent AgNO_3 en présence de chromate de potassium



En fait, on dose aussi Br^- et I^- et on obtient l'équivalent en chlorure qu'on assimilera en 1ère approximation à la chlorinité, c'est-à-dire à peu près la masse d'équivalent en chlore par kilogramme d'eau de mer.

Méthodes de mesures.

Méthode de Knudsen

Méthode de Harvey.

On compare la chlorinité de l'eau inconnue à la chlorinité d'une eau connue dite "eau normale" de chlorinité certifiée et qui est fabriquée par le National Institute of Oceanography.

Ne pas confondre chlorinité et chlorosité : la chlorosité est l'équivalent chimique de la chlorinité mais elle est mesurée en g/litre à 20° et non en g/kg.

1.3.3. Relation chlorinité - salinité.

C'est la relation de Knudsen, consécutive à la loi de Dittmar.

$$S = 0,03 + 1,805 \text{ Cl}$$

1.3.4. Mesure de la salinité.

1.3.4.1. : Chlorinité, par la relation de Knudsen.

1.3.4.2. : par conductivité électrique, X .

Les ions contenus dans l'eau de mer conduisent l'électricité et la conductivité augmente avec la salinité et la température.

Il existe des tables donnant $S = f(X, t)$.

Il est plus précis de comparer les conductivités de l'eau de mer à celle de l'eau normale à la même température. Ce rapport de conductivité à 15°C constitue la définition actuelle de la salinité.

$$S = f(R_{15}), \text{ polynôme du 5}^{\text{e}} \text{ degré}$$

On peut descendre un conductimètre à grande profondeur, il convient de corriger de l'effet de pression.

1.3.4.3. par densité.

On peut évaluer la salinité avec seulement un aréomètre et un thermomètre. Il existe des tables de conversion. La méthode est peu précise mais rapide et peu onéreuse.

1.3.4.4. Mesure par indice de réfraction (et température).

1.4. Origine et répartition de la salinité.

La salinité moyenne des océans est de 34,8 ‰.
 Profondeur moyenne 3 800 m }
 Surface 350 10⁶ km² } volume 1,33 10⁹ km³.

Cette quantité et surtout sa composition ne peuvent être expliquées par le seul lessivage de l'écorce terrestre et il faut faire appel au lessivage originel de la croûte d'halogénères alcalins par la pluie formée au-dessous de la température critique de l'eau (370°).

La répartition géographique est fonction du bilan évaporation - précipitation - ruissellement.

La salinité est donc, en surface, maximum aux tropiques 37 ‰ en Atlantique, minimum à l'équateur 35,5 ‰ et aux hautes altitudes 34 ‰. Elle diminue devant les fleuves (20 ‰ à 600 milles de l'Amazone).

Cette répartition est fonction de la géographie des mers, elle est élevée dans les bassins de concentrations à seuil comme la Méditerranée 38 ‰ et la Mer Rouge 41 ‰.

En profondeur elle varie selon la provenance des eaux (Méditerranée, EAI). Aux grandes profondeurs elle est légèrement inférieure à 35 ‰. Cette quantité de sel, si elle était étalée sur les continents représenterait une masse de 290 tonnes par m² représentant une hauteur de 140 m.

1.5. Température.

En surface on peut utiliser un thermomètre ordinaire, si on veut la température en profondeur on doit utiliser un thermomètre à renversement qui, par rupture de la colonne de mercure, conserve en mémoire la température au moment de son retournement.

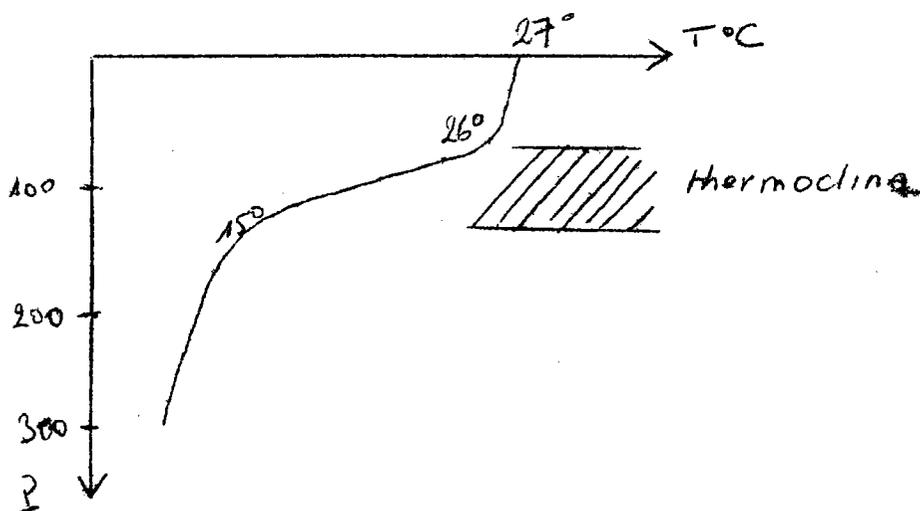
Les thermomètres à mercure tendent à être remplacés par des sondes (thermistance, résistance de platine, sonde à quartz).

La radiométrie infra rouge permet grâce aux satellites ou aux avions de connaître la température superficielle sur une grande étendue.

La température de l'eau en surface est directement liée au bilan thermique pour lequel les gains sont essentiellement dus à l'énergie reçue par rayonnement solaire et les pertes liées à l'énergie rayonnée et à la convection (chaleur cédée à l'air) et à l'évaporation.

A ce bilan il convient d'ajouter le transport des masses d'eau qui équivaut à un transfert d'énergie d'une région à l'autre (cas du Gulf Stream). La température a deux limites physiques, vers le bas c'est le point de congélation : -1°C pour 35 ‰, vers le haut c'est l'énergie reçue par rayonnement : 30 à 35°C , exceptionnellement plus, si l'eau réchauffée n'est pas renouvelée.

Généralement la température diminue quand la profondeur augmente. Dans les régions tempérées et surtout tropicales et équatoriales, on observe une brusque diminution de la température avec la profondeur, appelée thermocline.



Cette barrière, de densité ainsi créée, présente une grande importance biologique car elle sépare deux milieux très différents.

La température en profondeur peut être liée à la forme des bassins : le seuil de Gibraltar interdit l'entrée d'eau polaire profonde en Méditerranée, la température ne descend pas au-dessous de 12°C (cf. Mer Rouge).

En surface la température peut diminuer du fait de la remontée d'eau, phénomène appelé up welling, qui est dû au courant ou au vent (le vent entraînant un courant). Phénomène important car il ramène en surface des eaux riches en sels nutritifs (nitrates, phosphates).

1.6. Exemple de répartition de température et salinité Atlantique intertropicale.

		T° C	S ‰
0			
50	eau superficielle		
	eau équatoriale	25	35,5
100	eau subtropicale		
200	thermocline	24	36,5
500	eau centrale (transition)		
800	EAI - eau antarctique intermédiaire	6	34,5
2 000	eau profonde arctique	4	35
4 000	eau de fond antarctique	2	34,8

1.7. Oxygène.

Tous les gaz atmosphériques se retrouvent dissous dans l'eau de mer. L'oxygène, biologiquement, est le plus important.

1.7.1. Données physiques.

La solubilité de l'oxygène dans l'eau de mer diminue quand la température augmente et quand la salinité augmente.

A l'équilibre entre de l'air saturé en humidité et de l'eau, les quantités d'oxygène solubilisé sont les suivantes (cm³/dm³).

T°C	0°	10°	20°	30°
E dist.	10,22	7,89	6,35	5,28
E. mer. 35 ‰	8,05	6,32	5,17	4,35

La quantité d'oxygène s'exprime le plus souvent en cm³/dm³ d'eau de mer, à 0° sous 1 atmosphère.

On peut l'exprimer en mg/dm³ ou $\mu\text{atg}/\text{dm}^3$

$$1 \text{ cm}^3 = \frac{1 \text{ mg}}{0,7}$$

$$1 \text{ cm}^3 = 89,23 \mu\text{atg}$$

Le rapport entre la quantité d'oxygène dissous et la quantité d'oxygène soluble à saturation s'appelle le taux de saturation. C'est une grandeur intéressante car proportionnelle à la pression partielle du gaz dans l'eau et représentative des échanges physiques. La solubilité à saturation est donnée par les tables de l'UNESCO.

ex : on trouve $T = 20$, $S = 35$, $O_2 = 6,82 \text{ cm}^3/\text{dm}^3$

soit $O_2 = 6,35 \text{ cm}^3/\text{dm}^3$ à saturation

$$O_2 \% = \frac{6,82}{6,35} \times 100 = 105 \%$$

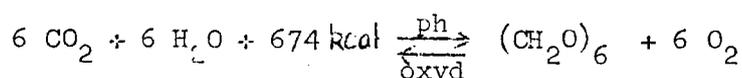
Dans cet exemple l'eau est sursaturée, phénomène dû à la photosynthèse.

1.7.2. Répartition de l'oxygène.

Dans l'eau de mer, l'oxygène est produit par photosynthèse dans la zone correctement éclairée, il est consommé par oxydation de la matière organique.

Il y a bien sûr des échanges avec l'atmosphère.

On peut écrire :



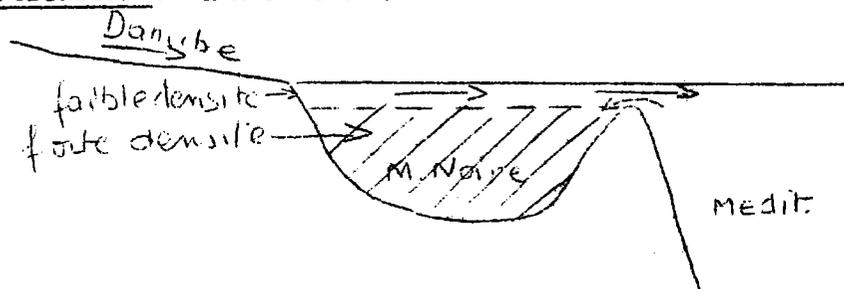
En surface et au-dessus de la thermocline on est en général au voisinage de la saturation sauf cas particulier.

Au-dessous la quantité d'oxygène diminue pour atteindre un minimum vers 200 à 1 500 m. Ce minimum peut être très marqué.

Plus bas la quantité d'oxygène se stabilise, la concentration est régie par la circulation.

Au voisinage du fond il y a accumulation de matière organique ce qui entraîne une plus forte consommation d'oxygène et on constate une diminution de la quantité d'oxygène dissous.

Cas particulier : la Mer Noire.



Bassin de dilution à seuil où les eaux salées, denses et profondes ne sont pas renouvelées : il n'y a plus d'oxygène mais de l'hydrogène sulfuré.

1.8. Éléments nutritifs (sens large).

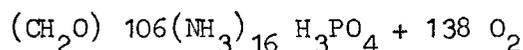
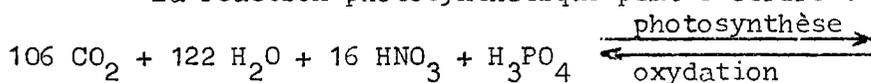
Presque tous les éléments présents dans l'eau de mer sont biologiquement réactifs. On n'étudie pas ceux qui sont en grande quantité (Cl^- , Na^+) et on s'intéresse seulement à ceux qui sont en concentration juste suffisante et dont le manque peut entraver le développement du phytoplancton.

En général on limite les études aux nitrates (nitrites, ammoniac) phosphates et silicates. Mais le fer, le cuivre, le vanadium, le titane, le manganèse, le zinc, la vitamine B12 etc, ont une grande importance.

Pour connaître l'importance relative d'un élément on fait le rapport entre ce qui est contenu dans la matière vivante et ce qui est contenu dans l'eau de mer.

