

Utilisation d'un ordinateur pour le traitement des données de l'hydrologie

par A. Morlière

R E S U M E

Cet article expose la méthode utilisée au Centre de Recherches Océanographiques d'Abidjan pour le dépouillement des résultats de l'hydrologie à l'aide d'un ordinateur.

S U M M A R Y

This article discusses the method used at the Center for Oceanographic Research in Abidjan for the analysis of the hydrologic results by computer.

Le Centre de Recherches Océanographiques traite chaque année les données de 300 à 500 stations hydrologiques. L'emploi d'un ordinateur pour effectuer ce travail de routine permet un gain de temps d'autant plus important que les stations sont plus nombreuses, et surtout, permet d'éliminer les différentes erreurs dues aux défaillances humaines au cours de ce travail fastidieux.

Nous avons décomposé ce travail en deux parties :

- 1 - Corrections de température et calcul des profondeurs thermométriques :

Ce travail est effectué par un ordinateur directement à partir des données brutes.

Ensuite, une analyse critique des chiffres permet d'éliminer les valeurs aberrantes et de sélectionner une "valeur correcte" de température par immersion. Le même tri est effectué pour les résultats des dosages chimiques; il se fait par lecture des coupes verticales, en fonction de l'allure des courbes, du relevé du bathythermographe et des relations connues (courbes T-S, etc. . .) entre les différents paramètres.

2 - Calculs et édition :

Les différentes mesures résultant du tri sont alors utilisées par l'ordinateur pour calculer les : Sigma-T, anomalie de volume spécifique, pourcentage de saturation en oxygène et pour faire une présentation des résultats.

Une édition est faite sur papier et fournit un état directement publishable, une autre édition est faite sur cartes perforées pour la conservation des données et résultats.

Pour les interpolations, aux profondeurs standard nous avons préféré un procédé graphique, les méthodes mathématiques ne nous ayant pas satisfait. Les valeurs interpolées sont introduites en même temps que les valeurs mesurées, elles sont traitées de la même façon, une distinction est cependant faite au moment de l'édition.

PROGRAMME DE CORRECTION DE TEMPERATURE ET DE CALCUL DES IMMERSIONS THERMOMETRIQUES

Ce programme permet d'effectuer les corrections de température et les calculs des immersions thermométriques.

1 - CORRECTION DE TEMPERATURE

Il est prévu de corriger au maximum trois températures par immersion; les thermomètres doivent se présenter dans l'ordre : protégés d'abord, non protégés ensuite. Il doit toujours y avoir un protégé au moins.

1.1. - Thermomètres protégés

Les températures corrigées sont calculées pour les thermomètres protégés par le sous-programme PROT. La formule utilisée est :

$$T \text{ corrigée} : T + \Delta T + \Delta I$$
$$\Delta T = \frac{(T + V_0)(T - t)}{K - (T + V_0) - (T - t)}$$

ΔI = correction de calibrage est calculée à l'aide d'un sous-programme CALIB qui utilise les caractéristiques thermométriques des différents thermomètres.

Le K utilisé varie suivant le thermomètre : 6100, 6140, 6300...

1.2. - Thermomètres non protégés

Le sous-programme UNPROT effectue le calcul. On emploie la formule :

$$T \text{ corrigée} = T + \Delta T + \Delta I$$
$$\Delta T = \frac{(T + V_0) (TW - t)}{K - (TW - t)}$$

TW = température "in situ" fournie par le ou les protégés à la même immersion.

Si il y a deux protégés et un non protégé à la même immersion deux corrections de température seront faites, correspondant aux deux valeurs de TW fournies par les deux protégés.

1.3. - Correction de calibrage

Les corrections de calibrage sont fournies par le constructeur à certaines températures, ceci constituant les caractéristiques du thermomètre. Pour avoir la correction de calibrage à une température quelconque, on procède par interpolation linéaire entre deux valeurs connues. Cette correction est faite pour les thermomètres principaux et pour les auxiliaires.

2 - IMMERSION THERMOMETRIQUE

L'immersion est calculée pour chaque non protégé à l'aide des températures données par le ou les protégés à la même immersion.
Exemple : avec la disposition = P - NP1 - NP2 : on calculera Z1 et Z2 correspondant à NP1 et NP2.

