

## TRAITEMENT DES DONNÉES HYDROLOGIQUES DE BASE

### 1.- Les grandeurs physiques mesurées par les sondes

Les sondes océanographiques sont, dans leur équipement de base, munies de 3 capteurs sensibles à la pression, à la température et à la conductivité électrique de l'eau de mer. Les unités dans lesquelles sont exprimées ces 3 grandeurs sont rappelées ici.

#### La pression $p$

L'unité de pression du système international est le pascal (Pa), qui correspond à une force de 1 newton  $m^{-2}$  ( $N m^{-2}$ ). En océanographie, on utilise toujours comme unité de pression, le bar, ou son sous-multiple, le d cibar (la pression atmosphérique vaut à peu près 1 bar, tandis que la pression hydrostatique d'une colonne de 1 m d'eau vaut à peu près 1 d cibar). Bar et d cibar sont de simples multiples du pascal, puisque :

$$1 \text{ bar} = 10^5 \text{ pascal et } 1 \text{ d cibar} = 10^4 \text{ pascal}$$

Avant d'utiliser les algorithmes de calcul, il conviendra de vérifier l'unité dans laquelle les données de pression doivent être exprimées, notamment bar ou d cibar. De plus il faudra se rappeler que les océanographes ont l'habitude de mesurer des pressions hydrostatiques *sensu stricto* et prennent donc comme niveau de pression zéro le niveau de la mer. Ainsi la jauge de pression d'une sonde océanographique est en général calibrée pour afficher une valeur nulle lorsqu'elle est soumise à la seule pression atmosphérique. Si on doit calculer une donnée relative à une eau de mer située en surface, c'est la valeur  $p = 0$  qu'il conviendra d'utiliser dans les algorithmes de calcul.

#### La température $t$

La température est normalement exprimées en degrés Celsius ( $^{\circ}C$ ). Les logiciels *Seasoft* offrent le choix entre l'IPTS-68 (*international practical temperature scale 1968*) ou l'ITS 90 (*international temperature scale 1990*). La différence entre ces deux échelles est minime :

$$t_{90}/^{\circ}C = 0,0002 + 0,99975 t_{68}/^{\circ}C$$

Toutefois, par cohérence avec les algorithmes océanographiques, tous antérieurs à 1990, il vaudra mieux utiliser l'IPTS 68.

#### La conductivité $C$

C'est l'inverse d'une résistivité. Elle est exprimée en  $S m^{-1}$  (siemens par mètre), ou en  $mS cm^{-1}$  (millisiemens par cm). En océanographie l'étalon de conductivité est une solution contenant  $32,4356 \times 10^{-3}$  fraction de masse de KCl, maintenue à  $15^{\circ}C$  et à la pression atmosphérique normale ; ou l'Eau de Mer Normale de Salinité 35,000, dans les mêmes conditions de température et de pression. La conductivité de ces standards est :

$$C(1 \text{ atm}, 15^{\circ}C) = 4,2914 S m^{-1}$$

Il convient toutefois de noter que les signaux émis par les capteurs et transmis à l'unité de pont via le câble  lectroporteur (sonde SBE 11 *plus*) ou enregistrés dans la mémoire interne de la sonde (sonde SBE 25) sont de simples signaux électriques sans signification physique. Ces signaux bruts sont enregistrés dans des fichiers de données numériques portant l'extension *.dat* (SBE 11) ou *.hex* (SBE 25).

La conversion des signaux bruts en données de pression, de température et de conductivité fait appel à des coefficients de calibrage enregistrés dans des fichiers *.con*. propres à chaque capteur. Les fichiers *.con* ne sont pas immuables. Ils doivent être mis à jour chaque fois que les capteurs sont re étalonnés).

## 2.- Les grandeurs physiques dérivées

Selon la loi de Dittmar l'eau de mer est un milieu dont la composition relative est constante. Elle constitue un système trivariant. N'importe quelle propriété physique peut être déduite de la connaissance de 3 d'entre elles, notamment de la pression, de la température et de la conductivité.