1.9. Productivité primaire.

La réaction photosynthétique peut s'écrire :



Il existe une relation directe entre l'oxygène produit et la matière organique synthétisée (entre l'oxygène consommé et la matière organique oxydée).

La productivité primaire s'exprime en masse de carbone organique produit par unité de volume et par unité de temps. Le volume pouvant être celui de la colonne d'eau située sous 1 m² de surface : g m⁻² j⁻¹.

Les zones côtières sont plus productives que le large.

La productivité varie avec les saisons, avec la latitude et avec l'heure (variations de l'éclairement).

Aux latitudes moyennes on observe, surtout au voisinage des côtes une productivité importante au printemps.

La productivité moyenne globale des océans se situe vers 100 g de carbone par m² et par an.

2. LES MOUVEMENTS DE LA MER.

Vagues , marées , courants

2.1. Les vagues.

La houle est entraînée par l'action du vent sur la surface de la mer. Il n'y a pas transport général d'eau, une particule décrit un cercle, sauf au voisinage de la côte où il y a déferlement.

Les vagues font rarement plus de 12 mètres, certaines de 20 à 30 m ont été mesurées.

D'autres vagues peuvent être dues à un tremblement de terre (raz de marée).

2.2. Les marées.

Phénomène dû à l'attraction du milieu liquide par la lune et le soleil (il existe une "marée" terrestre : influence sur la croûte, mais de très faible importance). C'est un phénomène périodique qui dépend :

- des positions relatives des astres
- des distances aux astres perturbateurs
- de la forme des bassins océaniques.

Pour l'observateur côtier, le résultat se traduit par un changement du niveau de l'eau, changement périodique, qui peut être diurne, semi diurne ou composé des deux périodes.

L'utilisation des tables de marée sera vue par ailleurs (prévision de la hauteur d'eau en fonction de l'heure).

Les plus grandes marées sont rencontrées au Canada en baie de Fundy : amplitude 18,5 m. Dans la baie du Mont Saint Michel on note 15 m.

La forme des bassins a une grande importance sur l'amplitude des marées ces dernières sont accentuées dans les baies. Dans les mers, les marées sont faibles. Au large elles sont également de faible amplitude, 1,5 m, on en a une idée dans les îles isolées.

2.3. Les courants.

2.3.1. Courants dus aux vagues.

Au large, la houle n'induit pas globalement de transports. Ce n'est pas le cas à la côte et il existe un cas simple qu'on peut extrapoler à d'autres situations. Lors du déferlement des vagues sur une barrière de corail, une fraction de l'eau entre dans le lagon par dessus la barrière, il s'ensuit un courant sortant par les passes.

2.3.2. Courants de marées.

Les oscillations verticales que sont les marées s'accompagnent de transports d'eau horizontaux. Ces transports induisent des courants qui sont d'autant plus forts que l'amplitude est grande et que la profondeur est faible (Mont St Michel, raz Blanchart : 7 noeuds).

Ces courants sont très forts entre l'océan et une mer à faible marée (Déroit de Gibraltar). Ils sont pratiquement inexistantes entre deux mers à faible marée (il n'y a pas d'écluse sur le Canal de Suez).

2.3.3. Les grands courants océaniques.

A la surface de la terre, les différences de pression au niveau du sol entraînent le déplacement des masses d'air, c'est le vent. Il y a analogie avec le milieu marin où, une différence de pression entre 2 points d'un même niveau est liée à la présence d'un courant. On voit là l'importance qu'il y a à connaître la répartition verticale des densités. Répartition de densité et courants sont donc liés, et ceci quelque soit la cause du courant dans la mesure où il est permanent.

Le courant est le plus souvent dû au vent, courant d'autant plus stable que le vent est permanent, le meilleur exemple est le courant circum polaire antarctique dû au vent permanent soufflant d'ouest et qui a son origine entre les basses pressions enregistrées sur le continent antarctique froid et les hautes pressions présentes vers 30 à 40° Sud.

Ce courant transporte 100 à 150 x 10⁶ m³/s.

Les autres grands courants océaniques sont liés aux mêmes phénomènes météorologiques, ils sont cependant limités dans l'espace par la présence des continents.

S'il y a inversion des HP et BP barométriques compte tenu de l'alternance des saisons, il y a inversion du sens du vent et inversion du courant induit. Le phénomène est très net dans l'Océan Indien nord avec l'alternance de la mousson.

L'énergie primaire de tous ces phénomènes provient du soleil. Les énergies thermiques transportées par les courants sont considérables. Globalement il y a transfert de chaleur de l'équateur vers les pôles mais localement, du fait de la présence des continents il peut y avoir dissymétrie en latitude. Un bon exemple est celui de l'Atlantique nord où le courant du Labrador rafraîchit la côte américaine alors que la grande dérive nord atlantique qui fait suite au Gulf Stream réchauffe l'Europe (50, 10⁶ m³/s) Saint Pierre et Miquelon et Nantes bien qu'à la même latitude, ont des climats totalement différents.

2.3.4. Les courants profonds.

Ces courants sont mal connus car difficilement mesurables. On admet généralement qu'ils sont lents, supposition parfois contreversée. Il n'en demeure pas moins que compte tenu des grandes épaisseurs mises en jeu, la quantité d'eau transportée est énorme.

2.3.5. Cas particulier des bassins de concentration.

Un courant peut être dû à un excès d'évaporation dans une région limitée (cas de la Méditerranée et de la Mer Rouge). C'est ainsi qu'à Gibraltar aux courants de marée, se superpose un courant général entrant en surface et en courant sortant au voisinage du fond. La différence entre ces deux courants compense l'écart qu'il y a entre les apports d'eau (précipitations, ruissellements) et l'évaporation. Ces courants ont des débits de l'ordre de 10⁶ m³/s dans chaque sens. La différence est de 30 000 m³/s. Si Gibraltar était fermé la Méditerranée baisserait d'environ 1 m/an.

Il a été étudié un projet d'utilisation de cette énergie à l'entrée de la Mer Rouge dont le niveau baisserait de 2 m/an si le détroit de Bab El Mandeb était fermé. L'énergie récupérée serait considérable puisqu'équivalente à la puissance de 50 centrales de 1 000 mégawatts.

Les conséquences écologiques, bien entendu, seraient catastrophiques puisque le niveau de la mer rouge serait à 200 m au dessous de son niveau actuel et que sa salinité ne ferait qu'augmenter.

3. INCIDENCES ECOLOGIQUES

Les exemples permettant de relier les conditions de milieu aux espèces vivantes sont multiples.

Il serait nécessaire de considérer l'influence de nombreux facteurs physico-chimiques. Le plus souvent, au large on se limite à température, salinité, oxygène et sels nutritifs voire même à la seule température.

3.1. Influence de la température.

Certains exemples sont connus de tout le monde. On ne trouve pas de morue à l'équateur, ni de barracuda au Groenland.

En ce qui concerne les poissons de fond il est nécessaire que la présence du fond coïncide avec la bonne température. C'est ainsi que la température de prédilection de la morue se situe vers $4^{\circ} + 1$ à $+ 3$ sur les fonds n'excédant pas 250 à 500 m. Si on trouve de l'eau à 3° mais à plusieurs milliers de mètres de profondeur, les conditions ne sont pas remplies.

En ce qui concerne les poissons pélagiques, la proximité du fond semble avoir moins d'importance et on citera l'exemple du Germon qui dans ses migrations vers le nord, ne dépasse pas l'isotherme 16° . Cette espèce se plaît dans les zones de front thermique. C'est ainsi qu'on rencontre des germons dans le sud de Terre Neuve, à la limite entre les eaux du courant du Labrador et celles de la dérive nord atlantique, le poisson se trouvant dans les eaux les plus chaudes, vers 18° . Bien souvent les fronts ne sont pas aussi marqués, des concentrations de germon peuvent être rencontrées sur des gradients consécutifs à des écarts de température d'un demi degré.

Ces relations entre présence de germon et gradient thermique ne sont pas systématiques, on observe des gradients sans thon et des thons sans gradient.

En ce qui concerne les sardines, les meilleures conditions dans le Golfe de Gascogne sont observées vers 15 à 18° .

3.2. Influence des courants.

3.2.1. Up-welling, rôle des sels nutritifs.

La force de coriolis, due à la rotation de la terre fait dévier sur sa droite (gauche) toute masse en mouvement dans l'hémisphère nord (sud). Si dans l'hémisphère nord un courant longe une côte située à sa gauche, ce courant a une composante dirigée vers le large et qui entraîne en surface un flux d'eau s'éloignant de la côte. Cette eau est remplacée par de l'eau sous-jacente provenant d'environ 300 m de profondeur, plus froide et riche en sels nutritifs puisque située hors de la zone photosynthétique. Ce phénomène est appelé up welling. Dans ces régions on constate une forte diminution de la température (18° au large de la Mauritanie) et un enrichissement des eaux superficielles en sels nutritifs qui, atteignant les couches d'eau éclairées, permet une forte productivité primaire puis secondaire. Ces régions et leurs abords sont riches en poissons.

C'est ainsi que les quantités pêchées au large du Pérou représentent à elles seules $1/5$ de la pêche mondiale.

3.2.2. Les oeufs et les larves sont transportés par les courants. On peut prendre pour exemple le plancton transporté par le courant atlantique entrant en Méditerranée.

3.3. Influence de l'oxygène.

Dans le nord de l'Océan Indien, les eaux situées au-dessous de la thermocline (barrière de densité) n'ont pratiquement pas d'échange avec les eaux superficielles. En effet elles ne peuvent être renouvelées que par des eaux fort éloignées, venant de l'hémisphère sud, l'hémisphère nord étant barré par le continent asiatique. Au dessous de la thermocline, il n'y a presque plus

d'oxygène, celui-ci étant consommé par oxydation de la pluie des organismes morts venant de la couche superficielle. On note souvent un taux de saturation de 3 %. On conçoit que dans ces conditions il y ait peu de poisson aux profondeurs concernées.

Le tableau suivant donne une idée des rendements en poisson par heure de pêche avec différents taux de saturation en oxygène sur la côte du Pakistan occidental (chalutage).

% oxygène	Masse de poisson par heure de pêche
2 à 3 %	10 à 200 kg
35 %	100 à 1 200 kg
90 à 100 %	600 à 2 300 kg

L'immersion de la thermocline est variable d'une saison à l'autre et donc aussi l'épaisseur de la couche superficielle bien oxygénée (90 à 100 %) qui varie de 100 m en hiver à 20 m en été (présence d'un up-welling), dans ces conditions on conçoit aisément l'alternance des saisons de pêches avec les saisons.

Dans l'exemple précédent, la diminution de la quantité d'oxygène dissous est directement liée à la diminution de la température, dans ces conditions pour une saison déterminée et dans une aire géographique limitée, on peut se contenter de repérer la température au voisinage du fond pour avoir une idée de la quantité d'oxygène présent.

3.4. Rôle de la salinité.

Au large, les variations de salinité sont assez faibles et leur incidence écologique également. C'est donc surtout au voisinage des estuaires que les variations de ce paramètre entraînent des perturbations dans le milieu vivant.

Le rôle de la salinité et des autres paramètres physico-chimiques a été particulièrement étudié en ce qui concerne la conchyliculture. Cet aspect sera vu par ailleurs en détail.

En se limitant à un exemple, on peut noter, en Guyane, les déplacements des silures (poisson chat), espèces d'estuaires dont l'aire de répartition s'étend vers le large en période de pluie, alors qu'en saison sèche, ces poissons restent au voisinage de la côte.

3.5. Rôle combiné des différents paramètres.

En présence d'un up-welling on a à la fois de l'eau plus froide et riche en sels nutritifs. Présence de sardines le long de la côte d'Afrique.

Bibliographie sommaire.

