

HZ 00028353

MEMOIRES DE STAGE

DESS

OCEANOGRAPHIE

1988

Exploitation de données
d'océanographie physique
(courantométrie)

Luc BRENGARD

Stage effectué au Centre ORSTOM de Nouméa
du 1-12-87 au 29-2-88

INSTITUT FRANÇAIS DE RECHERCHE SCIENTIFIQUE
POUR LE DÉVELOPPEMENT EN COOPÉRATION

Centre de Nouméa

The logo for ORSTOM, consisting of the word "ORSTOM" in a bold, stylized, sans-serif font. The letters are white with a black outline, and the "O" and "M" are particularly prominent.

MEMOIRES DE STAGE

DESS

OCEANOGRAPHIE

1988

Exploitation de données
d'océanographie physique
(courantométrie)

Luc BRENGARD

Stage effectué au Centre ORSTOM de Nouméa
du 1-12-87 au 29-2-88

INSTITUT FRANÇAIS DE RECHERCHE SCIENTIFIQUE
POUR LE DÉVELOPPEMENT EN COOPÉRATION

The logo for ORSTOM, featuring the word "ORSTOM" in a bold, stylized, blocky font with a textured, almost mosaic-like appearance.

CENTRE DE NOUMEA

TABLE DES MATIERES

CAHIER DES CHARGES	
CONTEXTE OCEANOGRAPHIQUE	1
CONTEXTE INFORMATIQUE	5
Matériel	5
Logiciel	5
Fichiers	5
FONCTIONNALITES A OFFRIR	9
EXIGENCES	11
CONTRAINTES	12
BILAN	14
MANUEL DE REALISATION	16
CHOIX DE REALISATION	16
ARCHITECTURE GENERALE	19
DECOMPOSITION EN COUCHES	20
AMELIORATIONS ET MODIFICATIONS POSSIBLES	23

CAHIER
DES
CHARGES

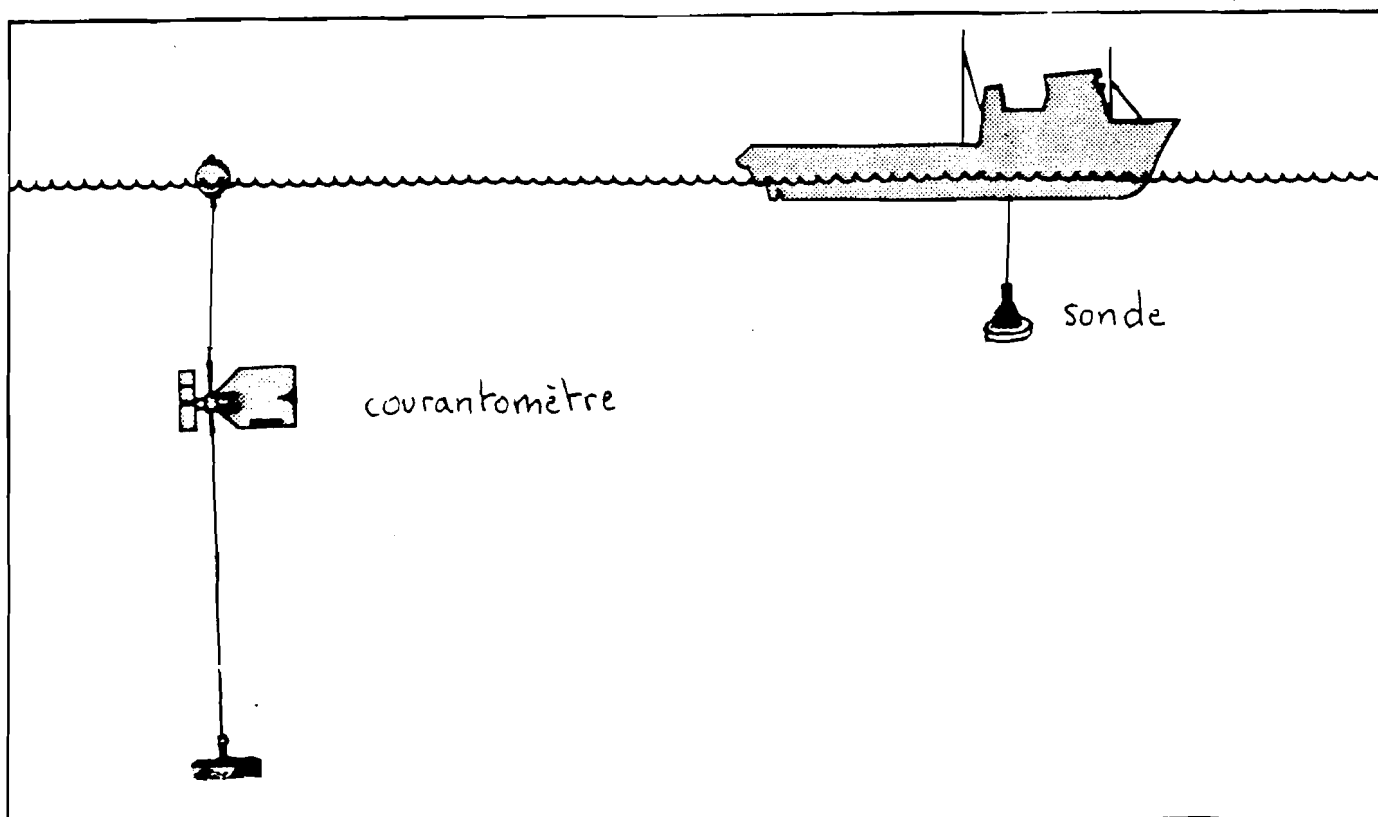
CONTEXTE OCEANOGRAPHIQUE

Environ quatre fois par an des campagnes de mesures sont réalisées par l'ORSTOM dans différentes régions du Pacifique. Les campagnes durent entre 4 et 5 semaines et les points de mesure appelés "stations" sont espacés de manière plus ou moins régulière en espace et en temps. Les mesures qui nous intéressent ici sont réalisées à l'aide de deux appareils :

- une "sonde" qui descend le long d'un câble à partir du bateau et qui enregistre la profondeur, la température, la salinité et l'oxygène dissout;
- un "courantomètre" qui descend librement le long d'un câble accroché à une bouée dérivante en mesurant également la profondeur et la température mais surtout le courant.

La sonde est immergée à des profondeurs comprises entre 0 et 1000 mètres maximum avec 24 cycles par seconde, donnant une mesure moyenne par seconde.

Le courantomètre est immergé entre 0 et 600 mètres avec une mesure toutes les 30 secondes, la descente durant environ une heure et demie. D'autre part, pour chaque station sont rentrées à la main les informations générales donnant l'heure, la position, le vent...)



A l'issue de ces campagnes deux fichiers sont pour l'instant créés : un fichier sonde et un fichier courantomètre. Ces fichiers comportent les mesures effectuées par la sonde et le courantomètre, avec éventuellement de petites corrections ou interpolations pour gommer en partie les erreurs de mesure.

En effet, les mesures effectuées sont plus ou moins fiables et parfois irrégulièrement enregistrées car liées au matériel et aux conditions d'utilisation. Ainsi un problème de treuil a pu provoquer un trou dans les mesures.

Les fichiers sont mis sous leur forme définitive à la fin des campagnes à partir de l'ensemble des données enregistrées sur disquettes. Les programmes qui constituent ces fichiers sont pour l'instant uniquement disponibles sur HP1000. Hormis la structure qui permet d'accéder aux différentes stations, ces programmes font déjà un premier traitement des données en conservant à peu près une valeur tous les 5 mètres entre 0 et 300 mètres (zone où les variations de courants sont les plus importantes) et une valeur tous les 10 mètres ensuite. Ces valeurs sont choisies de façon à ce qu'une interpolation linéaire entre deux valeurs consécutives soit pratiquement exacte.