Bien entendu, pour que le calcul des grandeurs dérivées soit valide il faut que les mesures simultanées de  $p$ ,  $t$  et  $C$  se rapportent réellement à la même parcelle d'eau. Les sondes sont équipées d'un circuit de pompage qui entretient une circulation forcée de l'eau de mer sur les différents capteurs. Mais les capteurs se trouvent situés à la queue leu leu sur le circuit et ne perçoivent pas au même instant la même parcelle d'eau. De plus chaque capteur a un temps de réponse qui lui est propre. Certains, notamment le capteur de pression, réagissent rapidement ; d'autres, notamment le capteur d'oxygène, réagissent lentement. Avant tout calcul, il faudra donc prévoir de *réaligner* les listes de données  $p$ ,  $t$ ,  $C$  enregistrées pour corriger ces décalages.

### La salinité S

La salinité est exprimée dans l'échelle Pratique de Salinité 1978. Les salinités sont des nombres sans dimension, par exemple 35,373 pour une eau océanique ; 38,487 pour une eau Méditerranéenne. Parfois ces valeurs sont suivies d'abréviations inutiles telles que p.s.s. (*practical salinity scale*) ou p.s.u. (*practical salinity unit*).

Connaissant la pression, la température et la conductivité *in situ* d'une parcelle d'eau de mer, on en déduit sa salinité à l'aide de l'algorithme EPS 78.



### La salinité comme grandeur physique de base

La conductivité étant une grandeur directement mesurée, au même titre que la température et la pression, il serait logique de l'archiver définitivement, avec  $t$  et  $p$ , comme donnée océanographique de base, et de calculer ensuite n'importe quelle autre propriété physique  $Y$  de l'eau de mer à partir d'équations *ad hoc*  $Y = f(p, t, C)$ ,

Mais la salinité est une grandeur si familière, que les océanographes n'ont pu se résoudre à l'abandonner. Après avoir calculé  $S$  à partir d' EPS 78, on "oublie" la conductivité et on retient  $S$ ,  $t$  et  $p$  comme données de base. Toutes les grandeurs dérivées par la suite sont calculées à partir de relations :  $Y = f(p, t, S)$ .

La dénomination et la définition de certaines propriétés physiques utilisées pour décrire l'eau de mer sont familières à beaucoup de lecteurs. C'est le cas de la masse volumique ou de la vitesse du son (même s'il certains ont oublié que la vitesse du son dépendait entièrement du milieu dans lequel il se propageait et pas du tout de la source du bruit !). D'autres propriétés paraîtront plus mystérieuses pour des non spécialistes, par exemple, l'anomalie thermost rique ou le taux de décroissance adiabatique. Il faut pourtant en parler, car elles apparaissent dans les options de calcul proposées par les logiciels de traitement de données. En plus de ces propriétés physiques liées aux caractéristiques  $p$ ,  $t$  et  $S$  d'une parcelle d'eau unique, il est habituel de dériver d'autres critères liés à la structure verticale de la colonne d'eau ou à une portion de cette colonne. C'est notamment le cas du géopotential et de la flottabilité.

### Masse volumique (*density*) $\rho$

C'est la grandeur dérivée la plus utilisée. Elle est fournie par un algorithme de calcul  $\rho = f(S, t, p)$  appelé équation d' tat Internationale de l'Eau de Mer 1980 (*Equation of State 1980*).



EOS 80

### Température potentielle $\theta$

C'est la température qu'acquerrait un échantillon d'eau de mer de salinité  $S$ , de température  $t$  et soumis à la pression  $p$ , s'il était amené de manière adiabatique (plus exactement isentrope)   la pression de référence  $p_r$ .  $\theta$  est donné par l'intégration :

$$\theta_{(S,t,p)} = t + \int_p^{p_r} \left( \frac{\partial t}{\partial p} \right)_S dp$$

où ( $\partial t / \partial p$ )<sub>S</sub> est le taux de décroissance adiabatique (*adiabatic lapse rate*), calculable par l'algorithme de Bryden. L'intégration se fait par approximation suivant la méthode de Runge et Kutta.