1. Physique et chimie.

Introduction à l'océanographie,
tome 1. Propriétés physiques et chimiques des eaux de mer
A.A. IVANOFF (Vuibert)

2. Géographie (répartition mondiale de température et salinité)
Cours d'Océanographie régionale.
P. TCHERNIA.

3. Analyses.

- A practical handbook of sea water analysis
STRICKLAND and PARSONS

- Methods of seawater analysis
GRASSHOFF, 1976.

4. Incidences écologiques : nombreux articles dans la Revue des Travaux
de l'ISTPM et dans Science et Pêche.

- HELA, LAEVASTU, 1970.- Fisheries Oceanography.

ANNEXE 3

Dosage de l'oxygène dissous

METHODE DE WINKLER

(Exposée à Busher aux chercheurs iraniens,
avec démonstration pratique et manipulations).

I - PRINCIPES -

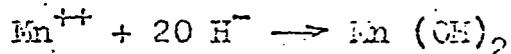
En milieu basique, l'oxygène dissous oxyde quantitativement Mn^{II} en Mn^{III} et Mn^{IV} .

En milieu acide Mn^{III} et Mn^{IV} oxydent quantitativement I^- en I_3^- .

I_3^- est dosé par $S_2O_3^{2-}$.

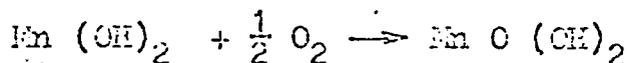
II - REACTIONS -

1) formation du précipité jaune de $Mn(OH)_2$



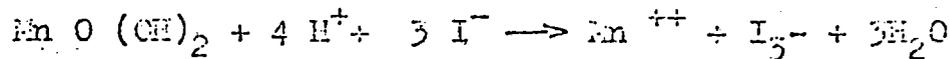
2) oxydation de $Mn(OH)_2$ par l'oxygène dissous

(jaune \rightarrow brun)

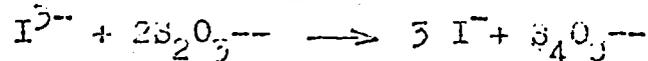


Cette réaction entre phase solide et phase dissoute n'est pas immédiate.

3) addition de H^+ et oxydation de I^- en I_3^-



4) dosage de I_3^- par le thiosulfate



tétrathionate

.../...

III - REACTIFS : tous de qualité pour analyse.

- 1) solution de sulfate de manganèse pour analyse
dissoudre 480 g. de $Mn SO_4 \cdot 4H_2O$
ou 400 g. de " " , $2H_2O$
ou 365 g. de " " , H_2O dans de l'eau distillée et compléter à 1 litre. Ajouter lentement $Mn SO_4$ à l'eau (agitateur magnétique).
- 2) solution de iodure de potassium et de soude caustique
 - a - dans un bœcher ou erlen de grande ouverture de 1 litre contenant 400 ml d'eau distillée, dissoudre lentement en agitant (agitateur magnétique) 500 de soude en pastilles. La réaction est très exothermique (refroidir). Il est prudent de travailler au-dessus d'un évier ou d'une cuvette.
 - b - dissoudre ²⁵⁰ 360 g. de iodure de potassium dans 400 ml d'eau distillée.
 - c - verser lentement la solution de KI dans celle de NaOH en agitant (magnétique) et en refroidissant. Les bulles d'air de dégazage qui se forment (trouble) s'évacuent lentement.
Conserver à l'abri de la lumière (éviter le papier aluminium qui réagit avec NaOH).
- 3) Acide sulfurique : on utilise $H_2 SO_4$ 36 N pour analyse.
- 4) Solution de thiosulfate de sodium
 - a - dissoudre 35 g. de $Na_2 S_2 O_3 \cdot 5H_2O$ dans 1 litre d'eau distillée bouillie. Ajouter quelques gouttes de sulfure de carbone (CS_2) et conserver à l'obscurité. La solution est environ 0,15 N.
 - b - diluer 10 fois pour obtenir une solution 0,015 N
- 15 fois pour obtenir une solution 0,010 N

(adapter le titre à la quantité d'oxygène dissous à la burette et à la prise de solution d'iode. A titre indicatif, si la prise d'iode est de 100 ml et le thiosulfate 0,015 N, il en faut 10 ml pour doser 7 ml d' O_2 /litre.).

La solution de thiosulfate doit être très souvent étalonnée (avant, pendant et après les séries de dosages O_2)

- 5) Solution étalon d'iodate de potassium (pour analyse)
0,0100 N
- sécher KIO_3 pendant 1 heure à 105°
 - le laisser refroidir dans un dessiccateur
 - peser 0,3567 g de KIO_3 (à 100 %)
ou 0,3574 g " " (à 99,8 %)
 - dissoudre dans 1 litre d'eau distillée (fiolle jaugée de précision).

Si la pesée n'est pas exactement 0,3574 dans le cas de KIO_3 à 99,8 % de pureté, le titre exact est :

$$\frac{\text{pesée}}{0,3574} \times 0,0100 \text{ N}$$

- 6) Thiodène : on l'emploie à l'état solide.

IV - ETALONNAGE DU THIOSULFATE

- 1) A 100 ml d'eau de mer (ou d'eau distillée) contenus dans un erlen, ajouter dans l'ordre suivant :

1-~~05~~ ml d' H_2SO_4 36 N, bien mélanger

1-~~05~~ ml de KI + NaOH, bien mélanger, toute la soude doit être neutralisée par H_2SO_4 (attention aux gouttes égarées).

1-~~05~~ ml de $Mn SO_4$ (solution rose) bien mélanger pipette précision (cristélen) 2 traits.

- 10,00 ml de KIO_3 étalon. Homogénéiser en agitant le moins possible et surtout sans faire de bulles. (l'iode qui s'est formé tend à s'échapper de la solution).

pour la suite il est bon de disposer d'un agitateur magnétique réglé de telle manière qu'il n'y ait pas de bulles d'air introduites dans la solution à titrer.

- 2) Le thiosulfate étant dans la burette de 10 ml, l'ajouter à la solution d'iode jusqu'à presque décoloration. Ajouter une "pincée" de thiodène (avec une petite spatule on s'arrange pour garder cette quantité à peu près constante tout au long des analyses). Continuer à ajouter le thiosulfate jusqu'à décoloration complète. (virage pas toujours facile à observer : disposer une feuille blanche sous et derrière le vase). Noter le nombre de ml de thiosulfate nécessaire.

- 3) Répéter les opérations 1 et 2 jusqu'à obtenir de valeur ne différent pas de la valeur de la précision de burette

- 4) Calcul du titre du thiosulfate, F

soit 0,0100 N le titre de KIO_3 dont on prend 10,00 ml
soit v le volume de thiosulfate nécessaire au dosage

$$F = 0,0100 \times \frac{10,00}{v_0}$$

exemple $v_0 = 7,16 \text{ ml}$

$$F = 0,01397 \approx 0,0140$$

5) blanc des réactifs
refaire l'opération 1 sans ajouter KIO_3 .

ajouter le thiodène. Il ne doit pas se développer de coloration bleue. S'il s'en développe et que pour la décoloration il faut plus de 0,1 ml de thiosulfate, refaire les réactifs KI + NaOH (on peut accuser KI)

Si la quantité de thiosulfate est inférieure à 0,1 ml retrancher cette valeur de toutes les quantités de thiosulfate trouvées ultérieurement.

V - DOSAGE DE L'OXYGÈNE

1) Prélèvements des échantillons d'eau

- adapter un tuyau souple au robinet de la bouteille à renversement.
- ouvrir le robinet et laisser l'eau s'écouler un peu.
- pincer le tuyau.
- enfoncer le tuyau jusqu'au fond de la bouteille : prélèvement
- desserrer doucement le tuyau - l'eau doit couler lentement (au début surtout) et sans bulles.
- au remplissage, le bas du tuyau doit rester juste immergé.
- laisser déborder un peu, laisser un peu de place (2 ml).

2) Fixation.

- ajouter sans bulles et en immergeant juste un peu la pointe des zipettes - dans l'ordre

*Avec flacons 125 cm³
0,5 cm³ de reactif*

{	- 1/2 ml de $Mn SO_4$
	- 1/2 ml de KI + Na, OH

*Avec flacons de 250 cm³
1 cm³ de reactif*

- ajuster le bouchon nœdé sans renfermer d'air.

- agiter vigoureusement (l'index sur le bouchon, le flacon dans la main par mouvements rotatifs du poignet)
- réagiter après dépôt du précipité.

Les échantillons ainsi fixés peuvent être gardés 2 semaines à condition d'être complètement immergés dans l'eau, à température à peu près constante et à l'abri de la lumière.

3) Dosage.

- Le précipité étant dans le fond de la bouteille, déboucher, ajouter 1/2 ml de H_2SO_4 ,^{56 H.}

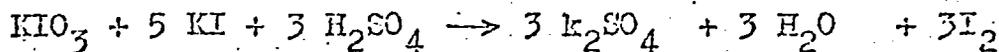
VII - CALCUL DU POURCENTAGE DE SATURATION. (tables de Garmentor)

Connaissant température et salinité de l'eau (in situ) rechercher dans la table la valeur de saturation.

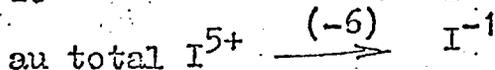
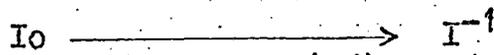
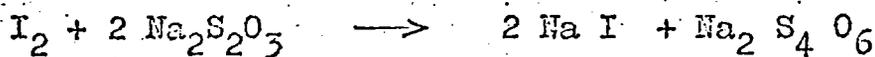
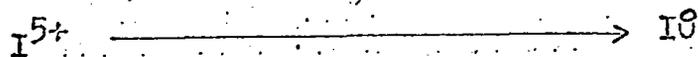
$$O_2 \% = \frac{\text{valeur trouvée par Winkler}}{\text{valeur de la table}} \times 100$$

A D D I T I F : explication du calcul de la concentration en O_2 dissous

- 1) titre du thiosulfate



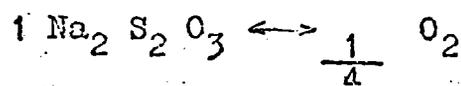
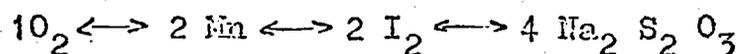
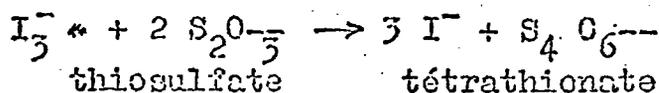
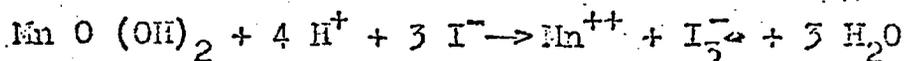
(I_2 soluble sous forme de I_3^- en présence de I^-)



la solution N est donc $\frac{N}{6}$ (Normale $\rightarrow \frac{1}{6}$ mole/litre)

$$KIO_3 = 214,02 \Rightarrow \frac{214,02}{6} \times \frac{1}{100} = 0,3567 \text{ g de } KIO_3 \text{ pour } \frac{N}{100}$$

- 2) dosage O_2 $Mn^{++} + 2 OH^- \rightarrow Mn(OH)_2$



C'est la raison de $\frac{22,400}{4}$

.../...