A partir de ces données, différentes études sont intéressantes :

- Tout d'abord une visualisation par l'intermédiaire de graphiques des variations de certaines quantités caractérisant la dynamique du milieu.

Ces variations pouvant être étudiées sur différents ensembles de stations de façon à mettre en évidence des caractéristiques propres à une zone ou à une période.

Les quantités intéressantes sont en particulier celles intervenant dans les équations régissant les courants : $1/p(dP/dx)$, $1/p(dP/dy)$, du/dt , dv/dt , $u(du/dx)$, $v(dv/dy)$, $v(du/dy)$, $u(dv/dx)$, du/dz , dv/dz , d^2u/dz^2 , d^2v/dz^2 et d'autre part des quantités caractérisant la stabilité du fluide: cisaillement vertical de courant, fréquence de Väisälä (stabilité statique générée par le gradient vertical de densité) et nombre de Richardson de gradient (stabilité dynamique).

Dans ces calculs interviennent

p :	la densité de l'eau de mer;
P :	la pression;
x :	la position en longitude;
y :	la position en latitude;
z :	la profondeur;
u :	la composante Ouest-Est de la vitesse du courant;
v :	la composante Sud-Nord de la vitesse du courant;
t :	le temps;
T :	la température;
s :	la salinité;
h :	la hauteur dynamique;

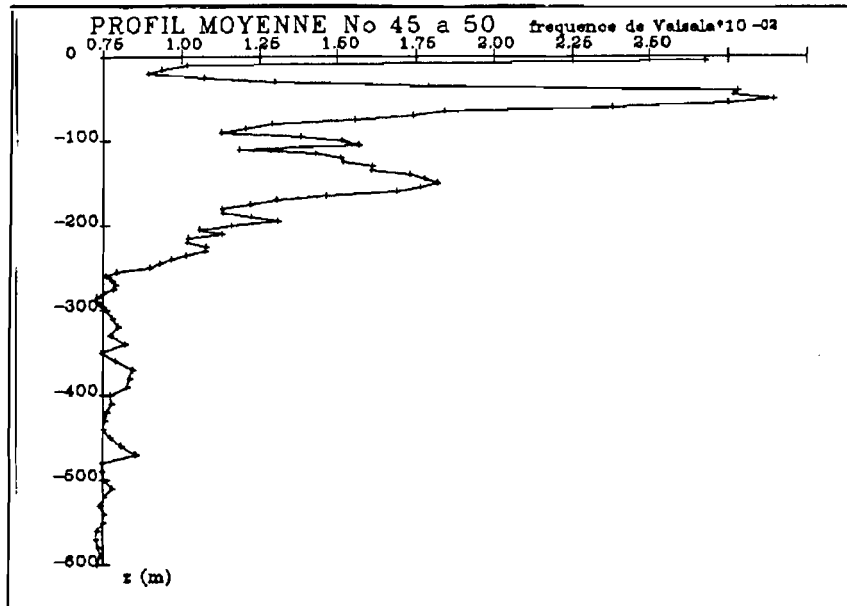
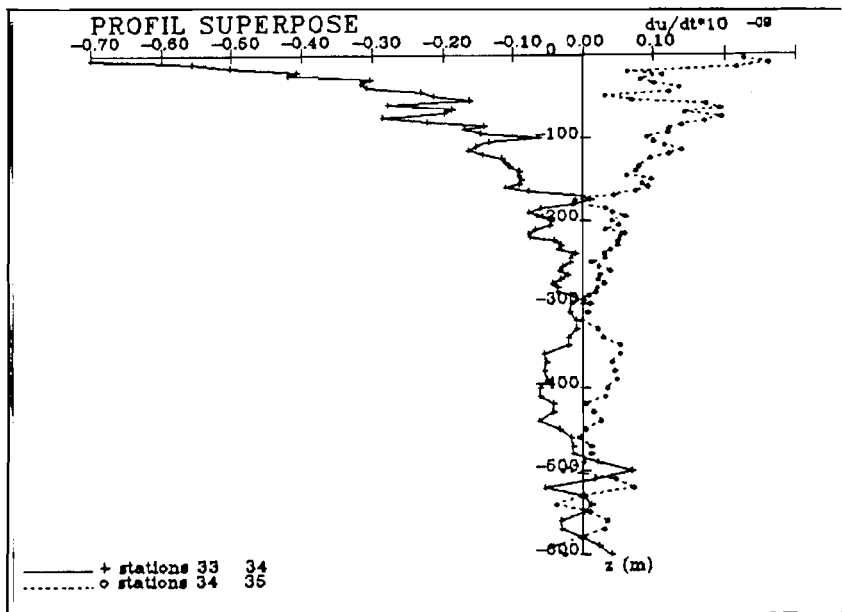
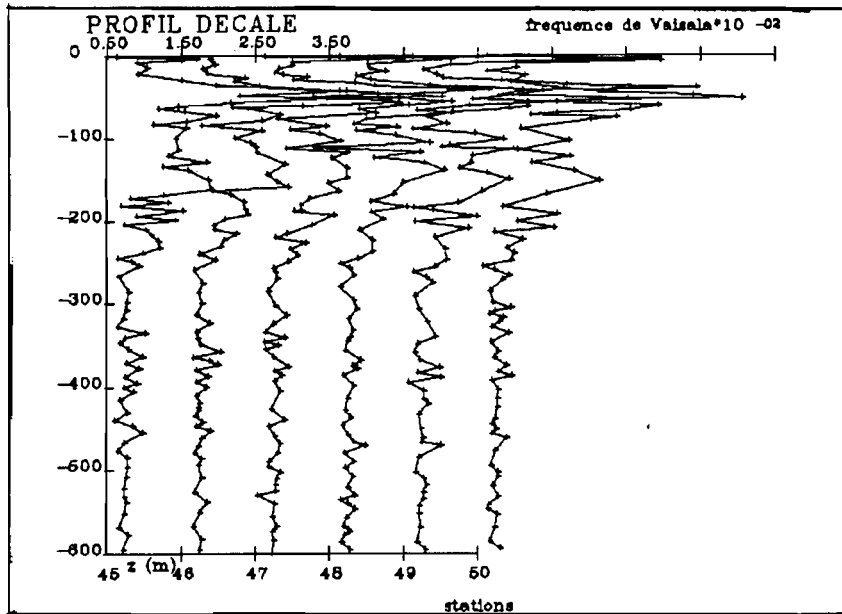
d indique une dérivée partielle et d2 une dérivée partielle d'ordre 2.

Le système d'unité utilisé pour ces calculs est le système m-k-s, c'est à dire: mètre ,kilogramme ,seconde.

Les graphiques utilisés pour l'étude des courants, sont en général des "profils". On a en abscisse les valeurs calculées et en ordonnées les profondeurs, la courbe représentant donc les variations d'une quantité en fonction de la profondeur. Ces variations dépendent également des stations c'est à dire de la position en latitude, longitude et du temps.

On peut avoir différents types de profils:

- des profils "décalés" pour mieux visualiser une évolution
- des profils "superposés" pour mieux visualiser des différences
- des profils "moyennés" pour lisser un peu les irrégularités de mesure.



- D'autre part on cherche à déterminer le coefficient vertical de viscosité virtuelle vertical apparaissant dans les équations de Navier-Stokes.