Tempo

Dans le programme *Derive* dont on parlera plus bas, la température potentielle n'est calculée que pour la pression de référence 0 (c.   d. pour des échantillons ramenés à la pression atmosphérique normale). Lorsque la température potentielle est calculée pour la pression de référence 1000 dbar, on l'appelle  $\theta_1$ , pour 2000 dbar  $\theta_2$ , etc.

### Excès de masse volumique $\sigma_t$ , (*density excess*). $\sigma_\theta, \sigma_1, \sigma_2, \dots, \sigma_4$

Pour pouvoir comparer les masses volumiques de masses d'eau de températures et de salinités différentes, on normalise souvent la pression à 0 et l'on calcule  $\rho_{(S,t,0)}$ . Les eaux de mer ayant (presque) toujours des masses volumiques supérieures à 1000 kg m<sup>-3</sup>, on retranche 1000 à la valeur numérique. L'excès de masse volumique est :

$$\sigma_t = \rho_{(S,t,0)} - 1000 \quad \text{en kg m}^{-3}$$

Pour affiner les comparaisons, on calcule parfois les  $\sigma_\theta, \sigma_1, \sigma_2, \dots, \sigma_4$

$\sigma_\theta = \rho_{(S, \theta, 0)} - 1000$ ,  $\theta$  étant la température potentielle de l'échantillon ramené à  $p = 0$ .

$\sigma_1 = \rho_{(S, \theta_1, 1000)} - 1000$  ;  $\sigma_2 = \rho_{(S, \theta_2, 2000)} - 1000$  ;  $\sigma_4 = \rho_{(S, \theta_4, 4000)} - 1000$

**Anomalie thermost rique** (*thermosteric anomaly*)

Elle est parfois utilisée à la place de  $\sigma_t$  pour comparer des eaux de  $S$  et  $t$  différentes. Elle est calculable à partir de  $\sigma_t$ , d'après l'expression :

$$\text{anomalie thermost rique} = \left( \frac{1000}{1000 + \sigma_t} - 0,97266 \right) \times 10^{-3} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}.$$

**Volume massique a** (*specific volume*)

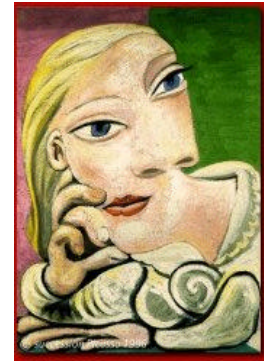
C'est l'inverse de la masse volumique :

$$\alpha_{(S,t,p)} = 1/\rho(S,t,p) \quad \text{en m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}.$$

**Anomalie de volume massique d** (*specific volume anomaly*).

C'est la différence entre le volume massique d'une eau de mer à  $S$ ,  $t$  et  $p$  et une eau normale de salinité 35,000 de température 0  C et soumise à la même pression, soit :

$$\text{anomalie de volume massique } \delta_{(S,t,p)} = \alpha_{(S,t,p)} - \alpha_{(35,0,p)} \text{ en m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}.$$



Anomalie

**Vitesse du son**

La vitesse de propagation  $C$  d'un ébranlement dans un fluide est donnée par la loi de Laplace :

$$C = \sqrt{\frac{1}{\rho \cdot \kappa_s}}$$

$\kappa$  est le coefficient de compressibilité adiabatique (isentrope) de l'eau de mer, lié au coefficient de compressibilité isotherme  $\kappa_T$ , au coefficient de dilatation thermique  $\alpha_V$ , à la masse volumique  $\rho$  et à la capacité thermique à pression constante  $C_p$ , par la relation

$$\kappa_s = \kappa_T - \frac{T \cdot \alpha_V^2}{\rho \cdot C_p}$$

$\rho$ ,  $\kappa_T$ ,  $\alpha_V$  sont directement calculables à partir de l'algorithme *EOS 80*. Ce n'est pas le cas de la capacité thermique  $C_p$ . On trouvera dans la publication n  44 de la série *Unesco technical papers in marine science* (Unesco, 1983) les algorithmes permettant ce calcul ainsi que tous les autres algorithmes utiles au traitement des données.