- 3) Calcul final

Soit V le volume des bouteilles à prélèvement
(1 ml KI, Na OH + 1 ml Mn SO₄)

" C " de solution d'iode prélevée

- f le titre de KIO₃ (f très près de 0,0100 N)

- F " Na₂S₂O₃

- v₀ le volume de thiosulfate nécessaire à son étalonnage
par la solution f de KIO₃

- v le volume de thiosulfate nécessaire au dosage de l'iode (oxygène)

$$\text{ml O}_2/\text{litre} = \frac{22,400 \times F \times 1}{4} \times \frac{1}{C \times \frac{V-2}{V}} \times n \times 1000$$

$$= 5,600 \times \frac{f}{v_0} \times \frac{10}{C} \times \frac{1}{V-2} \times \frac{1}{V} \times n \times 1000$$

$$= 5,6 \times f \times \frac{v}{v_0} \times \frac{1}{C} \times \frac{V}{V-2} \times 10\,000$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{si } f = 0,0100 \\ C = 100 \\ V = 250 \end{array} \right\} = 5,6 \times \frac{1}{100} \times \frac{1}{100} \times \frac{250}{248} \times 10\,000 \times \frac{v}{v_0}$$

$$\boxed{\text{ml O}_2/\text{l} = 5,65 \frac{v}{v_0}}$$

- Concentration en masse (mg O₂/litre)

$$O = 16$$

$$\text{conc. en vol} = \frac{22,4}{32} \text{ conc. en masse}$$

$$\text{-----} = 0,7 \text{ -----}$$

$$0,2 \text{ mg/l} = \frac{1}{0,7} O_2 \text{ ml/l}$$

- Concentration en milliatome gramme/litre

$$0,2 \text{ matg l} = \frac{O_2 \text{ mg/l}}{16}$$

- Conversion des ml/l en matg/litre

$$O_2 \text{ matg/l} = C_2 \text{ ml/l} \times \frac{1}{11,2}$$

ANNEXE 4

Analyse de la salinité

Méthode de Harvey

Exposée à Busher aux chercheurs iraniens, avec application pratique.

Dans beaucoup de circonstances, on peut se contenter de tirer, à l'aide d'une burette ordinaire, 10 cc. d'eau de mer par une solution contenant 27 gr. 25 de nitrate d'argent par litre. Dans ce titrage le volume utilisé de la solution est égal à la salinité de l'échantillon.

Salinité trouvée S ‰	Correction à appliquer	Salinité trouvée S ‰	Correction à appliquer
40	- 0,15	22	+ 0,22
38	- 0,08	20	+ 0,23
36	- 0,03	18	+ 0,23
34	+ 0,03	16	+ 0,23
32	+ 0,07	14	+ 0,20
30	+ 0,11	12	+ 0,19
28	+ 0,15	10	+ 0,16
26	+ 0,17	8	+ 0,15
24	+ 0,20		

En fait, la proportion n'est pas tout à fait identique, puisqu'une eau plus diluée que l'eau "normale" ne pèse pas autant. C'est pourquoi il est nécessaire d'appliquer une petite correction donnée par le tableau ci-dessus.

Indicateur de virage : chromate 8 g de $K_2 Cr O_4$ pour analyse dans 100 cm^3 d'eau distillée.

INSTITUT SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE
DES PECHES MARITIMES

Nantes, le 24 avril 1978

ANNEXE 5

Exposé à Busher aux chercheurs Iraniens
avec démonstrations et applications

HYDROLOGIE CLASSIQUE

Dépouillement des données thermiques
par

C. LEROY

SOMMAIRE

1. - Correction des thermomètres à renversement
 - 1.1. - Principe
 - 1.1.1. - Thermomètre protégé
 - 1.1.2. - Thermomètre non protégé
 - 1.2. - Utilisation de la règle de Culbertson
 - 1.2.1. - Thermomètre protégé
 - 1.2.2. - Thermomètre non protégé
 - 1.3. - Utilisation des tables

2. - Calcul de l'immersion thermométrique
 - 2.1. - Principe
 - 2.2. - Calcul

Signification des abréviations

- les indices 1 et 2 concernent les thermomètres protégés ;
- les indices 3 et 4 concernent les thermomètres non protégés ;
- le signe ' est relatif aux températures non corrigées ;
- les lettres majuscules concernent les thermomètres principaux ;
- les lettres minuscules concernent les thermomètres auxiliaires ;
- V_0 est le volume de mercure du thermomètre principal situé, après retournement, au dessous de la graduation 0 ; V_0 s'exprime en degrés, il est donné par le constructeur ;
- C = correction d'expansion ;
- I et i = corrections instrumentales (données par le constructeur) ;
- Q coefficient donné par le constructeur pour chaque thermomètre non protégé ;
Q exprime en $^{\circ}\text{C} \times \text{kg}^{-1} \times \text{cm}^2$, ou en $^{\circ}\text{C} \times \text{bar}^{-1}$, l'influence de la pression hydrostatique sur l'élévation du niveau du mercure des thermomètres non protégés.

1. - CORRECTION DES THERMOMETRES A RENVERSEMENT

Elle se compose :

- d'une correction d'expansion qu'on calcule (C) ;
- d'une correction instrumentale I qu'on ajoute à C.

Le thermomètre auxiliaire donne la température au moment de la lecture. Il doit être corrigé : $t = t' + i$.

1.1. - Principe de la correction d'expansion

1.1.1. - Thermomètre protégé

Après retournement dans l'eau, le volume de mercure emprisonné est $V_0 + T$, au moment de la lecture à bord à t° il se sera dilaté si $t > T$ et sera $V_0 + T'$, T' étant la température lue.

N.B. : Zu hoch, en allemand, signifie trop élevé, il convient dans ce cas de retrancher la valeur de correction instrumentale.

Soit $\frac{1}{K}$, le coefficient de dilatation apparent du mercure dans le verre. Le plus souvent $K = 6\ 300$ ou $6\ 100..$

L'expression générale de la variation de volume est $v = v_0(1 + \frac{\Delta\theta}{K})$
 v = volume final ; v_0 = volume initial ; $\Delta\theta$ variation de température.

Dans le cas qui nous intéresse :

$$V_{01} + T'1 = (V_{01} + T1) \left(1 + \frac{t1 - T1}{K}\right)$$

$$T'1 - T1 = \frac{(V_{01} + T1)(t1 - T1)}{K}$$

$T1 = T'1 + C1$ par définition

$$\text{donc } C1 = \frac{(V_{01} + T1)(T1 - t1)}{K}$$

$C1$ a le même signe que $T1 - t1$.

Mais on ne connaît pas $T1$, on pourrait admettre en première approximation que la correction est $\frac{(V_{01} + T'1)(T'1 - t1)}{K}$ ce qui serait insuffisant.

Une meilleure approximation est donnée par la relation de SVERDRUP : $C = \frac{(V_{01} + T'1)(T'1 - t1)}{K - (V_{01} + T'1) - (T'1 - t1)}$ sur laquelle est fondé l'abaque de la règle de CULBERTSON qu'on utilise donc directement avec la température non corrigée du thermomètre principal protégé.

Quand $T'1 > t1$, on entre dans la règle comme si $T'1 < t1$ on obtient C (qui est toujours petit dans ce cas). Mais C est alors positif.

1.1.2. - Thermomètre non protégé

Au moment de la lecture, le volume emprisonné n'est plus $V_{03} + T3$, mais $V_{03} + T'3$ avec $T'3 > T3$ si $t3 > T$, T étant la température in situ, c'est à dire la température obtenue à l'aide des thermomètres protégés corrigés.

$$V_03 + T'3 = (V_03 + T3) \left(1 + \frac{t3 - T}{K}\right)$$

$$C3 = T3 - T'3 = \frac{(V_03 + T3)(T - t3)}{K}$$

On ne connaît pas T3, mais T'3

On connaît T mais c'est une température corrigée, or l'abaque de la règle de CULBERTSON est conçue pour l'emploi des températures non corrigées. Pour l'utiliser, on use d'un artifice qui donne un résultat très approché, en entrant dans la règle avec T - C'3 au lieu de T.

Le calcul de la correction C3 se fait donc en deux temps :

- calcul de C'3 à partir de V03 + T'3, T et t3 ;
- calcul de C3 à partir de V03 + T'3, T - C'3 et t3.

On note que C'3 a le même signe que T - t3, il est donc le plus souvent négatif ce qui entraîne que T - C'3 est généralement plus grand que T.

On constate le plus souvent que C'3 et C3 ne diffèrent que de quelques centièmes de degrés ou même pas du tout.

1.2. - Utilisation de la règle de CULBERTSON

1.2.1. - Thermomètre protégé

Amener le petit curseur sur T'1 et le grand curseur sur t1, faire pivoter l'ensemble (à angle constant) pour ramener le petit curseur à l'origine : 0°. Lire C1 au dessous de V01 + T'1 (voir exemple en annexe).

$$T1 = T'1 + C1 + I1 \text{ en valeur algébrique.}$$

1.2.2. - Thermomètres non protégé

a) Calcul de C'3

Amener le petit curseur sur T et le grand curseur sur t3, faire pivoter l'ensemble pour ramener le petit curseur à 0°, lire C'3 au dessous de V03 + T'3.

.../...

b) Calcul de C3

Amener le petit curseur sur $T - C'3$, le grand curseur sur $t3$, faire pivoter l'ensemble pour ramener le petit curseur à 0° , lire $C3$ au dessous de $V_0 + T'3$

$$T3 = T'3 + C3 + I3 \text{ (voir exemple en annexe).}$$

Remarque valable pour le calcul de C (1, 2, 3, 4 et '): si $V_0 + T'$ dépasse 160° , lire $\frac{C}{2}$ au dessous de $\frac{V_0 + T'}{2}$.

1.3. - Utilisation des tables américaines (voir annexe)

Il existe deux tableaux, l'un concerne les thermomètres protégés, l'autre, les thermomètres non protégés.

1.3.1. - Thermomètres protégés

On entre dans la table avec $V_01 + T'1$ et $T'1 - t1$.

On lit directement la correction d'expansion C.

C a le même signe que $T'1 - t1$.

1.3.2. - Thermomètres non protégés

On entre dans la table avec $V_03 + T'3$ et $T - t3$.

T étant la température in situ déduite de $T1$ et $T2$.

On lit directement la correction d'expansion C.

C a le même signe que $T - t3$.

.../...

2. - CALCUL DE L'IMMERSION THERMOMETRIQUE

2.1. - Principe du calcul

L'écart ΔT entre T non protégé et T protégé, $\Delta T = T_{np} - T_p$, est proportionnel à la pression P au moment du retournement et au coefficient Q du thermomètre non protégé.

$$P \text{ (bars)} = \frac{\Delta T}{Q_3} \frac{^{\circ}\text{C}}{^{\circ}\text{C} \cdot \text{bar}^{-1}}$$

Cette pression est proportionnelle :

- à la profondeur Z en mètres,
- à ρ_m , masse volumique moyenne in situ de la colonne d'eau située au dessus du thermomètre, ρ_m est exprimé en $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$,
- à l'accélération de la pesanteur $g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$.

$$P \text{ (bars)} = m \cdot g \cdot Z \cdot 10^5 \quad (1 \text{ bar} = 10^5 \text{ pascals})$$

On en déduit :

$$2.1.1. \quad Z = \frac{\Delta T}{\rho_m \cdot g \cdot Q} \times 10^5$$

exemple $\Delta T = 7^{\circ}04$

$$\rho_m = 1029,4 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$$

$$g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$$

$$Q = 0,0694 \text{ } ^{\circ}\text{C} \cdot \text{bar}^{-1}$$

$$Z = \frac{7,04}{1029,4 \times 9,81 \times 0,0694} \times 10^5 = 1005 \text{ mètres}$$

Si Q est exprimé en $^{\circ}\text{C} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{cm}^2$ (anciens thermomètres),

$$2.1.2. \quad Z = \frac{\Delta T}{\rho_m \cdot Q} \times 10^4$$

Exemple : $\Delta T = 7^{\circ}04$ $\rho_m = 1029,4 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$

$$Q = 0,0681 \text{ } ^{\circ}\text{C} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{cm}^2$$

$$Z = \frac{7,04}{1029,4 \times 0,0681} \times 10^4 = 1004 \text{ m.}$$

2.2. - Calcul à l'aide de la règle de CULBERSTON

NB. : On entre dans la règle avec un Q ($^{\circ}\text{C} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{cm}^2$) 10 fois plus petit que celui qui est indiqué sur le thermomètre.