Avec la disposition : P - P' - NP : on calculera Z et Z' correspondant à P et P'.

$$\text{On a : } Z = \frac{T - TW}{\rho}$$

On utilise un ρ moyen de 1.02726 valable pour les eaux peu profondes de la région d'Abidjan.

3 - MISE EN OEUVRE

3.1. - Caractéristiques thermométriques

On remplit tout d'abord la feuille de préperforation des caractéristiques thermométriques en respectant le dessin de carte suivant :

Colonnes

Caractéristiques thermométriques

1 à 5	numéro du thermomètre	
6 à 8	Vo	
9 à 13		0°C
14 à 18 19 à 23 24 à 28 29 à 33 34 à 38	corrections de calibrage du principal dans le format + O. OX aux températures :	5°C
		10°C
		15°C
		20°C
		25°C
39 à 43		30°C
44 à 47 48 à 51 52 à 55 56 à 59 60 à 63	corrections de calibrage de l'auxiliaire dans le format + O. X aux températures	15°C
		20°C
		25°C
		30°C
		35°C
64 à 67	K = inverse du coefficient d'expansion	
68	colonne réservée au codage des thermomètres :	
	1 = protégé, 2 = non protégé	
69 à 74	date du dernier étalonnage (jour, mois, an)	
75 à 78	pour les non protégés seulement : $Q \cdot 10^4$ en °C/kg/cm ²	
79 à 80	type de la carte : 01	

Ne pas oublier que chaque nombre doit être cadré à droite dans les colonnes qui lui sont réservées.

3.2. - Données à corriger

La feuille de préperforation est ici la feuille de station.

La partie réservée aux températures à corriger doit être remplie en respectant le dessin de carte suivant :

Colonnes

Données

1 à 5	numéro de station
6 à 9	immersion en m
10 à 14	numéro du thermomètre
15 à 18	température lue au principal en 1/100 de °C
19 à 21	température lue à l'auxiliaire en 1/10 de °C
22	codage des thermomètres : 1 = protégé, 2 = non protégé, si 0 la correction n'a pas lieu
23 à 27	numéro du thermomètre
28 à 31	température lue au principal
35	codage du thermomètre
36 à 40	numéro du thermomètre
41 à 44	température lue au principal
45 à 47	température lue à l'auxiliaire
48	codage du thermomètre
79 à 80	type de carte : 02

Les nombres sont toujours à cadrer à droite de l'espace qui leur est réservé.

3.3. - Présentation des cartes pour l'exécution

Le programme est fait de telle façon qu'il lui faut d'abord lire le nombre N de cartes de caractéristiques, ensuite il doit lire ces N cartes de caractéristiques et enfin les cartes de données.

Pour l'exécution du programme il faut donc présenter les cartes dans l'ordre suivant :

- . Première carte en colonne 1 et 2
en colonne 13
- N = nombre de cartes de caractéristiques thermométriques
si l'on a un chiffre différent de zéro, un catalogue des caractéristiques sera édité à l'exécution du programme.
- . N cartes de caractéristiques thermométriques
N doit rester inférieur à 100
- . n cartes de données
n peut être quelconque

3.4. - Edition des résultats

Suivant le contenu de la colonne 13 de la première carte il y a ou non édition du catalogue des caractéristiques thermométriques.

Sont éditées dans l'ordre, en plus du numéro de station et de l'immersion : le numéro du thermomètre, la température du principal, celle de l'auxiliaire, la température corrigée et pour les non protégés : la température " in situ" utilisée pour le calcul de l'immersion et l'immersion.

Quand plusieurs calculs sont effectués pour le même thermomètre non protégé, ils sont édités l'un au-dessous de l'autre.

L'édition utilise 96 colonnes.

3.5. - Messages d'erreur

Si un thermomètre ne figure pas au catalogue un message : "Inconnu" le signale.

Si un non protégé est placé en première position un message "N-P mal placé" est édité, la correction ne peut avoir lieu.