**Correspondance entre pression  $p$  et profondeur  $z$** 

Si l'on connaît la répartition verticale des volumiques massiques  $\alpha$ , si la pesanteur  $g$  est supposée constante, l'intégration de la loi élémentaire de l'hydrostatique

$$dz = \frac{1}{g} \alpha dp \quad \text{nous permet d'obtenir cette correspondance : } z = \frac{1}{g} \int_0^p \alpha_{(S,t,p)} dp$$

En pratique, comme on ne dispose que d'un nombre discret de données à des intervalles

$$\Delta p \text{ de pression, le calcul se fera sous la forme : } z \cong \frac{1}{g} \sum_{\Delta p, p=0}^{p=P} \bar{\alpha} \times \Delta p$$

$z$  correspond à la profondeur à laquelle se trouve située l'isobare  $p$ .

Il est bon de noter que le calcul de correspondance entre pression et profondeur proposé par le logiciel *Seasave* est peu élaboré car ne tient pas compte de la répartition verticale réelle des volumes massiques à la station étudiée. Il calcule simplement les correspondances pression et profondeur dans des conditions moyennes d'une colonne d'eau homogène, soit pour l'eau douce, soit pour l'eau de mer ( $S=35$ ,  $t=0$ ). En revanche, le logiciel *Derive* effectue le calcul exact, mais fournit des paramètres appelés *géopotential* et *anomalie géopotentielle*.

### Géopotential et anomalie géopotentielle

Le géopotential d'une isobare est l'altitude de cette isobare mesurée par rapport à un niveau de référence multipliée par la pesanteur. Généralement on choisit la surface de la mer comme niveau de référence. On a donc :

$$\text{géopotential} = z \times g = \int_0^p \alpha_{(S,t,p)} dp, \text{ soit en pratique } \cong \sum_{\Delta p, p=0}^{p=p} \bar{\alpha} \times \Delta p$$

L'anomalie géopotentielle est la différence entre le géopotential d'une isobare dans l'océan observé et le géopotential de cette isobare dans un océan homogène de salinité 35 et de température 0  C.  $\delta$  désignant l'anomalie de volume massique :

$$\text{anomalie g opot.} = \int_0^p \alpha_{(S,t,p)} dp - \int_0^p \alpha_{(35,0,p)} dp = \int_0^p \delta dp, \text{ en pratique } \cong \sum_{\Delta p, p=0}^{p=p} \bar{\delta} \times \Delta p$$

Géopotential et anomalie géopotentielle s'expriment en  $m^2 s^{-2}$  ( $\cong$  joule  $kg^{-1}$ ). Ils servent de base au calcul du *courant géostrophique* entre deux stations.

### Stabilité verticale et flottabilité (*buoyancy*)

La stabilité d'une parcelle d'eau de mer située à la profondeur  $z$  dans une colonne d'eau est évaluée par la formule :

$$E = \alpha_v \left[ \rho \cdot g \left( \frac{\partial t}{\partial p} \right)_s - \frac{\partial t}{\partial z} \right] + \beta \frac{\partial S}{\partial z}, \text{ en } m^{-1}$$

$\partial t / \partial z$  et  $\partial S / \partial z$  représentent les gradients de température et de salinité observés à la profondeur  $z$ .

$(\partial t / \partial p)_s$  est le taux de décroissance adiabatique calculable par *l'algorithme de Bryden*.