Si Q est donné en $^{\circ}\text{C} \cdot \text{bar}^{-1}$, le multiplier par 0,0981 avant d'entrer dans la règle.

Le grand curseur étant à l'origine (1, soit 100 m ou 1 000 m) sur l'échelle du haut, amener le petit curseur sur Q, faire pivoter l'ensemble pour amener le grand curseur sur T3 - T (Tu - Tw sur la règle), lire la profondeur sur la même échelle, au dessous du petit curseur.

L'angle des deux curseurs exprime l'écart qu'il y a à la relation grossière $1^{\circ}C \approx 100$ m. Ne pas se tromper dans le sens de l'angle. On constate que lorsque $Q < 0,009714$, le nombre donnant l'immersion est plus grand que T3 - T exprimé en centièmes de degrés.

Pour les résultats compris entre 200 et 800 m, ajouter 1 mètre. Pour ceux supérieurs à 1 000 m, ajouter le chiffre (négatif) entre parenthèses.

Exemple : T3 = 29°76 ; T = 13°17 ; Q = 0,00910
T3 - T = 16°59 et P3 = 1768 - 4 mètres.

Remarque générale

Une procédure simple consiste à travailler de la façon suivante, : en n'utilisant que les tables américaines :

- corriger les thermonètres protégés (1.3.1.)
- corriger les thermonètres non protégés (1.3.2.)
- calculer l'immersion thermométrique : (2.1.1. ou 2.1.2.)

Jusqu'à 1 000 m on ne fera pas d'autres corrections

.../...

3. - ANALYSE CRITIQUE DES RESULTATS

Il est bon avant la campagne de faire une station d'essai, les bouteilles étant espacées de 10 m, le tout descendu à 1000 m. On voit ainsi, si les résultats de températures sont, sinon les mêmes (présence d'un faible gradient) du moins homogènes, sans écarts anormaux. En ce qui concerne l'immersion thermométrique, il est facile de repérer les thermomètres défectueux car même si on n'est pas certain de l'immersion vraie, on connaît (à l'angle du câble près à cette profondeur) la distance séparant les bouteilles.

On note et on élimine les thermomètres douteux.

Température. Un large crédit étant accordé aux thermomètres retenus, on peut valablement déduire T de T_1 et T_2 (logiquement $T = \frac{T_1 + T_2}{2}$). Le résultat définitivement retenu tient compte de l'allure de la courbe $T = f(Z)$ et de celle du diagramme TS.

Profondeur. Sur un graphique, on reporte câble filé - Z calculé (en abscisse) en fonction du câble filé. On reporte également l'angle du câble α en restant dans le même système d'ordonnées (voir graphique en annexe).

Les points représentatifs des immersions doivent s'inscrire sur une courbe régulière, tangente en 0 à la droite qui représente l'angle du câble et toute entière au dessous de cette droite (bien mesurer α).

S'il n'en est pas ainsi, on peut accuser plusieurs facteurs dont :

- bouteille mal placée sur le câble ;
- bouteille ne s'étant pas retournée au moment voulu ;
- thermomètre non protégé défectueux ;
- erreur dans le calcul de l'immersion thermométrique ;
- poulie compteuse défectueuse ou glissement (en particulier la différence câble filé - Z calculé ne doit pas être négative).

On compare sur ce graphique les immersions successives Z_1 et Z_2 , elles ne doivent différer que de quelques mètres. Choisir la meilleure courbe passant par les points les plus vraisemblables et en déduire Z adoptée.

.../...

En déduire également l'immersion des bouteilles ne possédant pas de thermomètres non protégés.

Noter toute anomalie. Remplacer si possible les thermomètres donnant des résultats erronés.

ANNEXES

1. - Exemple de fiche de corrections de températures avec calcul de l'immersion thermométrique ;
2. - Exemple graphique d'analyse des immersions thermométriques. Calcul des immersions admises ;
3. - Copie des tables américaines.

I.S.T.P.M.	N.O. : "Thalassa"
CAMPAGNE	exemple

HYDROLOGIE	
Fiche de correction de température et calcul d'immersion thermométrique	
Station n°	le

Bouteille n°1		mètres	
T'1	t'1	T'2	t'2
Vo1	i1	Vo2	i2
Vo1+T'1	t1	Vo2+T'2	t2
C1	T'1	C2	T'2
I1	C1+I1	I2	C2+I2
C1+I1	T1	C2+I2	T2
T =			

B 2		10 mètres	
T'1 18°03	t'1 24'2	T'2	t'2
Vo1 105	i1 - 0'3	Vo2	i2
Vo1+T'1 183	t1 23'9	Vo2+T'2	t2
C1 - 0'12	T'1 18°03	C2	T'2
I1 + 0°02	C1+I1 - 0°10	I2	C2+I2
C1+I1 - 0°10	T1 17°93	C2+I2	T2
T =			

B 3		mètres	
T'1	t'1	T'2	t'2
Vo1	i1	Vo2	i2
Vo1+T'1	t1	Vo2+T'2	t2
C1	T'1	C2	T'2
I1	C1+I1	I2	C2+I2
C1+I1	T1	C2+I2	T2
T =			

B		mètres	
T'1	t'1	T'2	t'2
Vo1	i1	Vo2	i2
Vo1+T'1	t1	Vo2+T'2	t2
C1	T'1	C2	T'2
I1	C1+I1	I2	C2+I2
C1+I1	T1	C2+I2	T2
T =			

B		mètres	
T'1	t'1	T'2	t'2
Vo1	i1	Vo2	i2
Vo1+T'1	t1	Vo2+T'2	t2
C1	T'1	C2	T'2
I1	C1+I1	I2	C2+I2
C1+I1	T1	C2+I2	T2
T =			

B		mètres	
T'1	t'1	T'2	t'2
Vo1	i1	Vo2	i2
Vo1+T'1	t1	Vo2+T'2	t2
C1	T'1	C2	T'2
I1	C1+I1	I2	C2+I2
C1+I1	T1	C2+I2	T2
T =			

B		mètres	
T'1	t'1	T'2	t'2
Vo1	i1	Vo2	i2
Vo1+T'1	t1	Vo2+T'2	t2
C1	T'1	C2	T'2
I1	C1+I1	I2	C2+I2
C1+I1	T1	C2+I2	T2
T =			

B		mètres	
T'1	t'1	T'2	t'2
Vo1	i1	Vo2	i2
Vo1+T'1	t1	Vo2+T'2	t2
C1	T'1	C2	T'2
I1	C1+I1	I2	C2+I2
C1+I1	T1	C2+I2	T2
T =			

B		mètres	
T'1	t'1	T'2	t'2
Vo1	i1	Vo2	i2
Vo1+T'1	t1	Vo2+T'2	t2
C1	T'1	C2	T'2
I1	C1+I1	I2	C2+I2
C1+I1	T1	C2+I2	T2
T =			

B		mètres	
T'1	t'1	T'2	t'2
Vo1	i1	Vo2	i2
Vo1+T'1	t1	Vo2+T'2	t2
C1	T'1	C2	T'2
I1	C1+I1	I2	C2+I2
C1+I1	T1	C2+I2	T2
T =			

I.S.T.P.M.

N.O. : "Thalassa"

CAMPAGNE *exemple*

HYDROLOGIE

Fiche de correction de température et calcul d'immersion thermométrique
Station n° *le*

B n° 8 *1800* mètres:

T'1 5°04	t'1 22°31	T'2	t'2
Vo1 125	i1 0'01	Vo2	i2
Vo1+T'1 130	t1 22°3	Vo2+T'2	t2
C1+0'37	T'1 5°04	C2	T'2
I1 0'80	C1+I1 -0'37	I2	C2+I2
C1+I1 -0'37	T1 4°67	C2+I2	T2 4°65
T = 4°66			

B mètres

T'1	t'1	T'2	t'2
Vo1	i1	Vo2	i2
Vo1+T'1	t1	Vo2+T'2	t2
C1	T'1	C2	T'2
I1	C1+I1	I2	C2+I2
C1+I1	T1	C2+I2	T2
T =			

CULBERTSON ↓ TABLE 45 ↓

T'3 15°72	t'3 22°21	T'4 15°72	t'4 22°2
Vo3 135	i3 +0°2	Vo4 135	i4 +0°2
Vo3+T'3 150,7	t3 22°4	Vo4+T'4 150,7	t4 22°4
22°4 - 47 = 17°7			
T 4°66	T'3 15°72	T	T'4 15°72
-C'3 0'45	C3+I3 441	-C'4	C4+I4 -0'47
T-C'3 5'11	T3 15°28	T-C'4	T4 15°28
- T 4°66			
C3 - 0'44	T3 - T 10°62	C4	T4 - T 10°62
I3 0'00	I4	I4	I4
C3+I3 -0'44	P3 = 24	C4+I4	P4 = 1062
P = 1457 m			
Q3	Q4 90722'6 bar		Q3

1,0294 x 9,81 x 0,0722

B mètres

T'3	t'3	T'4	t'4
Vo3	i3	Vo4	i4
Vo3+T'3	t3	Vo4+T'4	t4
T	T'3	T	T'4
-C'3	C3+I3	-C'4	C4+I4
T-C'3	T3	T-C'4	T4
- T			
C3	T3-T	C4	T4-T
I3	I4	I4	I4
C3+I3	P3	C4+I4	P4
P =			
Q3	Q4		Q4

B mètres

T'1	t'1	T'2	t'2
Vo1	i1	Vo2	i2
Vo1+T'1	t1	Vo2+T'2	t2
C1	T'1	C2	T'2
I1	C1+I1	I2	C2+I2
C1+I1	T1	C2+I2	T2
T =			
T'3	t'3	T'4	t'4
Vo3	i3	Vo4	i4
Vo3+T'3	t3	Vo4+T'4	t4
T	T'3	T	T'4
-C'3	C3+I3	-C'4	C4+I4
T-C'3	T3	T-C'4	T4
- T			
C3	T3-T	C4	T4-T
I3	I4	I4	I4
C3+I3	P3	C4+I4	P4
P =			

B mètres

T'1	t'1	T'2	t'2
Vo1	i1	Vo2	i2
Vo1+T'1	t1	Vo2+T'2	t2
C1	T'1	C2	T'2
I1	C1+I1	I2	C2+I2
C1+I1	T1	C2+I2	T2
T =			
T'3	t'3	T'4	t'4
Vo3	i3	Vo4	i4
Vo3+T'3	t3	Vo4+T'4	t4
T	T'3	T	T'4
-C'3	C3+I3	-C'4	C4+I4
T-C'3	T3	T-C'4	T4
- T			
C3	T3-T	C4	T4-T
I3	I4	I4	I4
C3+I3	P3	C4+I4	P4
P =			

N.B. : 1°) les indices 1 et 2 concernent les thermomètres protégés.
 2°) les indices 3 et 4 concernent les thermomètres non protégés.
 3°) la correction d'expansion C à le même signe que T'-t, elle est le plus souvent négative.
 4°) toutes les additions se font algébriquement.

câble filé - Z calculée

$\alpha = 35^\circ$

$\cos \alpha = 0,82$

$1 - \cos \alpha = 0,18$

$1000 (1 - \cos \alpha) = 180 \text{ m pour } 1000 \text{ m}$

- immersion thermométrique
- immersion admise

$Z = 200 - 32 = 168 \text{ m}$

$Z = 300 - 47 - 253$

$Z = 600 - 88 = 512 \text{ m}$

angle de câble $\alpha = 35^\circ$

aberrant

181

1000

1000

câble filé

50

100

150

500

5

10

15

20

OCEANOGRAPHIC TABLES

TABLE I.—EXPANSION CORRECTION, C , FOR PROTECTED THERMOMETERS OF $K=6,100$ FOR VALUES OF $T'+V_0$ AND $T'-t$.