Ces équations régissent l'écoulement des fluides visqueux incompressibles et correspondent en particulier aux écoulements marins.

Elles se présentent sous la forme mono-dimensionnelle suivante :

$$du/dt - d/dz(v(z)(du/dz)) - fv = F1(z)$$

$$dv/dt - d/dz(v(z)(dv/dz)) + fu = F2(z)$$

f est le coefficient de Coriolis et v le coefficient de viscosité. $F1$ et $F2$ représentent le deuxième membre des équations et sont des constantes, calculées principalement à partir des quantités $1/p(dP/dx)$ et $1/p(dP/dy)$.

Le coefficient de viscosité est pour l'instant mal connu. Ses variations au cours des saisons, en fonction de la profondeur et de la position géographique, sont importantes. Il semble aussi que sa valeur soit fortement influencée par les fortes variations du courant suivant la verticale.

Pour la détermination du coefficient, on applique une méthode d'identification développée par G. Chavent (INRIA) et J.L. Lions (université de Paris VI). On peut définir brièvement le problème d'identification, ou problème inverse en disant qu'il consiste à minimiser la distance entre un courant observé et un courant calculé pour des valeurs fixées du coefficient de viscosité, c'est à dire une fonctionnelle des moindres carrés, en utilisant la méthode du contrôle optimal.

L'avantage de cette méthode est qu'elle donne un algorithme simple d'utilisation.

L'étude de ce coefficient est par ailleurs intéressante pour deux raisons :

- d'une part, les résultats des modèles de circulation à l'équateur varient fortement en fonction des valeurs données au coefficient vertical de viscosité. Il est donc important de paramétrer correctement cette quantité.
- d'autre part, pour la biologie, il est nécessaire de savoir comment les sels nutritifs, surtout présents dans la couche profonde de l'océan, parviennent jusqu'à la couche de surface éclairée où on lieue la plupart des mécanismes biologiques. Dans beaucoup de cas, il s'agit de transports verticaux turbulents; la connaissance précise du coefficient vertical de viscosité permet de quantifier ces transports.

CONTEXTE INFORMATIQUE

Matériel

- SUN sous systeme UNIX avec selon le poste de travail :
 - Mémoire centrale entre 4 et 8 méga octets
 - Disques durs entre 140 et 780 mégas
 - Consoles graphiques noir et blanc de définition 1600*1280 ou 1152*900 pixels
- Table traçante Benson
- Imprimante Laser-Writer Apple

Logiciel

- Logiciel de multifenêtrage SUNTOOLS
- Logiciel graphique SUNCORE ou GKS, ce dernier ne fonctionnant pas sous SUNTOOLS
- Langages disponibles : Pascal, FORTRAN 77 , langage C
- Un programme permettant la recherche des profils de viscosité par une méthode inverse a déjà été écrit en Fortran sur HP1000 par Pascal Douillet. Il est adapté essentiellement à des mesures dans les régions équatoriales....
- Des logiciels permettant d'accéder à certaines données des fichiers croisières existent sur HP1000 en Fortran
- Certaines quantités (les anomalies de hauteur dynamique et la densité de l'eau de mer) sont calculées à partir de routines écrites en Fortran qui ne peuvent être modifiées car elles correspondent à des normes internationales.

Fichiers

La forme des fichiers croisières de l'ORSTOM est pour l'instant toujours la même. Ces fichiers sont disponibles en codé binaire sur HP1000 mais les transferts sous forme fichiers ASCII sont possibles entre le HP1000 et un poste SUN.

La structure des fichiers est fortement liée au matériel qui était utilisé, en effet pour occuper un minimum de place en mémoire les fichiers sont stockés en blocs de 128 paires d'octets, chaque paire d'octet contenant un entier. Les valeurs contenues dans les fichiers sont donc uniquement des valeurs entières comprises entre -32768 et 32767. Les mesures sont donc affectées de différents coefficients de façon à être rendues entières.

La structure est la suivante :

- Dans les trois premiers blocs sont rangées les informations générales de la campagne et les adresses (en bloc) de référence des différentes stations :

entier no	signification	unité/contraintes
1	année de début de la campagne	2 chiffres
2	mois " " ""	" "
3	jour " " ""	" "
4	année de fin de la campagne	" "
5	mois " " ""	" "
6	jour " " ""	" "
7	latitude la plus au sud	en d°minute*100
8	latitude la plus au nord	" " "
9	longitude la plus à l'ouest	" " "
10	longitude la plus à l'est	" " "
11	plus grand no de station	
12	nombre de stations de la campagne	inférieur à 128
13	nombre maximum de paramètres	inférieur à 30
14	nombre de secteurs du fichier	
15..56	liste des codes(BNDO) des paramètres mesurés (complétée de -1)	
57..220	liste des numéros de station (complétés de -1)	
221..384	liste des numéros de bloc correspondant au début des stations précédentes (complétée de -1)	

ensuite pour chaque station à partir du bloc dont l'adresse est dans l'entête, on a :

entier no	signification	unité/contraintes
1	no de la station	
2	année de la station	2 chiffres
3	mois " " "	" "
4	jour " " "	" "
5	heure " " "	" "
6	minute " " "	" "
7	latitude " " "	en d°minute*100
8	longitude " " "	" " "
9	fond maxi testé	en mètres
10	nombre d'immersions	inférieur à 128
11	température air sec	en d°C*10
12	" " " humide	" "
13	direction du vent	en d°/nord
14	force du vent	en noeuds
15	nombre de paramètres mesurés	inférieur à 30
16	nébulosité	
17	état de la mer	
18	pression atmosphérique	
19..68	inutilisé (complété de -1)	
69..98	liste des codes(BNDO) des paramètres utilisés (complétée de -1)	
99..128	liste des adresses 'codées' de chaque paramètre référencé (complétée de -1)	
129...	liste des valeurs pour chaque paramètre (le dernier bloc est complété par des -1)	

notes :

- les adresses des paramètres sont constituées de 4 chiffres ,le 1^{er} est le numero du bloc de la station (relatif) et les trois autres donnent la position dans ce bloc de la première valeur du paramètre
- Dans ces fichiers lorsqu'une valeur n'a pas pu être mesurée l' entier 999 ou 9999 est rentré, les places non utilisées sont, elles, complétées de -1 .
- le code BNDO est une convention définie par la Banque Nationale des Données Océanographiques :