$\rho$ , masse volumique *in situ*,  $\alpha_v$ , coefficient de dilatation thermique et  $\beta$ , coefficient de contraction haline sont calculables à partir de l'équation d'état de l'eau de E est positif si la stratification est stable et d'autant plus élevé que la stratification est forte.

On calcule aussi la flottabilité :

$$N = \sqrt{g \times E}$$

$N$ , appelé improprement *fréquence de Brunt-Väisälä* correspond à une pulsation, c'est à dire à une fréquence multipliée par  $2\pi$ . Elle se rapporte au mouvement d'oscillation à la verticale qui animerait une parcelle d'eau si on l'écartait de sa position d'équilibre.

### 3.- Utilisation des logiciels SEASOFT

*Seasoft* comprend 34 modules informatiques spécialisés pour l'acquisition, l'affichage, le traitement et l'archivage des données océanographiques acquises avec différents modèles de sondes CTD de marque Seabird. Ils fonctionnent sur micro-ordinateurs PC. On peut importer ces logiciels ainsi qu'une documentation à partir du site <http://www.seabird.com>.

Nous avons vu comment utiliser le logiciel *TERM25* pour acquérir des données avec une sonde autonome SBE 25 et le logiciel *SEASAVE* pour acquérir des données avec des sondes reliées au bord par un câble  lectroporteur telle que la SBE 11 *plus*.

Parmi la liste des 32 autres logiciels disponibles dans le colis *Seasoft*, nous allons maintenant examiner, dans l'ordre logique de leur utilisation, les quelques logiciels nécessaires et suffisants à un traitement convenable des données.

Nous supposerons que ces données ont été acquises à l'aide d'une sonde SBE 25 équipée de ses 3 capteurs de base, température, conductivité et pression, d'un oxymètre émettant 2 signaux : l'un correspond au courant de réduction de l'oxygène à l'électrode (*Voltage 0*), l'autre à la température interne du capteur (*Voltage 1*), et d'un fluorimètre mesurant la fluorescence *in vivo* de la chlorophylle (*Voltage 2*). La cadence d'échantillonnage a été fixée à 8 par seconde. Un profil hydrologique vertical a été effectuée jusqu'à 530 m et l'opération a duré environ 20 min. Gr ce   *TERM25*, les données ont été récupérées sur le disque dur de notre ordinateur et enregistrées sous le nom de *florence.hex*.

Si nous ouvrons directement *florence.hex* avec un tableur ou un traitement de texte, nous constaterions qu'en plus d'un en-tête parfaitement lisible, il contient environ 9600 lignes (20 à 60 à 8) de données illisibles. En effet chaque ligne est constituée d'une succession de chiffres hexadécimaux sans aucune séparation, par exemple :

$$\underbrace{245BCF103EED0E}_{\text{température}} \underbrace{A06E46A6019F}_{\text{conductiv}} \underbrace{\pm}_{\text{p}} \underbrace{V0}_{\text{V0}} \underbrace{V1}_{\text{V1}} \underbrace{V2}_{\text{V2}}$$

Même si nous connaissions la position de chaque signal (voir les accolades) ainsi que le type de codage, nous ne serions guère avancés, car nous serions en face de valeurs numériques relatives à des fréquences (pour la température et la conductivité) ou à des voltages (pour les autres signaux) sans aucune signification physique.