(From Schumacher, 1923) (4)

$$C = \left[\frac{(T'+V_0)(T'-t)}{K} \right] \left[1 + \frac{(T'+V_0) + (T'-t)}{K} \right]$$

where,

T' = reading of the protected reversing thermometer,

t = corrected reading of the auxiliary thermometer,

V_0 = volume of mercury below the 0° C. mark in the reversing thermometer, expressed in degree units,

K = reciprocal thermal coefficient of expansion, taken equal to 6,100.

Example:

Given, $T'=4.09^\circ$ C., $t=14.1^\circ$ C. and $V_0=80^\circ$ C.

Then, $T'-t=-10.01^\circ$ C. and $T'+V_0=84.09^\circ$ C.

From table I, $C=-.14^\circ$ C. (expansion correction, C , will have the same sign as $T'-t$).

C is to be added with the index correction to T' to give the corrected reading of the protected thermometer.

TABLE I.—EXPANSION CORRECTION, C, FOR PROTECTED THERMOMETERS

($T'' - t$)

($T'' + V_0$)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
70	0.01	0.02	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	0.10	0.12	0.13	0.14	0.15	0.16	0.17	0.19	0.20	0.21	0.22	0.23	0.24	0.26	0.27	0.28	0.29
71	.01	.02	.04	.05	.06	.07	.08	.09	.11	.12	.13	.14	.15	.16	.18	.19	.20	.21	.22	.24	.25	.26	.27	.28	.29
72	.01	.02	.04	.05	.06	.07	.08	.10	.11	.12	.13	.14	.16	.17	.18	.19	.20	.22	.23	.24	.25	.26	.27	.29	.30
73	.01	.02	.04	.05	.06	.07	.09	.10	.11	.12	.13	.15	.16	.17	.18	.19	.21	.22	.23	.24	.25	.27	.28	.29	.30
74	.01	.03	.04	.05	.06	.07	.09	.10	.11	.12	.14	.15	.16	.17	.18	.20	.21	.22	.23	.25	.26	.27	.28	.29	.31
75	.01	.03	.04	.05	.06	.08	.09	.10	.11	.12	.14	.15	.16	.17	.19	.20	.21	.22	.24	.25	.26	.27	.29	.30	.31
76	.01	.03	.04	.05	.06	.08	.09	.10	.11	.13	.14	.15	.16	.18	.19	.20	.21	.23	.24	.25	.27	.28	.29	.30	.32
77	.01	.03	.04	.05	.06	.08	.09	.10	.12	.13	.14	.15	.17	.18	.19	.20	.22	.23	.24	.26	.27	.28	.29	.31	.32
78	.01	.03	.04	.05	.06	.08	.09	.10	.12	.13	.14	.16	.17	.18	.19	.21	.22	.23	.25	.26	.27	.29	.30	.31	.32
79	.01	.03	.04	.05	.07	.08	.09	.11	.12	.13	.15	.16	.17	.18	.20	.21	.22	.24	.25	.26	.28	.29	.30	.31	.33
80	.01	.03	.04	.05	.07	.08	.09	.11	.12	.13	.15	.16	.17	.19	.20	.21	.23	.24	.25	.27	.28	.29	.31	.32	.33
81	.01	.03	.04	.05	.07	.08	.09	.11	.12	.14	.15	.16	.18	.19	.20	.22	.23	.24	.26	.27	.28	.30	.31	.32	.34
82	.01	.03	.04	.05	.07	.08	.10	.11	.12	.14	.15	.16	.18	.19	.20	.22	.23	.25	.26	.27	.29	.30	.31	.33	.34
83	.01	.03	.04	.06	.07	.08	.10	.11	.12	.14	.15	.17	.18	.19	.21	.22	.23	.25	.26	.28	.29	.30	.32	.33	.35
84	.01	.03	.04	.06	.07	.08	.10	.11	.13	.14	.15	.17	.18	.20	.21	.22	.24	.25	.27	.28	.29	.31	.32	.33	.35
85	.01	.03	.04	.06	.07	.09	.10	.11	.13	.14	.16	.17	.18	.20	.21	.23	.24	.25	.27	.28	.30	.31	.32	.34	.35
86	.01	.03	.04	.06	.07	.09	.10	.11	.13	.14	.16	.17	.19	.20	.21	.23	.24	.26	.27	.29	.30	.31	.33	.34	.36
87	.01	.03	.04	.06	.07	.09	.10	.12	.13	.15	.16	.17	.19	.20	.21	.23	.25	.26	.27	.29	.30	.32	.33	.35	.36
88	.02	.03	.04	.06	.07	.09	.10	.12	.13	.15	.16	.18	.19	.20	.22	.23	.25	.26	.28	.29	.31	.32	.34	.35	.37
89	.02	.03	.04	.06	.07	.09	.10	.12	.13	.15	.16	.18	.19	.21	.22	.24	.25	.27	.28	.30	.31	.33	.34	.36	.37
90	.02	.03	.05	.06	.08	.09	.11	.12	.14	.15	.17	.18	.19	.21	.22	.24	.25	.27	.28	.30	.31	.33	.34	.36	.37
91	.02	.03	.05	.06	.08	.09	.11	.12	.14	.15	.17	.18	.20	.21	.23	.24	.26	.27	.29	.30	.32	.33	.35	.36	.38
92	.02	.03	.05	.06	.08	.09	.11	.12	.14	.15	.17	.18	.20	.21	.23	.24	.26	.28	.29	.31	.32	.34	.35	.37	.38
93	.02	.03	.05	.06	.08	.09	.11	.12	.14	.16	.17	.19	.20	.22	.23	.25	.27	.28	.29	.31	.32	.34	.36	.37	.39
94	.02	.03	.05	.06	.08	.09	.11	.13	.14	.16	.17	.19	.20	.22	.23	.25	.27	.28	.30	.31	.33	.34	.36	.38	.39
95	.02	.03	.05	.06	.08	.10	.11	.13	.14	.16	.17	.19	.21	.22	.24	.25	.27	.28	.30	.32	.33	.35	.36	.38	.40
96	.02	.03	.05	.06	.08	.10	.11	.13	.14	.16	.18	.19	.21	.22	.24	.26	.27	.29	.30	.32	.34	.35	.37	.38	.40
97	.02	.03	.05	.07	.08	.10	.11	.13	.15	.16	.18	.19	.21	.23	.24	.26	.27	.29	.31	.32	.34	.36	.37	.39	.40
98	.02	.03	.05	.07	.08	.10	.12	.13	.15	.16	.18	.20	.21	.23	.25	.26	.28	.29	.31	.33	.34	.36	.38	.39	.41
99	.02	.03	.05	.07	.08	.10	.12	.13	.15	.17	.18	.20	.21	.23	.25	.26	.28	.30	.31	.33	.35	.36	.38	.40	.41
100	.02	.03	.05	.07	.08	.10	.12	.13	.15	.17	.18	.20	.22	.23	.25	.27	.28	.30	.32	.33	.35	.37	.38	.40	.42
101	.02	.03	.05	.07	.08	.10	.12	.13	.15	.17	.19	.20	.22	.24	.25	.27	.29	.30	.32	.34	.35	.37	.39	.40	.42
102	.02	.03	.05	.07	.09	.10	.12	.14	.15	.17	.19	.20	.22	.24	.26	.27	.29	.31	.32	.34	.36	.37	.39	.41	.42
103	.02	.03	.05	.07	.09	.10	.12	.14	.15	.17	.19	.21	.22	.24	.26	.27	.29	.31	.33	.34	.36	.38	.40	.41	.43
104	.02	.04	.05	.07	.09	.10	.12	.14	.16	.17	.19	.21	.23	.24	.26	.28	.30	.31	.33	.35	.36	.38	.40	.42	.43
105	.02	.04	.05	.07	.09	.11	.12	.14	.16	.18	.19	.21	.23	.25	.26	.28	.30	.32	.33	.35	.37	.38	.40	.42	.44
106	.02	.04	.05	.07	.09	.11	.12	.14	.16	.18	.19	.21	.23	.25	.27	.28	.30	.32	.34	.35	.37	.39	.41	.42	.44
107	.02	.04	.05	.07	.09	.11	.13	.14	.16	.18	.20	.21	.23	.25	.27	.28	.30	.32	.34	.36	.37	.39	.41	.43	.45
108	.02	.04	.05	.07	.09	.11	.13	.14	.16	.18	.20	.22	.23	.25	.27	.29	.31	.32	.34	.36	.38	.40	.41	.43	.45
109	.02	.04	.05	.07	.09	.11	.13	.15	.16	.18	.20	.22	.24	.26	.28	.29	.31	.33	.35	.36	.38	.40	.42	.44	.45

PROCESSING OCEANOGRAPHIC DATA

TABLE I.—EXPANSION CORRECTION, C, FOR PROTECTED THERMOMETERS—Continued

($T'' - t$)