Si un zéro se trouve dans la colonne codage des thermomètres (colonnes 22 ou 35 ou 48 pour les cartes de type 02) la correction n'est pas effectuée, ceci pour qu'un manque de donnée ne fasse pas apparaître des résultats aberrants.

PROGRAMME DE DEPOUILLEMENT DES DONNEES DE L'HYDROLOGIE

Ce programme effectue les différents calculs intéressant le dépouillement des stations hydrologiques; il fait une édition de ces résultats sur papier et une autre sur cartes perforées.

1 - DIFFERENTS CALCULS

1.1. - Calcul de SIGMA-T

Un sous-programme SIGMA (T, S) permet ce calcul à l'aide de la formule donnée par Knüdsen.

1.2. - Calcul du volume spécifique

C'est le sous-programme ALPHA (T, P, S) qui utilisant la formule donnée par ECKMAN* effectue ce calcul.

L'anomalie de volume spécifique est ensuite calculée par rapport à une eau à 0° C et de salinité 35 ‰.

1.3. - Calcul du pourcentage de saturation en oxygène et UAO

C'est en utilisant la formule donnée par GREEN et CARITT** que le sous-programme OXY (T, S, C₂) fait ce calcul. Le résultat est donné en pourcentage.

On calcule également l'utilisation apparente d'oxygène.

2 - EDITION

Tous les résultats de calcul sont présentés avec un arrondi sur le dernier chiffre.

2.1. - Impression (voir exemple de traitement à la fin)

A partir de la carte maîtresse, sont imprimés tous les renseignements relatifs à la station (position, date, heure, météo); à partir des

* The "Sea", 1962, Tome 1, p.10

** Journal of Marine Research, 1967, vol.2, n°2, p.140

cartes de données sont ensuite imprimés les résultats des mesures et des différents calculs.

Un manque de donnée ou une UAO négative entraîne l'impression d'étoiles. Les résultats interpolés sont signalés par le signe * précédant l'immersion.

2.2. - Unités employées

- profondeur en m
- température en °C au 1/100
- salinité en g/kg au 1/1000
- sigma T au 1/100
- anomalie de volume spécifique en cl/T , au 1/10
- teneur en oxygène en ml/l ainsi que l'UAO, au 1/100
- teneur en sels en micro-atg/l

2.3. - Perforation

Des cartes sont perforées suivant le même dessin que les cartes d'entrée avec en plus tous les résultats des calculs.

Les cartes provenant de résultats interpolés sont signalées par le chiffre 1 en colonne 78.

3 - MISE EN OEUVRE

3.1. - Dessins de carte

Le programme doit recevoir d'abord les données relatives à la position, la date, la météo, c'est à dire tous les renseignements contenus sur la carte maîtresse (type O3) :

Colonnes

1 à 4
5
6
7 à 11
12
13
14 à 19
20 à 22
23 à 25
26 à 28

Cartes maîtresses

latitude en degré et minute
le 1/10° de latitude
indication N pour nord, S pour sud
longitude en degré et minute
1/10° de longitude
E pour est, W pour ouest
date (an, mois, jour)
heure en 1/10 d'heure
numéro de la sortie
numéro de la station

Colonnes

29 à 32

33

34 à 37

38 à 43

44

45

46

47 à 51

52 à 54

55 à 56

57 à 58

59 à 78

79 à 80

Cartes maîtresses

profondeur donnée par la sonde en m

houle

vent : 34 - 35, direction en dizaine de degré

36 - 37, vitesse en m/s

température de l'air sec et de l'air humide
en 1/10 de °C

temps

nébulosité

état de la mer

numéro du BT utilisé

numéro de la plaque du BT

couleur donnée par l'échelle Forel

profondeur en m de disparition du disque Secchi

nom de la compagnie

type de la carte 03

Le programme doit recevoir ensuite les résultats des mesures, immersion par immersion suivant le dessin de carte suivant :

Colonnes

1 à 28

29 à 32

33 à 36

37 à 41

42 à 44

45 à 46

47 à 50

51 à 52

53 à 56

78

79 à 80

Carte de donnée

identificateur (répétition de la carte maîtresse)

immersion en m

température en °C

salinité en ‰ au 1/1000

teneur en oxygène en ml/l

teneur en PO₄ en micro. atg/l

teneur en P-TOT en micro. atg/l

teneur en NO₂ en micro. atg/l

teneur en NO₃ en micro. atg/l

code : blanc pour une carte de valeurs mesurées,

1 pour une carte de valeurs interpolées

type de la carte : 04

Le dessin de la carte de résultats est le même que celui de la carte de données avec en plus :

Colonnes

64 à 67

68 à 71

72 à 74

75 à 77

Carte de résultats

sigma - T

anomalie de volume spécifique en Cl/T

pourcentage de saturation en oxygène

UAO en ml/l

Le reste étant identique à la carte de données.