#### 3.1.- Conversion des données brutes avec DATCNV

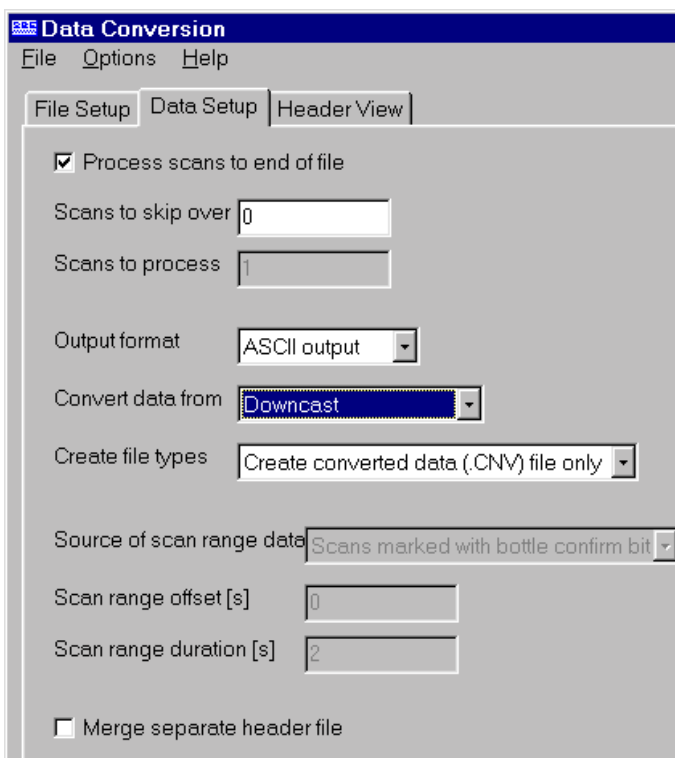
Le décodage et la traduction des données brutes en grandeurs physiques va se faire à l'aide du logiciel DATCNV et d'un fichier de configuration .CON. Ce fichier contient notamment les coefficients d'étalonnage des différents capteurs qui équipent la sonde. Il s'appellera, par exemple, SBE25-02.CON pour indiquer qu'il se rapporte à la sonde SBE 25 telle qu'elle se trouve équipée et qu'il est à jour pour l'année 2002.

DATCNV.EXE traite aussi bien les fichiers de données brutes .DAT enregistrés à partir des sondes autonomes (SBE 11 *plus*) que les fichiers .HEX des sondes SBE 25. La conversion se fait au choix en format binaire ou en format ASCII. Les fichiers binaires sont plus compacts et plus rapidement traités par les autres modules *Seasoft*. Les fichiers ASCII sont lisibles par n'importe quel traitement de texte. Ces deux types de fichiers sont enregistrés avec l'extension .CNV.

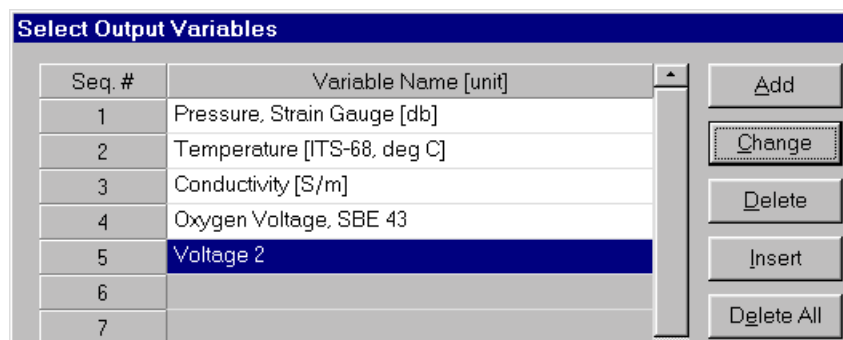
L'utilisation de DATCNV est intuitive. Dans la fenêtre *Data Setup*, la rubrique *Scans to skip over* fixe le nombre de lignes d'enregistrement que l'on veut supprimer à partir du début. L'option *Downcast* supprime les valeurs à la remontée.

Le bouton *Select Output Variables* ouvre une fenêtre qui permet de choisir les grandeurs qui figureront dans le fichier converti, leur ordre de rangement ainsi que les unités dans lesquelles elles seront exprimées.

DATCNV pourrait aussi calculer les grandeurs dérivées (salinité, sigma-t, etc.), mais ce calcul serait prématuré. Il se fera avec une meilleure précision à partir des données corrigées.



On sélectionnera par exemple les grandeurs (ou variables) suivantes :



Dans l'exemple ci-dessus, on préfère conserver le signal brut du fluorimètre *Voltage 2*, plutôt que de le convertir de manière douteuse en équivalent de chlorophylle ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ).