($T' + V$)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
155	0.03	0.05	0.08	0.10	0.13	0.16	0.18	0.21	0.23	0.26	0.29	0.31	0.34	0.37	0.39	0.42	0.44	0.47	0.49	0.52	0.55	0.57	0.60	0.62	0.65
156	.03	.05	.08	.11	.13	.16	.18	.21	.24	.26	.29	.32	.34	.37	.39	.42	.45	.47	.50	.52	.55	.58	.60	.63	.66
157	.03	.05	.08	.11	.13	.16	.18	.21	.24	.26	.29	.32	.34	.37	.40	.42	.45	.48	.50	.53	.55	.58	.61	.63	.66
158	.03	.05	.08	.11	.13	.16	.19	.21	.24	.27	.29	.32	.35	.37	.40	.43	.45	.48	.50	.53	.56	.58	.61	.64	.66
159	.03	.05	.08	.11	.13	.16	.19	.21	.24	.27	.29	.32	.35	.38	.40	.43	.45	.48	.51	.53	.56	.59	.61	.64	.67
160	.03	.05	.08	.11	.14	.16	.19	.22	.24	.27	.30	.32	.35	.38	.40	.43	.46	.48	.51	.54	.57	.59	.62	.65	.67
161	.03	.05	.08	.11	.14	.16	.19	.22	.24	.27	.30	.33	.35	.38	.41	.43	.46	.49	.51	.54	.57	.60	.62	.65	.68
162	.03	.06	.08	.11	.14	.16	.19	.22	.25	.27	.30	.33	.35	.38	.41	.44	.46	.49	.52	.55	.57	.60	.63	.65	.68
163	.03	.06	.08	.11	.14	.17	.19	.22	.25	.27	.30	.33	.36	.38	.41	.44	.47	.49	.52	.55	.58	.60	.63	.66	.69
164	.03	.06	.08	.11	.14	.17	.19	.22	.25	.28	.30	.33	.36	.38	.41	.44	.47	.50	.52	.55	.58	.61	.63	.66	.69
165	.02	.06	.08	.11	.14	.17	.19	.22	.25	.28	.31	.33	.36	.39	.42	.44	.47	.50	.53	.56	.58	.61	.64	.67	.70
166	.03	.06	.08	.11	.14	.17	.20	.22	.25	.28	.31	.34	.36	.39	.42	.45	.48	.50	.53	.56	.59	.61	.64	.67	.70
167	.03	.06	.08	.11	.14	.17	.20	.23	.25	.28	.31	.34	.37	.39	.42	.45	.48	.51	.53	.56	.59	.62	.65	.67	.70
168	.03	.06	.09	.11	.14	.17	.20	.23	.26	.28	.31	.34	.37	.40	.42	.45	.48	.51	.54	.57	.59	.62	.65	.68	.71
169	.03	.06	.09	.11	.14	.17	.20	.23	.26	.28	.31	.34	.37	.40	.43	.46	.48	.51	.54	.57	.60	.63	.65	.68	.71
170	.03	.06	.09	.12	.14	.17	.20	.23	.26	.29	.32	.34	.37	.40	.43	.46	.49	.52	.54	.57	.60	.63	.66	.69	.72
171	.03	.06	.09	.12	.14	.17	.20	.23	.26	.29	.32	.35	.37	.40	.43	.46	.49	.52	.55	.58	.60	.63	.66	.69	.72
172	.03	.06	.09	.12	.15	.17	.20	.23	.26	.29	.32	.35	.38	.41	.43	.46	.49	.52	.55	.58	.61	.64	.67	.70	.72
173	.03	.06	.09	.12	.15	.18	.21	.23	.26	.29	.32	.35	.38	.41	.44	.47	.50	.52	.55	.58	.61	.64	.67	.70	.73
174	.03	.06	.09	.12	.15	.18	.21	.24	.26	.29	.32	.35	.38	.41	.44	.47	.50	.53	.56	.59	.62	.65	.67	.70	.73
175	.02	.06	.09	.12	.15	.18	.21	.24	.27	.30	.32	.35	.38	.41	.44	.47	.50	.53	.56	.59	.62	.65	.68	.71	.74
176	.03	.06	.09	.12	.15	.18	.21	.24	.27	.30	.33	.36	.39	.42	.45	.48	.50	.53	.56	.59	.62	.65	.68	.71	.74
177	.03	.06	.09	.12	.15	.18	.21	.24	.27	.30	.33	.36	.39	.42	.45	.48	.51	.54	.57	.60	.63	.66	.69	.72	.75
178	.03	.06	.09	.12	.15	.18	.21	.24	.27	.30	.33	.36	.39	.42	.45	.48	.51	.54	.57	.60	.63	.66	.69	.72	.75
179	.03	.06	.09	.12	.15	.18	.21	.24	.27	.30	.33	.36	.39	.42	.45	.48	.51	.54	.57	.60	.63	.66	.69	.72	.76
180	.03	.06	.09	.12	.15	.18	.21	.24	.27	.30	.33	.36	.40	.43	.46	.49	.52	.55	.58	.61	.64	.67	.70	.73	.76
181	.02	.06	.09	.12	.15	.18	.21	.24	.28	.31	.34	.37	.40	.43	.46	.49	.52	.55	.58	.61	.64	.67	.70	.73	.76
182	.02	.06	.09	.12	.15	.18	.22	.25	.28	.31	.34	.37	.40	.43	.46	.49	.52	.55	.58	.61	.64	.68	.71	.74	.77
183	.03	.06	.09	.12	.16	.19	.22	.25	.28	.31	.34	.37	.40	.43	.46	.49	.53	.56	.59	.62	.65	.68	.71	.74	.77
184	.03	.06	.09	.13	.16	.19	.22	.25	.28	.31	.34	.37	.40	.44	.47	.50	.53	.56	.59	.62	.65	.68	.71	.75	.78
185	.03	.06	.09	.13	.16	.19	.22	.25	.28	.31	.34	.37	.41	.44	.47	.50	.53	.56	.59	.62	.66	.69	.72	.75	.78
186	.03	.06	.09	.13	.16	.19	.22	.25	.28	.32	.35	.38	.41	.44	.47	.50	.53	.57	.60	.63	.66	.69	.72	.75	.79
187	.03	.06	.09	.13	.16	.19	.22	.25	.28	.32	.35	.38	.41	.44	.47	.51	.54	.57	.60	.63	.66	.70	.73	.76	.79
188	.03	.06	.10	.13	.16	.19	.22	.25	.29	.32	.35	.38	.41	.45	.48	.51	.54	.57	.60	.64	.67	.70	.73	.76	.79
189	.03	.06	.10	.13	.16	.19	.22	.26	.29	.32	.35	.38	.42	.45	.48	.51	.54	.58	.61	.64	.67	.70	.73	.77	.80
190	.02	.06	.10	.13	.16	.19	.23	.26	.29	.32	.35	.39	.42	.45	.48	.51	.55	.58	.61	.64	.67	.71	.74	.77	.80
191	.02	.06	.10	.13	.16	.19	.23	.26	.29	.32	.36	.39	.42	.45	.49	.52	.55	.58	.61	.65	.68	.71	.74	.77	.81
192	.05	.07	.10	.13	.16	.20	.23	.26	.29	.33	.36	.39	.42	.46	.49	.52	.55	.58	.62	.65	.68	.71	.75	.78	.81
193	.03	.07	.10	.13	.16	.20	.23	.26	.29	.33	.36	.39	.42	.46	.49	.52	.56	.59	.62	.65	.69	.72	.75	.78	.82
194	.03	.07	.10	.13	.16	.20	.23	.26	.30	.33	.36	.39	.43	.46	.49	.53	.56	.59	.62	.66	.69	.72	.75	.79	.82

PROCESSING OCEANOGRAPHIC DATA

195-----	.03	.07	.10	.13	.17	.20	.23	.26	.30	.33	.36	.40	.43	.46	.50	.53	.56	.59	.63	.66	.69	.73	.76	.79	.82
196-----	.03	.07	.10	.13	.17	.20	.23	.27	.30	.33	.37	.40	.43	.46	.50	.53	.56	.60	.63	.66	.70	.73	.76	.80	.83
197-----	.03	.07	.10	.13	.17	.20	.23	.27	.30	.33	.37	.40	.43	.47	.50	.53	.57	.60	.63	.67	.70	.73	.77	.80	.83
198-----	.03	.07	.10	.14	.17	.20	.24	.27	.30	.34	.37	.40	.44	.47	.50	.54	.57	.60	.64	.67	.70	.74	.77	.80	.84
199-----	.03	.07	.10	.14	.17	.20	.24	.27	.30	.34	.37	.40	.44	.47	.51	.54	.57	.61	.64	.67	.71	.74	.77	.81	.84
200-----	.03	.07	.10	.14	.17	.20	.24	.27	.31	.34	.37	.41	.44	.47	.51	.54	.58	.61	.64	.68	.71	.74	.78	.81	.85

PROCESSING OCEANOGRAPHIC DATA

TABLE III.—EXPANSION CORRECTION, C , FOR UNPROTECTED THERMOMETERS OF $K=6,100$ FOR VALUES OF T'_u+V_o AND T'_w-t_u

(From Schumacher, 1923) (4)

$$C = \frac{(T'_u + V_o)(T'_w - t_u)}{K}$$

where,

T'_u = reading of the unprotected reversing thermometer,

t_u = corrected reading of the auxiliary thermometer,

V_o = volume of mercury below 0° C. mark in the reversing thermometer, expressed in degree units,

T'_w = corrected reading of the protected reversing thermometer,

K = reciprocal thermal coefficient of expansion, taken equal to 6,100.

Example:

Given, $T'_u = 5.94^\circ \text{ C.}$, $V_o = 82^\circ \text{ C.}$, $T'_w = 3.70^\circ \text{ C.}$, and $t_u = 14.8^\circ \text{ C.}$

Then, $T'_u + V_o = 87.94^\circ \text{ C.}$ and $T'_w - t_u = -11.1^\circ \text{ C.}$

From table III, $C = -.16^\circ \text{ C.}$ (Expansion correction, C , will have the same sign as $T'_w - t_u$.)

TABLE III.—EXPANSION CORRECTION, C, FOR UNPROTECTED THERMOMETERS

$$(T_w - t_w)$$

$(T_w + V_e)$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
70	0.01	0.02	0.03	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	0.10	0.12	0.13	0.14	0.15	0.16	0.17	0.18	0.20	0.21	0.22	0.23	0.24	0.25	0.26	0.28	0.29
71	.01	.02	.03	.05	.06	.07	.08	.09	.10	.12	.13	.14	.15	.16	.17	.19	.20	.21	.22	.23	.24	.26	.27	.28	.29
72	.01	.02	.04	.05	.06	.07	.08	.09	.11	.12	.13	.14	.15	.16	.18	.19	.20	.21	.22	.23	.25	.25	.27	.28	.29
73	.01	.02	.04	.05	.06	.07	.08	.10	.11	.12	.13	.14	.15	.17	.18	.19	.20	.21	.23	.24	.25	.26	.27	.29	.30
74	.01	.02	.04	.05	.06	.07	.08	.10	.11	.12	.13	.14	.16	.17	.18	.19	.20	.22	.23	.24	.25	.26	.28	.29	.30
75	.01	.02	.04	.05	.06	.07	.09	.10	.11	.12	.13	.15	.16	.17	.18	.20	.21	.22	.23	.24	.26	.27	.28	.29	.31
76	.01	.02	.04	.05	.06	.07	.09	.10	.11	.12	.14	.15	.16	.17	.19	.20	.21	.22	.24	.25	.26	.27	.29	.30	.31
77	.01	.03	.04	.05	.06	.08	.09	.10	.11	.13	.14	.15	.16	.18	.19	.20	.21	.23	.24	.25	.26	.28	.29	.30	.32
78	.01	.03	.04	.05	.06	.08	.09	.10	.11	.13	.14	.15	.17	.18	.19	.20	.22	.23	.24	.25	.27	.28	.29	.30	.32
79	.01	.03	.04	.05	.06	.08	.09	.10	.12	.13	.14	.15	.17	.18	.19	.21	.22	.23	.25	.26	.27	.28	.30	.31	.32
80	.01	.03	.04	.05	.07	.08	.09	.10	.12	.13	.14	.16	.17	.18	.20	.21	.22	.23	.25	.26	.27	.29	.30	.31	.33
81	.01	.03	.04	.05	.07	.08	.09	.11	.12	.13	.15	.16	.17	.18	.20	.21	.22	.24	.25	.26	.28	.29	.30	.32	.33
82	.01	.03	.04	.05	.07	.08	.09	.11	.12	.13	.15	.16	.17	.19	.20	.21	.23	.24	.25	.27	.28	.29	.31	.32	.34
83	.01	.03	.04	.05	.07	.08	.10	.11	.12	.14	.15	.16	.18	.19	.20	.22	.23	.24	.26	.27	.29	.30	.31	.33	.34
84	.01	.03	.04	.05	.07	.08	.10	.11	.12	.14	.15	.16	.18	.19	.21	.22	.23	.25	.26	.27	.29	.30	.32	.33	.34
85	.01	.03	.04	.06	.07	.08	.10	.11	.12	.14	.15	.17	.18	.19	.21	.22	.23	.25	.26	.28	.29	.30	.32	.33	.35
86	.01	.03	.04	.06	.07	.08	.10	.11	.13	.14	.15	.17	.18	.20	.21	.22	.24	.25	.27	.28	.29	.31	.32	.34	.35
87	.01	.03	.04	.06	.07	.09	.10	.11	.13	.14	.16	.17	.18	.20	.21	.23	.24	.26	.27	.28	.30	.31	.33	.34	.36
88	.01	.03	.04	.06	.07	.09	.10	.12	.13	.14	.16	.17	.19	.20	.22	.23	.24	.26	.27	.29	.30	.32	.33	.35	.36
89	.01	.03	.04	.06	.07	.09	.10	.12	.13	.15	.16	.17	.19	.20	.22	.23	.25	.26	.28	.29	.30	.32	.33	.35	.36
90	.01	.03	.04	.06	.07	.09	.10	.12	.13	.15	.16	.18	.19	.21	.22	.24	.25	.26	.28	.29	.31	.32	.34	.35	.37
91	.01	.03	.04	.06	.07	.09	.10	.12	.13	.15	.16	.18	.19	.21	.22	.24	.25	.27	.28	.30	.31	.33	.34	.35	.37
92	.02	.03	.05	.06	.08	.09	.11	.12	.14	.15	.17	.18	.20	.21	.23	.24	.26	.27	.29	.30	.32	.33	.35	.36	.38
93	.02	.03	.05	.06	.08	.09	.11	.12	.14	.15	.17	.18	.20	.21	.23	.24	.26	.27	.29	.30	.32	.33	.35	.36	.38
94	.02	.03	.05	.06	.08	.09	.11	.12	.14	.15	.17	.18	.20	.22	.23	.25	.26	.28	.29	.31	.32	.34	.35	.37	.39
95	.02	.03	.05	.06	.08	.09	.11	.12	.14	.16	.17	.19	.20	.22	.23	.25	.26	.28	.29	.31	.33	.34	.36	.37	.39
96	.02	.03	.05	.06	.08	.09	.11	.13	.14	.16	.17	.19	.20	.22	.24	.25	.27	.28	.30	.31	.33	.35	.36	.38	.39
97	.02	.03	.05	.06	.08	.10	.11	.13	.14	.16	.17	.19	.21	.22	.24	.25	.27	.29	.30	.32	.33	.35	.37	.38	.40
98	.02	.03	.05	.06	.08	.10	.11	.13	.14	.16	.18	.19	.21	.22	.24	.26	.27	.29	.30	.32	.34	.35	.37	.38	.40
99	.02	.03	.05	.06	.08	.10	.11	.13	.15	.16	.18	.19	.21	.23	.24	.26	.28	.29	.31	.32	.34	.35	.37	.39	.41
100	.02	.03	.05	.07	.08	.10	.11	.13	.15	.16	.18	.20	.21	.23	.24	.26	.28	.29	.31	.33	.34	.36	.37	.39	.41
101	.02	.03	.05	.07	.08	.10	.12	.13	.15	.17	.18	.20	.21	.23	.25	.26	.28	.30	.31	.33	.35	.36	.38	.40	.41
102	.02	.03	.05	.07	.08	.10	.12	.13	.15	.17	.18	.20	.22	.23	.25	.27	.28	.30	.32	.33	.35	.37	.38	.40	.42
103	.02	.03	.05	.07	.08	.10	.12	.13	.15	.17	.18	.20	.22	.24	.25	.27	.29	.30	.32	.34	.35	.37	.39	.40	.42
104	.02	.03	.05	.07	.09	.10	.12	.14	.15	.17	.19	.20	.22	.24	.26	.27	.29	.31	.32	.34	.36	.37	.39	.41	.43
105	.02	.03	.05	.07	.09	.10	.12	.14	.15	.17	.19	.20	.22	.24	.26	.28	.29	.31	.33	.34	.36	.38	.40	.41	.43
106	.02	.03	.05	.07	.09	.10	.12	.14	.16	.17	.19	.21	.22	.24	.26	.28	.29	.31	.33	.35	.36	.38	.40	.42	.43
107	.02	.04	.05	.07	.09	.11	.12	.14	.16	.18	.19	.21	.23	.25	.26	.28	.30	.32	.33	.35	.37	.39	.40	.42	.44
108	.02	.04	.05	.07	.09	.11	.12	.14	.16	.18	.19	.21	.23	.25	.27	.28	.30	.32	.34	.35	.37	.39	.41	.42	.44
109	.02	.04	.05	.07	.09	.11	.12	.14	.16	.18	.20	.21	.23	.25	.27	.28	.30	.32	.34	.36	.37	.39	.41	.43	.45