CODE	PARAMETRE (SIGLE)	NB. CH.	FORMAT	UNITE
		SIGNIF.	ENTREE	ENTREE
01	IMMERSION (PROF)	4	XXXX	m
02	PRESSION			
03	TEMPERATURE (TEMP)	4	XX.XX	°C
04	SALINITE (SAL)	4	XX.XX	10 ³ -3
05	NE PAS UTILISER (VITESSE DU SON)			
06	OXYGENE DISSOUS (O2)	3	X.XX	ml l ⁻¹
07	PHOSPHATE MINERAL DISSOUS (PO4)	3	X.XX	Umol l ⁻¹
08	PHOSPHORE DISSOUS	3	X.XX	Umol l ⁻¹
09	NITRATE (NO3)	4	XX.XX	Umol l ⁻¹
10	NITRITE (NO2)	3	X.XX	Umol l ⁻¹
11	SILICATE (SiO3-Si)	4	XX.XX	Umol l ⁻¹
12	ALCALINITE			
13	P. H.			
14	CHLORINITE			
15	ELEMENTS TRACE			
16	RADIOACTIVITE			
17	ISOTOPES			
18	GAS DISSOUS			
19	AZOTE TOTAL			
20	FLUORIDE			
21	NITRATE + NITRITE (NO2+NO3)	4	XX.XX	Umol l ⁻¹
22	CHLOROPHYLLE - A (Chla)	4	XX.XX	Ug l ⁻¹
23	PHAEOPHYTINE (PHE)	4	XX.XX	Dg l ⁻¹
24	A. T. P.	4	XX.XX	ng l ⁻¹
25	GLUCIDE			
26	PROTEINE			
27	LIPIDE			
28	AMMONIUM (NH4)	3	X.XX	Umol l ⁻¹
29	CONCENTRATION AZOTE PARTICULAIRE (NP)	4	XX.XX	Umol l ⁻¹
30	IMMERSION PHOTOMETRIQUE (I/I0)	4	X.XXX	%
	(% PENETRATION / SURFACE)			
31	% PENETRATION LUMIERE VERTE (5300 A)			
32	C-14 PRODUCTION ORGANIQUE PRIMAIRE			
33	CHLOROPHYLLE-A SU (SCOR-UNESCO) (Chla)	4	XX.XX	Umol l ⁻¹
34	CHLOROPHYLLE-A SA (ACTIVE APRES ACIDIFICATION)			
35	INDICE DE DIVERSITE D430 / D665			
36	VITESSE D ASSIMILATION	5	X.XXXX	h ⁻¹
	DE L'AZOTE NITRIQUE			
37	VITESSE D ASSIMILATION	5	X.XXXX	h ⁻¹
	DE L'AZOTE AMMONIACAL			
38	AZOTE NITRIQUE ASSIMILE	5	X.XXXX	Umol l ⁻¹
39	AZOTE AMMONIACAL ASSIMILE	5	X.XXXX	Umol (lh) ⁻¹
40	C14 (C14)	4	XX.XX	Ug (lj) ⁻¹
43	AZOTE ORGANIQUE DISSOUS	4	XX.XX	Umol l ⁻¹
45	PHOSPHORE EN PARTICULES (PP)	4	X.XXX	Umol l ⁻¹
47	PRODUCTION BACTERIENNE			
49	PARTICULES			
50	POIDS DE SESTON			
53	POIDS D AMIDON			
55	NOMBRE DE PARTICULES COMPRISES ENTRE 2 ET 5 MICRONS			
57	NOMBRE DE PARTICULES COMPRISES ENTRE 5 ET 20 MICRONS			
59	NOMBRE DE PARTICULES COMPRISES ENTRE 20 ET 50 MICRONS			
61	NOMBRE DE PARTICULES COMPRISES ENTRE 50 ET 70 MICRONS			
63	POIDS DE PROTEINE SOLUBLE (BIOMASSE ZOOPLANCTON)			
66	O2 CH			
68	ACTIVITE AMYLIASIQUE			
71	EXCRETION ORGANIQUE PRIMAIRE			
72	RESPIRATION BACTERIENNE			
73	ACTIVITE BACTERIENNE			
74	PHOSPHORE ORGANIQUE DISSOUS	3	X.XX	Umol l ⁻¹
75	FER TOTAL			
76	IODE			
77	CARBONE PARTICULAIRE (CP)	4	XX.XX	Umol l ⁻¹
78	COPEPODES (COMPTE EN 30) (COPEP)	4	XXXX	
79	C14 - UREE			
84	ACTIVITE TRYPSIQUE			
85	NB TOTAL DE PARTICULES (COULTER) DANS 1 LITRE			
80	UREE	3	X.XX	Umol l ⁻¹
86	ENERGIE LUMINEUSE PAR JOUR (LUM)	5	XXXX.X	10 ³ 22pm
	(400nm - 700nm)			
87	FLUO IN VIVO / FLUO + DCMU	3	X.XX	
88	% PHAEOPHYTINE (PHE)	2	XX	%
89	P PARTICULAIRE 3pk 200 microns (PP200)	4	XX.XX	nmol l ⁻¹
90	P PARTICULAIRE 3pk 50 microns (PP50)	4	XX.XX	nmol l ⁻¹
91	VITESSE ASSIMILATION	3	.XXX	h ⁻¹
	DU PHOSPHATE CLAIR			
92	VITESSE ASSIMILATION	3	.XXX	h ⁻¹
	DU PHOSPHATE SOMBRE			
100	COMPOS. COURANT E-O. (<0 Vers l'ouest)	5	XX.XX	Cm/s
101	COMPOSANTE COURANT N-S	5	XXXX	Cm/s
252	AZOTE DISSOUS (MANIERE OUDOT....)			
253	GAS CARBONIQUE (MANIERE OUDOT....)			

- La forme de ces fichiers est assez lourde et ne facilite pas les différents accès qui peuvent être intéressants c'est pourquoi elle risque d'être modifiée et en particulier l'utilisation d'une base de donnée est actuellement à l'étude.

PROFIL DES UTILISATEURS

Les utilisateurs seront uniquement des chercheurs de l'ORSTOM. Ils connaissent en général bien le contenu et la forme des fichiers à traiter puisqu'ils ont souvent participé eux-mêmes aux campagnes de mesures.

Ils sont presque tous habitués à travailler et à programmer en Fortran sur HP1000. Cependant de plus en plus les programmes qu'ils utilisaient sont transférés sur SUN, ils vont donc être amenés à travailler davantage sur ce nouveau matériel et connaîtrons forcément un peu le système UNIX et le logiciel SUNTOOLS de multifenêtrage.

Ils risquent d'être amenés à effectuer eux-même les modifications ou extensions du programme à réaliser et souhaitent donc que le programme soit écrit en Fortran.

Les utilisateurs principaux seront les 'commanditaires' du programme Marie-Hélène RADENAC et Pascal DOUILLET, ce dernier participant également à la réalisation en ce qui concerne toute la partie 'modèle'.

FONCTIONNALITES A OFFRIR

Il s'agit ici de réaliser le programme qui permettra d'étudier n'importe quelle campagne à partir des fichiers de données correspondants .

Une première partie devra permettre d'étudier les quantités caractérisant les courants en présentant sous forme graphique (profil) les évolutions de ces quantités; ensuite, on pourra grâce à la modélisation des courants et à une méthode inverse déterminer des profils caractéristiques de la viscosité.

Il faudra pouvoir :

- Choisir les fichiers à étudier correspondant à une campagne : Il y aura un fichier sonde et un fichier courantologie à choisir
- Choisir entre l'étude des quantités et l'application du modèle permettant de déterminer les profils de viscosité
- Avoir accès à tous moments aux informations générales concernant chaque station grâce à :

- une liste des stations avec les renseignements généraux suivants: date, heure, position, direction et force du vent, température de l'air .

- un graphique indiquant la position géographique des stations, grâce au tracé de quelques méridiens et parallèles, chaque station étant repérable par son numéro.

- Pour l'évaluation et la visualisation des quantités il faudra pouvoir :

- Choisir la quantité à étudier parmi les suivantes : $1/p(dP/dx)$, $1/p(dP/dy)$, du/dt , dv/dt , $u(du/dx)$, $v(dv/dy)$, $v(du/dy)$, $u(dv/dx)$, du/dz , dv/dz , d^2u/dz^2 , d^2v/dz^2 , le cisaillement, la fréquence de Vaïssala, le nombre de Richardson .