On peut garder le même nom pour le fichier converti. Il s'appellera, par exemple, *florence.cnv*. Le fichier brut *florence.hex* ne sera pas écrasé.

Si on ouvre ce fichier converti avec un traitement de texte, on pourra constater que les lignes de données sont lisibles et conformes à ce que l'on a demandé, par ex. :

```
453 31.476 13.8771 4.5237676 3.2430 0.3712 0.000e+00
(n ) (p dbar) (t.  C) (C S m-1) (O2) (V 2) (Drapeau).
```

Le logiciel rajoute simplement une colonne de drapeaux (*flags*), qui sont pour l'instant mis à zéro.

Remarque : Avant de déclencher la descente d'une sonde vers la profondeur, il est d'usage de rincer son circuit d'eau en maintenant quelques minutes l'engin en surface, ou en lui faisant faire un aller-retour jusqu'à quelques dizaines de mètres de profondeur. Pendant tout ce temps, la sonde enregistre des données douteuses qui alourdissent inutilement le fichier. Si l'on veut éliminer de manière précise ces données superflues, on fera une première conversion avec *Scans to skip over = 0*, on ouvrira le fichier *.cnv* provisoire, et on rep rera, dans la colonne des pressions, le numéro de ligne où la sonde commence sa descente effective (ce numéro est souvent compris entre 600 et 1200). On pourra alors convertir à nouveau le fichier brut *.hex* en précisant le nombre exact de lignes à supprimer. Le fichier provisoire, devenu inutile, sera écrasé.

### Alignement des données avec ALIGNCTD

Pour les raisons indiquées en page 2 de ce document, les signaux de certains capteurs doivent être avancés par rapport aux données de pression pour tenir compte des temps de réponse de ces capteurs et de leur position sur le circuit d'eau de la sonde. Lancer ALIGNCTD et préciser les valeurs d'avance à appliquer aux différents signaux :

Variable Name [unit]	Advance [s]
Temperature [ITS-68, deg C]	0.5
Conductivity [S/m]	1
Oxygen Voltage, SBE 43	6
Voltage 2	5

Si on examine sous Excel un fichier qui vient d'être aligné, on remarque que la colonne correspondant à *Voltage 2* se trouve remontée d'environ  $8 \times 5 = 40$  lignes par rapport à la colonne des pressions. Du coup il manque 40 valeurs pour terminer la colonne *Voltage 2*. Le logiciel les remplace par  $-9.990e-29$ .

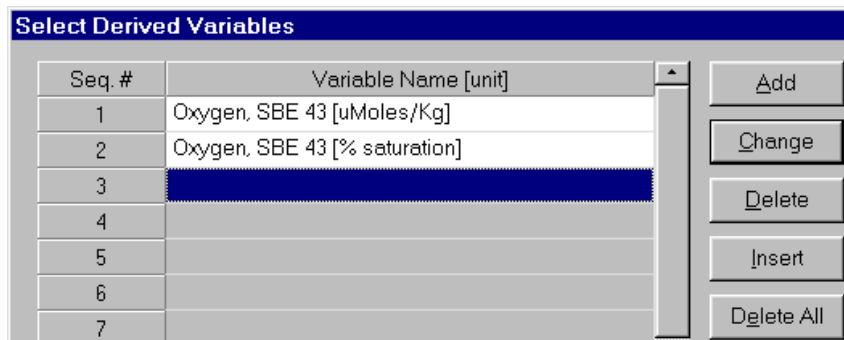
### Signalisation de valeurs douteuses avec LOOPEDIT

LOOPEDIT repère les valeurs correspondant à une vitesses de descente trop lente de la sonde, voire à des boucles, dues au roulis du bateau. Ces valeurs sont signalées mauvaises par un *drapeau* mis à  $-9.990e-29$ .