3.2. - Problème des données manquantes

Pour la carte maîtresse (03) rien de particulier; si la donnée n'existe pas, on laisse en blanc l'emplacement qui lui est réservé.

Pour la carte de données (04) : si une donnée est absente on remplit l'emplacement qui lui est réservé par des 9. Ce qui fera apparaître des valeurs aberrantes au moment de la lecture par l'ordinateur qui les éliminera des calculs.

Un test supplémentaire élimine les températures supérieures à 35°C, les salinités supérieures à 40‰ et les concentrations d'oxygène supérieures à 9 ml/l.

La présence d'une donnée erronée entraîne la non-exécution de tous les calculs l'utilisant, mais n'arrête pas l'exécution du travail.

A l'impression sur papier, tout ce qui est erroné ou non calculé sera remplacé par des astérisques.

A la perforation tout ce qui est erroné ou non calculé sera remplacé par des 9.

3.3. - Présentation des cartes au moment de l'exécution

La version du programme pour 1130 peut traiter un maximum de 29 stations de 29 immersions.

Les cartes sont à présenter dans l'ordre :

- carte maîtresse (03)
- n cartes de données (04) ($n < 29$)
- 1 carte vierge
- etc...

SORTIE 011

CAMPAGNE BASSAM 50 DATE 14/03/69 HEURE 11.6

STATION 69.019 LATITUDE 04.39'5N SONDE
LONGITUDE 3.49' W BT 69.091

VENT DIR 24 AIR SEC . MER 2 NEBULOSITE 1 SECCHI 22M
VIT 3M/S HUMIDE . HOULE 2 TEMPS 0 FOREL 2

PROF	TEMP	SAL	SIGMA T	DELTA ALPHA	OXYGENE ML/L	O/O	UAO	PO4	P-TOT	NO2	NO3
				5							
				10							
0	29.20	34.910	21.95	588.2	4.56	104.	****	0.36	****	0.15	0.2
10	29.04	34.891	21.99	584.9	4.53	103.	****	0.14	****	0.14	0.2
20	28.08	35.067	22.44	542.2	4.66	104.	****	0.11	****	0.07	0.1
30	23.74	35.493	24.11	383.0	4.38	91.	0.45	0.27	****	0.19	0.3
40	22.54	35.577	24.52	344.1	4.05	82.	0.88	0.50	****	0.50	2.3
49	20.59	35.776	25.21	278.6	4.05	79.	1.06	0.44	****	0.13	1.8
* 50	20.43	35.770	25.25	275.0	4.04	79.	1.09	0.44	****	0.13	1.8
74	17.19	35.713	26.03	201.4	2.73	50.	2.73	1.24	****	0.11	15.2
* 75	17.12	35.710	26.05	200.0	2.72	50.	2.75	1.25	****	0.11	15.2
98	16.47	35.670	26.17	189.0	2.62	47.	2.93	1.35	****	0.08	15.7
* 100	16.42	35.660	26.17	188.6	2.62	47.	2.93	1.35	****	0.08	15.7
123	15.97	35.623	26.25	182.1	2.58	46.	3.02	1.37	****	0.08	16.0
147	15.46	35.583	26.34	174.7	2.57	45.	3.09	1.44	****	0.08	17.0
* 150	15.41	35.570	26.34	174.6	2.58	46.	3.09	1.45	****	0.08	17.0
189	14.57	35.485	26.46	164.2	2.76	48.	3.01	1.49	****	0.08	15.8

EXEMPLE DE TRAITEMENT D'UNE STATION HYDROLOGIQUE