- Sélectionner l'ensemble des stations à prendre en compte:

La sélection pourra se faire par:

- numéro de station (en donnant des couples de numéro ou des numéros simples suivant les nécessités du calcul)
- intervalle de latitude et longitude
- intervalle de temps

- Editer le profil désiré en choisissant :

- Le périphérique de tracé parmi ceux disponibles
- Le type de profil : décalé, superposé, ou moyenné
- Le titre du profil
- les profondeurs minimales et maximales souhaitées

- Constituer après les études des quantités $1/p(dP/dx)$, $1/p(dP/dy)$, $u(du/dx)$, $v(dv/dy)$, $v(du/dy)$, $u(dv/dx)$, les valeurs qui seront prises en compte comme deuxième membre des équations du modèle. Pour cela il faudra pouvoir :

- Initialiser ces valeurs avec celles du profil qui vient d'être tracé
- Visualiser par superposition des profils, l'importance entre les anciennes valeurs et celles du profil venant d'être tracé
- Ajouter ou Retrancher les nouvelles valeurs aux anciennes
- Modifier des valeurs particulières
- Consulter les valeurs qui auront été construites
- Sauvegarder ces valeurs de façon à pouvoir les conserver d'une session à l'autre

Pour l'application du modèle, il faudra pouvoir :

- Sélectionner l'ensemble des stations à prendre en compte. La sélection pourra se faire :
 - par numéros de station (en donnant la liste par ordre de numéro croissant des stations choisies)
 - par intervalle de latitude et de longitude
 - par intervalle de temps
- Choisir les valeurs du second membre des équations.
- Contrôler la validité du modèle par affichage de la différence entre courant calculé et courant observé.
- Afficher les profils calculés de la viscosité.

EXIGENCES

- Il ne faudra en aucun cas modifier des valeurs à l'interieur des fichiers de données.
- la gestion des fichiers est à la charge de l'utilisateur
- il faudra vérifier la cohérence des deux noms de fichiers en fonction des règles suivantes :
 - les noms sont constitués de 6 caractères
 - le premier est 's' pour un fichier sonde et 'k' pour un fichier courantologie
 - les 5 autres sont identiques pour deux fichiers d'une même campagne : deux lettres pour le nom du bateau, deux chiffres pour l'année, une lettre pour la campagne.
 - les fichiers pourront être sous n'importe quel répertoire du SUN, il suffira alors de rajouter au debut du nom le chemin à partir de la racine.
- la sélection par numéro de station devra permettre n'importe quelle comparaison et être la plus rapide possible.
- Au niveau des calculs, il faudra effectuer les contrôles suivants:
 - Validité des valeurs lues dans les fichiers : on examinera le cas des valeurs manquantes stockées dans les fichiers sous la forme 9999 ou 999. Si ces valeurs sont rencontrés dans les listes de valeurs en fonction des profondeurs on ne tiendra pas compte des valeurs à ces profondeurs. Si elles sont rencontrées dans la partie renseignements généraux sur les stations (cas de la direction du vent si celui-ci était trop faible) on conservera une indication de ces manques de valeur et on prendra pour une force de vent nulle dans les calculs du modèle.
 - Lors du calcul de la fréquence de Väisälä une racine carrée intervient. Si l'une des valeurs est négative à une certaine profondeur, on poursuivra le calcul aux autres profondeurs, mais il faudra qu'au niveau du graphique on puisse s'apercevoir de l'impossibilité du calcul. Pour cela, on interrompra la courbe du profil au niveau des profondeurs concernées.
 - On fera de même lors du calcul du nombre de Richardson (rappel: $Ri = \text{fréquence de Väisälä au carré} / \text{cisaillement au carré}$) si la fréquence de Väisälä est incalculable ou si le cisaillement est nul ou même inférieur à un certain seuil qui sera décidé ultérieurement en fonction des ordres de grandeur rencontrés
- Les calculs des quantités $1/p(dP/dx)$, $1/p(dP/dy)$, du/dt , dv/dt , $u(du/dx)$, $v(dv/dy)$, $v(du/dy)$, $u(dv/dx)$ nécessitent au moins deux stations puisqu'il s'agit de calculer des différences. Il faudra donc pour chaque profondeur mesurée dans une station et pas dans l'autre dans l'intervalle de profondeur commun, faire une interpolation linéaire.
- Il faudra faire le même genre d'interpolation pour pouvoir ajouter ou soustraire au deuxième membre mais, cette fois, on interpolera de façon à avoir une valeur tous les 5 mètres entre 0 et 300 mètres et tous les

10 mètres ensuite, en restant toujours dans l'intervalle de profondeur commun entre l'ancien deuxième membre et la quantité à ajouter ou soustraire.

- On effectuera d'abord le choix de la quantité, puis on itérera sur celui des stations, mais il sera possible de conserver les stations précédentes lors de l'étude d'une nouvelle quantité.
- On pourra faire différentes éditions d'un même calcul en modifiant éventuellement des valeurs particulières des profils.
- Au niveau des profils, il faudra avoir une échelle automatique pleine page et les indications suivantes :
 - Sur l'axe des profondeurs (axe vertical) les valeurs principales ainsi que 'z' et l'unité : ' mètres '
 - Sur l'axe horizontal des repères numériques et le nom de la quantité étudiée
 - En haut à gauche, le titre
 - Pour les profils décalés, une échelle horizontale indiquant l'amplitude du décalage et les numéros des stations correspondants à chaque décalage
 - Pour les profils superposés, des traits et des symboles différents seront utilisés (aux maximum 4 courbes seront superposées) et une légende indiquera à quelles stations correspond chaque type de courbe
- Pour le modèle, il faudra réaliser les interpolations et extrapolations nécessaires sur les données utilisées de façon à avoir un pas de temps constant (une heure) et un pas de 5 mètres sur les profondeurs jusqu'à 300 mètres, et de 10 mètres entre 300 et 600 mètres .Pour cela, on complètera les valeurs manquantes au début et à la fin de l'intervalle des profondeurs par une interpolation polynomiale de degré 2 sur les 5 premières ou 5 dernières profondeurs. Les autres valeurs seront complétées par interpolation linéaire.
- Au niveau des menus, on tapera le numéro du choix et un message sera affiché si celui-ci ne correspond à aucun choix.

CONTRAINTES

- Le langage devra être le Fortran avec éventuellement certaines fonctions écrites en C .
- Le programme devra pouvoir s'adapter le mieux possible à une nouvelle forme des fichiers croisières .
- Il faudra limiter aux maximum les temps de réponse du programme.
- il faudra soigner particulièrement la lisibilité.
- il faudra pouvoir effectuer facilement les modifications suivantes :
 - Ajout de nouvelles quantités
 - Etude d'autres types de fichier
 - Utilisation de différents logiciels graphiques

- Il faut que le programme puisse tourner sur les différents postes SUN existants, mais l'exploitation en dehors du matériel SUN n'est pas à prévoir, le matériel SUN étant utilisé dans tous les centres de l'ORSTOM.

-

BILAN

Le travail demandé est sans doute assez typique des problèmes rencontrés par les chercheurs: ils ont des fichiers de données assez importants et les études à la main sont longues. Ils ont donc besoin de programmes qui exploitent ses données et produisent des graphiques qui sont plus parlants.

Travailler avec des données réelles est d'autre part intéressant car on rencontre forcément des problèmes de mesures incomplètes, erronées qui ne sont pas toujours faciles à traiter et qui, en tous cas, ont vite tendance à donner des programmes avec une multitude de petits cas particuliers qui nuisent beaucoup à la lisibilité. Comme celle-ci était un des critères importants il a donc fallu trouver les solutions les plus claires possibles .

L'importance raisonnable du sujet permettait d'aborder en trois mois de stage toutes les étapes de la réalisation d'un logiciel.