TABLE III.—EXPANSION CORRECTION, C, FOR UNPROTECTED THERMOMETERS—Continued

$$(T_w - t_w)$$

$(T_w + V_0)$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
110.....	0.02	0.04	0.05	0.07	0.09	0.11	0.13	0.14	0.16	0.18	0.20	0.22	0.23	0.25	0.27	0.29	0.31	0.32	0.34	0.36	0.38	0.40	0.41	0.43	0.45
111.....	.02	.04	.05	.07	.09	.11	.13	.14	.16	.18	.20	.22	.23	.25	.27	.29	.31	.32	.34	.36	.38	.40	.42	.43	.45
112.....	.02	.04	.05	.07	.09	.11	.13	.15	.16	.18	.20	.22	.24	.26	.27	.29	.31	.33	.35	.37	.38	.40	.42	.44	.46
113.....	.02	.04	.06	.07	.09	.11	.13	.15	.17	.19	.20	.22	.24	.26	.28	.30	.31	.33	.35	.37	.39	.41	.43	.44	.46
114.....	.02	.04	.06	.07	.09	.11	.13	.15	.17	.19	.20	.22	.24	.26	.28	.30	.32	.33	.35	.37	.39	.41	.43	.45	.47
115.....	.02	.04	.06	.08	.09	.11	.13	.15	.17	.19	.21	.23	.24	.26	.28	.30	.32	.34	.36	.38	.39	.41	.43	.45	.47
116.....	.02	.04	.06	.08	.10	.11	.13	.15	.17	.19	.21	.23	.25	.27	.29	.30	.32	.34	.36	.38	.40	.42	.44	.46	.48
117.....	.02	.04	.06	.08	.10	.11	.13	.15	.17	.19	.21	.23	.25	.27	.29	.31	.32	.34	.36	.38	.40	.42	.44	.46	.48
118.....	.02	.04	.06	.08	.10	.12	.14	.15	.17	.19	.21	.23	.25	.27	.29	.31	.33	.35	.37	.39	.41	.42	.44	.46	.48
119.....	.02	.04	.06	.08	.10	.12	.14	.16	.18	.20	.21	.23	.25	.27	.29	.31	.33	.35	.37	.39	.41	.43	.45	.47	.49
120.....	.02	.04	.06	.08	.10	.12	.14	.16	.18	.20	.22	.24	.25	.27	.29	.31	.33	.35	.37	.39	.41	.43	.45	.47	.49
121.....	.02	.04	.06	.08	.10	.12	.14	.16	.18	.20	.22	.24	.26	.28	.30	.32	.34	.36	.38	.40	.42	.44	.46	.48	.40
122.....	.02	.04	.06	.08	.10	.12	.14	.16	.18	.20	.22	.24	.26	.28	.30	.32	.34	.36	.38	.40	.42	.44	.46	.48	.50
123.....	.02	.04	.06	.08	.10	.12	.14	.16	.18	.20	.22	.24	.26	.28	.30	.32	.34	.36	.38	.40	.42	.44	.46	.48	.50
124.....	.02	.04	.06	.08	.10	.12	.14	.16	.18	.20	.22	.24	.26	.28	.30	.32	.35	.37	.39	.41	.43	.45	.47	.49	.51
125.....	.02	.04	.06	.08	.10	.12	.14	.16	.18	.20	.22	.24	.27	.29	.31	.33	.35	.37	.39	.41	.43	.45	.47	.49	.51
126.....	.02	.04	.06	.08	.10	.12	.14	.16	.19	.21	.23	.25	.27	.29	.31	.33	.35	.37	.39	.41	.43	.45	.47	.49	.52
127.....	.02	.04	.06	.08	.10	.12	.15	.17	.19	.21	.23	.25	.27	.29	.31	.33	.35	.37	.40	.42	.44	.46	.48	.50	.52
128.....	.02	.04	.06	.08	.10	.13	.15	.17	.19	.21	.23	.25	.27	.29	.31	.33	.36	.38	.40	.42	.44	.46	.48	.50	.52
129.....	.02	.04	.06	.08	.11	.13	.15	.17	.19	.21	.23	.25	.27	.30	.32	.34	.36	.38	.40	.42	.44	.46	.49	.51	.53
130.....	.02	.04	.06	.09	.11	.13	.15	.17	.19	.21	.23	.26	.28	.30	.32	.34	.36	.38	.40	.43	.45	.47	.49	.51	.53
131.....	.02	.04	.06	.09	.11	.13	.15	.17	.19	.21	.24	.26	.28	.30	.32	.34	.36	.39	.41	.43	.45	.47	.49	.51	.54
132.....	.02	.04	.06	.09	.11	.13	.15	.17	.19	.22	.24	.26	.28	.30	.32	.35	.37	.39	.41	.43	.45	.48	.50	.52	.54
133.....	.02	.04	.07	.09	.11	.13	.15	.17	.20	.22	.24	.26	.28	.31	.33	.35	.37	.39	.41	.44	.46	.48	.50	.52	.55
134.....	.02	.04	.07	.09	.11	.13	.15	.18	.20	.22	.24	.26	.28	.31	.33	.35	.37	.39	.42	.44	.46	.48	.50	.53	.55
135.....	.02	.04	.07	.09	.11	.13	.15	.18	.20	.22	.24	.27	.29	.31	.33	.35	.38	.40	.42	.44	.46	.49	.51	.53	.55
136.....	.02	.04	.07	.09	.11	.13	.16	.18	.20	.22	.24	.27	.29	.31	.33	.36	.38	.40	.42	.44	.47	.49	.51	.53	.56
137.....	.02	.04	.07	.09	.11	.13	.16	.18	.20	.22	.25	.27	.29	.31	.34	.36	.38	.40	.43	.45	.47	.49	.52	.54	.56
138.....	.02	.05	.07	.09	.11	.14	.16	.18	.20	.23	.25	.27	.29	.32	.34	.36	.38	.41	.43	.45	.47	.50	.52	.54	.57
139.....	.02	.05	.07	.09	.11	.14	.16	.18	.20	.23	.25	.27	.30	.32	.34	.36	.39	.41	.43	.45	.48	.50	.52	.54	.57
140.....	.02	.05	.07	.09	.11	.14	.16	.18	.21	.23	.25	.27	.30	.32	.34	.37	.39	.41	.44	.46	.48	.50	.53	.55	.57
141.....	.02	.05	.07	.09	.12	.14	.16	.18	.21	.23	.25	.28	.30	.32	.35	.37	.39	.42	.44	.46	.49	.51	.53	.55	.58
142.....	.02	.05	.07	.09	.12	.14	.16	.19	.21	.23	.26	.28	.30	.32	.35	.37	.39	.42	.44	.46	.49	.51	.53	.56	.58
143.....	.02	.05	.07	.09	.12	.14	.16	.19	.21	.23	.26	.28	.30	.33	.35	.37	.40	.42	.44	.47	.49	.51	.54	.56	.59
144.....	.02	.05	.07	.09	.12	.14	.17	.19	.21	.24	.26	.28	.31	.33	.35	.38	.40	.42	.45	.47	.50	.52	.54	.57	.59
145.....	.02	.05	.07	.09	.12	.14	.17	.19	.21	.24	.26	.28	.31	.33	.36	.38	.40	.43	.45	.47	.50	.52	.55	.57	.59
146.....	.02	.05	.07	.10	.12	.14	.17	.19	.22	.24	.26	.29	.31	.33	.36	.38	.41	.43	.45	.48	.50	.53	.55	.57	.60
147.....	.02	.05	.07	.10	.12	.14	.17	.19	.22	.24	.26	.29	.31	.34	.36	.38	.41	.43	.46	.48	.50	.53	.55	.58	.60
148.....	.02	.05	.07	.10	.12	.15	.17	.19	.22	.24	.27	.29	.31	.34	.36	.39	.41	.44	.46	.48	.51	.53	.56	.58	.61
149.....	.02	.05	.07	.10	.12	.15	.17	.20	.22	.24	.27	.29	.32	.34	.37	.39	.41	.44	.46	.49	.51	.54	.56	.59	.61
150.....	.03	.05	.07	.10	.12	.15	.17	.20	.23	.25	.27	.29	.32	.34	.37	.39	.42	.44	.47	.49	.51	.54	.56	.59	.61
151.....	.03	.05	.07	.10	.12	.15	.17	.20	.23	.25	.27	.30	.32	.35	.37	.40	.42	.44	.47	.49	.52	.54	.57	.59	.62

PROCESSING OCEANOGRAPHIC DATA