La première étape, l'élaboration du cahier des charges a duré à peu près trois semaines, mais, par la suite au cours de la réalisation il est apparu que certains points n'avaient pas été suffisamment approfondis, certains cas particuliers n'ayant pas été prévus (cas des calculs impossibles et conséquences au niveau du graphique par exemple) mais la grande disponibilité des encadrants du stage a permis d'apporter les dernières retouches au cahier des charges vers la sixième semaine.

A partir de là, il y a eu la partie réalisation qui a duré jusqu'au début du troisième mois. Tout d'abord l'écriture des principaux algorithmes puis l'étude de la forme des fichiers et le choix concernant les accès à ces fichiers .

Ensuite, le problème de l'écriture en Fortran s'est posé.

Il a parfois été relativement difficile de passer de l'algorithme au Fortran mais, surtout, la plupart du temps la clarté du programme s'en est trouvée considérablement réduite en particulier à cause des différents points suivants:

- pas de redéfinition de type possible
- pas de pointeur ni d'allocation dynamique
- pas de variable globale, celles-ci doivent soit être passées en paramètre, soit être mises dans les 'common' Fortran
- pas de 'selon' ni de boucle 'tant que' ou 'repetet' celles-ci devant être traduites par des 'if-then-else' et des 'goto'

Le compilateur Fortran est par ailleurs assez surprenant lorsqu'on est habitué au Pascal : certaines incompatibilités de type passent inaperçues et des variables non déclarées ne produisent généralement pas d'erreur de compilation.

Ayant bénéficié, avant le stage, d'un cours d'une semaine complète sur le langage C à l'intention du personnel informatique de l'ORSTOM et désirant avoir des menus style PC, impossible à réaliser avec le Fortran seul ,j'ai écrit de petits utilitaires en langage C notamment au niveau interface (saisies,et gestion d'écran) et j'ai étudié les appels à partir du Fortran .Mais, finalement il aurait fallu régérer complètement l'écran et ce travail aurait pris trop de temps par rapport aux préoccupations des futurs utilisateurs.

J'ai ensuite été amené à étudier les différents logiciels graphiques disponibles (SUNCORE et GKS) et la gestion de plusieurs processus en parallèles. J'ai passé pas mal de temps sur les appels de 'fork', 'exec', 'system' en Fortran qui fonctionnait bizarrement pour apprendre ensuite, en recevant une nouvelle version du SUN, que ces appels faisaient partie des bugs qui avaient été constatés et soit disant modifiés !(en fait certains appels restent encore problématiques).

Les deux dernières semaines ont consisté essentiellement à tester le programme avec les futurs utilisateurs et à corriger les erreurs rencontrées ou à modifier des détails de présentation; ainsi qu'à la rédaction d'un manuel utilisateur.

J'ai réalisé seul tout le programme sauf le module MODELE dont je n'ai écrit que la partie initialisation (INIT). Les calculs du modèle ayant déjà été écrit par Pascal DOUILLET et étant relativement compliqués, je n'ai eu le temps que d'en comprendre le principe général.

En résumé les connaissances acquises concernent essentiellement :

- le langage Fortran
- le langage C
- utilisation du graphique SUNCORE (et GKS)
- le système UNIX (notamment la gestion de processus en parallèle)
- le principe des méthodes inverses
- la prise en charge du début à la fin d'un projet

Les connaissances acquises lors du DESS IDC m'ont permises d'aborder le projet avec plus de recul et d'examiner sans trop de difficulté les différents problèmes qui se sont posés.

Les points de l'enseignement du DESS qui pour moi sont restés un peu confus concernent:

- la rédaction du cahier des charges (bien que pour ce projet, peu complexe, j'ai peu ressenti le besoin d'une rédaction très détaillée)
- le choix de la structure de logiciel la plus adaptée à un problème donné

J'aurais par ailleurs aimé que le cours de techniques graphiques aille un peu plus loin (principes de la représentation 3D par exemple). D'autre part les options I.A. et C.F.A.O sont peut être restées un peu trop de l'ordre de la culture générale, un petit projet concret (en Prolog par exemple) aurait peut être été intéressant.

MANUEL
DE
REALISATION

CHOIX DE REALISATION

Le premier souci a été de réduire au maximum les temps de réponse de l'ordinateur. Si certains calculs sont forcément longs, en particulier au niveau de l'application du modèle, on peut par contre essayer de limiter les accès aux fichiers de données.

Si on devait utiliser les fichiers sous leur forme actuelle avec le principe des routines d'accès existant déjà sur HP1000, il faudrait pour accéder au paramètre de code n°i de la station n°j:

tout d'abord, rechercher dans les trois premiers blocs du fichier concerné, le numéro de la station, puis aller lire 164 entiers plus loin l'adresse de cette station en numéro de bloc, aller à ce bloc et rechercher à partir du 69ème entier le code du paramètre désiré, aller lire 30 entiers plus loin l'adresse codée de la première valeur du paramètre voulu, avant de s'y positionner et de pouvoir lire les valeurs !

Les fichiers seront conservés sous la forme bloc de 128 entiers car sinon il faudrait les réorganiser totalement, mais on les mettra en accès direct non formaté pour avoir des accès rapides et une place minimale.

Pour éviter ces multiples accès on a choisi de mémoriser une fois pour toute, dans un tableau, les adresses (en n° de bloc) des stations dans les différents fichiers de la campagne, ainsi que le nombre de mesures pour chaque station. On aura également un tableau donnant pour chaque paramètre sa position dans chaque fichier de la campagne. De cette façon par un rapide calcul à partir d'éléments de tableaux on aura directement l'adresse de la première valeur désirée. Il y aura donc 1 seul accès fichier pour la lecture du bloc concerné, éventuellement un deuxième, si les valeurs se prolongent dans le bloc suivant.

La structure de données permettant de mémoriser les informations générales de chaque station et en particulier leurs adresses et nombre de mesures dans chaque fichier est la suivante:

```
nbmaxsta      : l'entier 199 {nombre maximum de stations}
nbfich        : l'entier 2 {nombre de fichiers de la campagne}
nbparam       : l'entier 200 {nombre de paramètres dans le code BNDO}
station       : le type tableau sur [1.. 12+nbfich*2] d'entiers
                {les éléments du tableau correspondent aux informations générales
                sur les stations qui seront lues dans les fichiers soit
                respectivement à :

                    1: année; 2: mois; 3: jour; 4: heure; 5: minute; 6: latitude;
                    7: longitude; 8: fond maxi; 9: température air sec;
                    10: direction du vent; 11: force du vent; 12: pression
                    atmosphérique; 13: nombre d'immersions sonde; 14: n° de
                    bloc sonde; 15: nombre d'immersions couranto; 16: n° de
                    bloc couranto}

tabsta        : le tableau sur [1..nbmaxsta+1] de stations
                {tabsta[i] est destiné à contenir les informations concernant
                la station n°i ; tabsta[i,1] = -1 si la station n°i n'a pas été
                effectuée, et =0 si la station n°i-1 est la dernière de la
                campagne}

posparam      : le tableau sur [1..nbfich]
                de tableaux sur [1..nbparam] d'entiers
                {posparam[i,j] correspond à l'ordre du paramètre de code BNDO
```

j, dans le fichier n°i ; $\text{posparam}[i,j] = 0$ si il n'y a pas de mesure du paramètre de code j dans le fichier n°i}

La structure de données ainsi définie pourra s'adapter facilement à une variation du nombre des fichiers ou des paramètres présents dans ces fichiers. Des fonctions d'accès aux fichiers remplissant et utilisant cette structure de données seront écrites et seules ces fonctions seront à modifier en cas de changement de la structure des fichiers.

On a choisi d'utiliser le logiciel de multifenêtrage SUNTOOLS de façon à pouvoir répondre, sans compliquer excessivement la réalisation du programme, au souhait d'avoir en parallèle plusieurs processus actifs à l'écran: l'exécution principale (différents menus), une liste des stations, un graphique des stations, le dernier profil calculé, et éventuellement une édition des valeurs d'un profil à modifier.

D'autre part, grâce à SUNTOOLS, on peut facilement, selon le souhait exprimé, aller modifier certaines valeurs d'un profil. Il suffit en effet de faire un appel à l'éditeur TextEdit pour pouvoir consulter, modifier, sauvegarder un fichier dans une fenêtre rajoutée à l'écran. Alors qu'il aurait pratiquement fallu réécrire un éditeur pour pouvoir parcourir et modifier les valeurs (au minimum 300) d'un profil.

Le choix d'utiliser SUNTOOLS a, du même coup, supprimé la possibilité d'utilisé le graphique GKS. Celui-ci avait pourtant à priori deux avantages importants :

- la norme GKS étant assez bien répendue, elle garantissait une portabilité du programme que ne donnait pas le logiciel graphique SUNTOOLS fonctionnant uniquement sur matériel SUN.
- par GKS le graphique peut normalement être tracé sur n'importe quel périphérique, tandis que par SUNCORE il faut forcément passer par une copie d'écran si on veut une impression papier.

Si le choix a été d'abandonner provisoirement GKS, c'est d'une part que la portabilité n'a pas été une exigence importante du fait de l'utilisation de SUN partout à l'ORSTOM, le programme ne devant pas sortir de là ; D'autre part, que les interfaces entre le SUN et les différents périphériques disponibles, nécessaires pour GKS, ne sont pour l'instant pas au point sur le centre de NOUMEA .

Cependant il a été décidé d'assurer un maximum d'indépendance vis à vis du logiciel graphique de façon à pouvoir aisément remplacer SUNCORE par GKS .

Pour répondre au souci de sélection pratique et rapide des stations lorsque celles-ci sont données par numéros, un mini analyseur syntaxique sera écrit. Ainsi, il suffira de taper les numéros séparés par des virgules, avec un tiret entre deux numéros pour indiquer un intervalle.

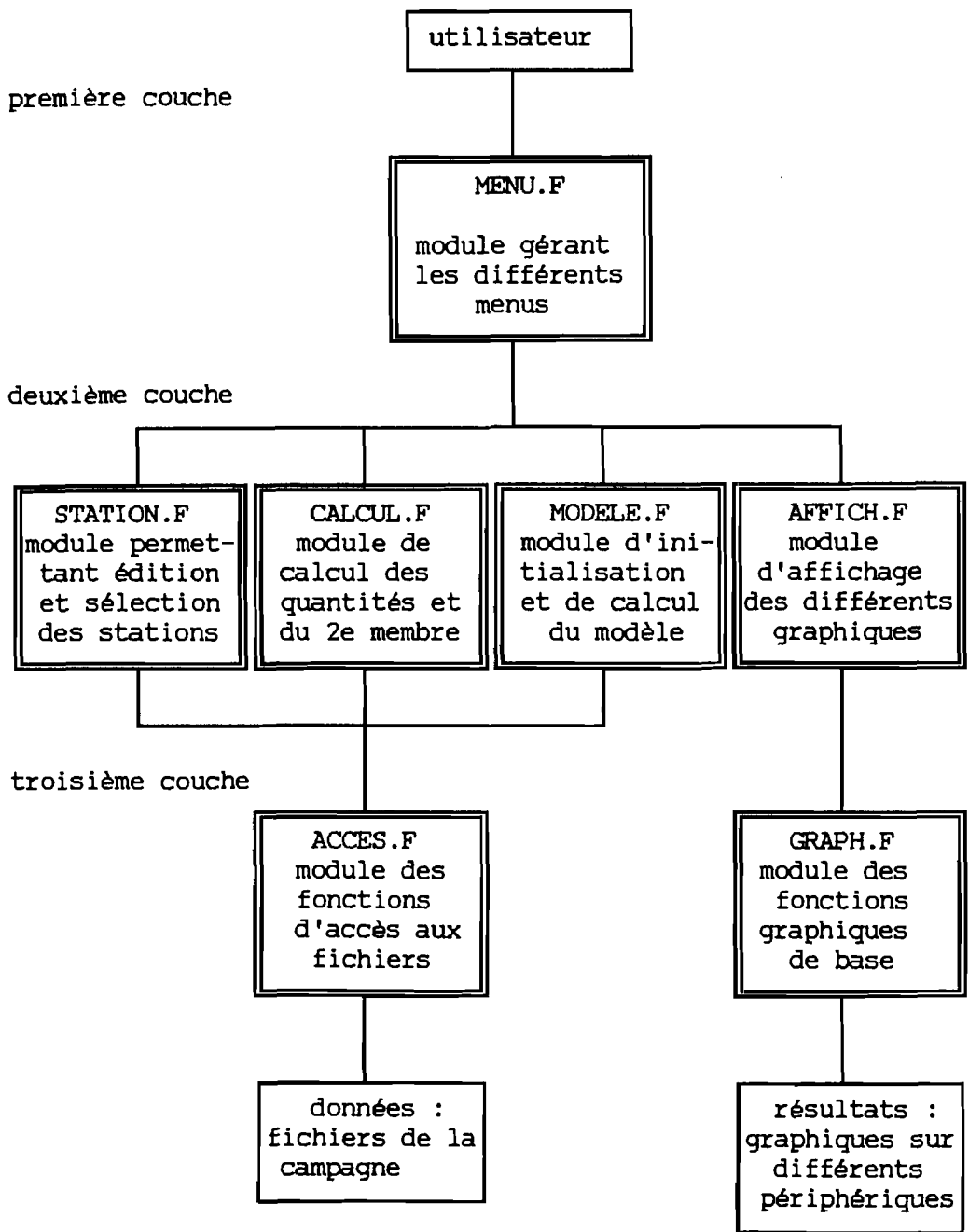
Si le choix se fait par couple de numéro, tous les couples devront cependant être rentrés . Ce choix a été fait de façon à laisser un maximum de possibilités d'étude au niveau des quantités; par contre au niveau du modèle les stations devant forcément être données par ordre chronologique les couples seront consitués automatiquement en prenant les couples de numéro consécutifs à partir de la liste traitée par l'analyseur syntaxique.

Il a été choisi de constituer deux fichiers CONST1 et CONST2 pour sauvegarder les valeurs des deuxièmes membres de l'équation du modèle, ces fichiers pouvant être réutilisés d'une session à l'autre et éventuellement renommés afin d'en conserver plusieurs.

Les autres choix ont essentiellement été guidés par un souci de clarté et de lisibilité :

- Utilisation de nombreuses procédures palliant un peu au manque de structure du Fortran
- répartition en différents modules
- définition de common pour éviter d'avoir à passer des listes très importantes de paramètres à des procédures qui parfois ne les utilisent même pas mais se contentent de les retransmettre au niveau suivant. En effet les variables globales n'existent pas en Fortran, mais finalement par le biais des commons, il est possible d'avoir assez facilement une structure de donnée propre à un module et transparente pour les autres.

ARCHITECTURE GENERALE



DECOMPOSITION EN COUCHES

Au niveau le plus haut est situé la couche réalisant pratiquement toute la partie interface utilisateur .Elle contient le module principal MENU qui gère les différents menus :

- choix des fichiers de la campagne
- choix de l'étude désirée
- choix des quantités à étudier
- choix du mode de sélection des stations
- choix du type de profil
- etc...

Il y a à chaque fois affichage des différents choix, saisie et vérification du choix et appel des procédures correspondants au choix .En 'include' de ce module, on a une petite librairie ANNEXE de fonctions simples utilisées dans le programme (pause, conversions diverses, effaçage d'écran ...)

Au niveau inférieur on a une couche intermédiaire comprenant un certain nombre de modules définis en fonction des structures de donnée manipulées et des fonctionnalités offertes :

- le module STATION gère l'ensemble des opérations liées à la notion de station :

- sélection des renseignements généraux attachés à chaque station (la structure de donnée tabsta définie précédemment est mise à jour) grace à un appel à la fonction SelectEntete du module AC-CES
- sélection des stations telle qu'elle a été choisie au niveau supérieur (partie interactive) .Suivant la quantité à étudier constitution d'une séquence d'entiers correspondants aux numéros de station mémorisé dans la structure de donnée suivante :

sta : le tableau sur [1..nbmaxsta+1] d'entiers
{sta[i] = 0 si le (i-1)ème numéro est le dernier}

ou d'une séquence de couples mémorisés dans la structure de donnée suivante :

couplesta: le tableau sur [1..nbmaxsta+1] de tableaux sur [1..2] d'entiers
{couplesta[i,1] est égal à 0 pour indiquer que le (i-1)ème couple est le dernier }

- affichage de la liste des stations à partir des données mémorisées dans la structure de donnée tabsta
- le module CALCUL contient les différentes procédures de calcul des quantités. Il n'y a aucune interaction avec l'utilisateur dans ce module. Une procédure a été écrite pour chaque quantité sauf pour certaines très similaires qui ont été regroupée par 2. La lisibilité est ainsi meilleure et il est facile de rajouter une nouvelle quantité en cas de besoin. Certaines procédures telles les procédures d'homogénéisation ,de calcul de durée ou de distance.... sont communes à plusieurs calculs, ces procédures ont été mises dans le fichier LIBCALCUL inclus au début du module.

De même, les procédures de calcul de densité et de hauteur dynamique ont été mises dans un fichier CALCULHDY inclus au début du module.

Le module CALCUL utilise les structures de donnée tabsta,sta,couplesta (common Fortran) et la fonction d'accès aux fichiers SelectParam, du module ACCES, qui lui donnent les numéros des stations et les valeurs nécessaires aux calculs. Il calcule les valeurs minimales et maximales min et max,mémorise le nombre de courbes et constitue la structure de donnée tabcoord suivante :

profil : le type tableau sur [1..nbmaximm+1]
de tableaux sur [1..2] de réels
{profil[i,1] et profil[i,2] correspondent respectivement à la profondeur en mètres et à la valeur de la quantité calculée en m-k-s de la ième immersion .profil[i,1] = 0 pour indiquer que la (i-1)ème profondeur est la dernière mesurée}

tabcoord : le type tableau sur [1..nbmaxsta+1]
de profils
{tabcoord[i] correspond au profil calculé à partir de la ième station ou du ième couple .
tabcoord[i,1,1] = 0 si le (i-1)ème profil est le dernier}

ces données sont stockées dans un common Fortran

- le module MODELE contient la partie calcul du modèle .Il n'y a aucune interaction avec l'utilisateur dans ce module . Un fichier INIT inclus au début du modèle contient les procédures d'initialisation du modèle qui notamment récupèrent et interpolent les données de façon à avoir un pas régulier en espace et en temps .Les structures de donnée nécessaires sont tabsta, sta(common fortran) et les fichiers const1 et const2 ; la procédure SelectParam du module ACCES permet d'obtenir les valeurs des courants .En sortie du module MODELE un fichier résultat est crée.
- le module AFFICH contient les procédures d'affichage des différents graphiques .Il n'y a aucune interaction avec l'utilisateur dans ce module. On a principalement :
 - la procédure AffCarte affichant la carte donnant la position des stations a partir de la structure de donnée tabsta
 - la procédure Affprofil affichant les profils tels qu'ils ont été choisis dans le module MENU à partir des structures de données sta,couplesta et tabcoord (commons Fortran)
 - la procédure AffConst permettant d'afficher simultanément le dernier profil et le profil du terme constant correspondant à partir des structures de données tabcoord (common Fortran) et const1 ou const2 (fichiers)

Au niveau le plus bas on trouve la couche qui contient les modules servant d'interface avec les fichiers et d'interface avec le graphique:

- le module ACCES contient les fonctions d'accès aux fichiers et permet d'avoir une indépendance vis à vis de la forme des fichiers de données. Tous les autres modules n'ont en effet un lien avec les fichiers que par l'intermédiaire de ces fonctions d'accès.

Ce module offre deux fonctions :

- la fonction SelectParam(nstat, nfich, nparam1, nparam2, rel) permet de récupérer dans le tableau rel les valeurs des profondeurs et des paramètres de code BND0 nparam1 et nparam2 (éventuellement 0 si un seul paramètre) correspondant à la station nstat du fichier de n° nfich
 - la fonction SelectEntête permet de récupérer dans la structure de donnée tabsta les informations générales concernant les stations (met des -1 si pas de valeur...). Il n'y a aucune interaction avec l'utilisateur dans ce module .
- le module GRAPH contient les fonctions de base du graphisme et permet d'avoir une indépendance vis à vis du logiciel graphique utilisé. Il contient les fonctions permettant : l'initialisation et la terminaison du graphisme, l'ouverture et la fermeture de fenêtre ,le déplacement de la plume, le tracé d'un trait ,le choix d'un type de trait et l'écriture d'un texte à une position et d'une taille données en paramètre. Il n'y a aucune interaction avec l'utilisateur dans ce module .

AMELIORATIONS ET MODIFICATIONS POSSIBLES

Les fichiers créés par le modèle pourront être utilisés pour imprimer les graphiques donnant l'évolution de la différence entre courant calculé et courant observé au fur et à mesure des itérations. Les profils de la viscosité pourront également être édités en passant par le common tabcoord et la procédure d'affichage AffProfil.

Pour le graphique GKS il suffira de modifier les procédures de base du module GRAPH et de rajouter l'utilisation du paramètre periph dans la procédure AffProfil.

Pour l'ajout d'une nouvelle quantité il suffira de rajouter un choix dans le menu de la procédure AvQte du module MENU et dans TrtQte, puis d'ajouter la procédure de calcul dans le module CALCUL.

L'obtention de profils moins 'bruités' pourra se faire par modification préalable des fichiers de donnée sans modifier pour autant la structure générale de ces fichiers.

La modification des fichiers de données entrainera la réécriture des fonctions du module ACCES et éventuellement l'identification de départ de la campagne qui se fait pour l'instant par le noms des fichiers.

Une petite partie installation peut être prévue au début du programme de façon à définir l'environnement (taille écran , périphériques...) les renseignements ainsi récupérés peuvent être mis dans un common qui sera utilisé par les procédures de choix de périphérique (procédure EditProfil du module MENU) et d'affichage (module AFFICH).

Les appels système posent toujours des problèmes lorsqu'ils sont utilisés en même temps que le SUNCORE qui lui aussi crée des processus lors de la création des fenêtres graphiques. Ces processus sont à priori en parallèle mais, si ensuite un appel system est fait, ils sont mis bout a bout et on est obligé de fermer toutes les fenêtres graphiques pour retrouver la main.

Les valeurs prises pour nbmaxsta et nbmaximm peuvent être modifiées et éventuellement un nouveau common peut être créé les contenant.

Imprimé par le Centre ORSTOM
de NOUMEA

Avril 1989

ORSTOM