L'option *Exclude scans marked bad* est ici sans action car aucun autre logiciel de signalisation n'a été utilisé auparavant et tous les *drapeaux* se trouvent au départ à  $0.0000e+00$ .

## Calcul des grandeurs dérivées avec DERIVE

**DERIVE.EXE** calcule, à partir des données de base, toutes les grandeurs dérivées que l'on voudra bien choisir. Ce calcul doit être effectué maintenant pour l'oxygène. En revanche, les autres grandeurs seront dérivées avec une meilleure précision en partant de données de base moyenn es. On choisira, par exemple, d'exprimer les teneurs en oxygène en  $\mu\text{mol/kg}$  et en % de saturation :

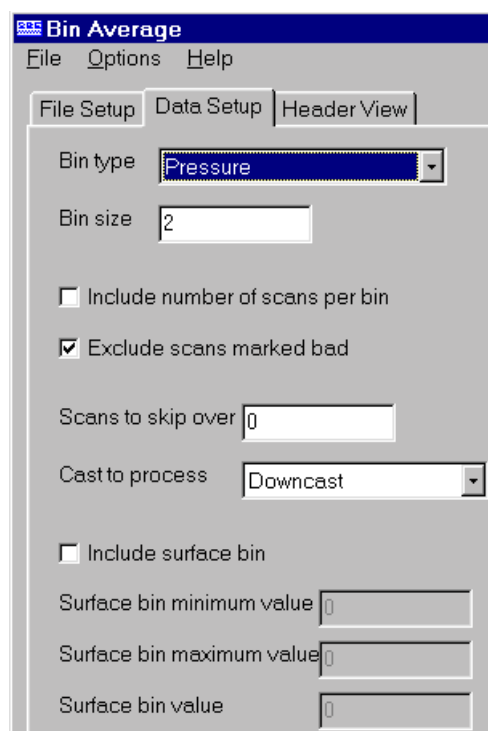


Deux colonnes supplémentaires, Oxygène en  $\mu\text{mol/kg}$  et % de saturation viendront s'intercaler entre la dernière colonne de données de base, *Voltage 2* et la colonne des drapeaux.

## Moyennes avec BINA VG

**BINA VG.EXE** fait la moyenne des valeurs contenues dans les fichiers *.cnv*, en se basant sur des intervalles choisis de pression, de nombre d'enregistrements ou de temps. Pour une station à la verticale un pas de 2 d cibar permet de réduire la taille du fichier d'un facteur 16 environ, tout en gardant une résolution convenable. De plus le calcul des grandeurs dérivées s'en trouve amélioré.

Il serait peut-être avantageux de choisir des pas différents selon les zones de profondeurs, par exemple : 1 dbar entre 0 et 100 db ; 5 dbar entre 100 et 500 dbar. Il faudrait alors obtenir 2 fichiers moyennés, l'un sur 1 dbar, l'autre sur 5 dbar. Après formatage en ASCII (voir plus loin), ces fichiers pourraient être alors tronqués, puis fusionnés en un seul fichier.



## Calcul des grandeurs dérivées avec DERIVE

Les grandeurs dérivées (  l'exception de celles relatives à l'oxygène) seront calculées à partir des grandeurs de base moyenn es. Leur liste peut être longue. Nous nous contenterons de sélectionner les grandeurs ci-

contre. 3 nouvelles colonnes de données seront ajoutées au fichier après la colonne *Oxygène, % saturation*. La colonne de drapeaux sera reportée en dernière colonne.

Seq. #	Variable Name [unit]
1	Salinity [PSU]
2	Density [sigma-t, Kg/m <sup>3</sup> ]
3	Geopotential Anomaly [J/Kg]
4	

##  puration des fichiers avec ASCIOUT

Le logiciel ASCIOUT permet de sortir un fichier  pur , doté d'une mise en page correcte autorisant une impression immédiate, facile à lire et à manipuler avec différents logiciels standards, notamment les logiciels graphiques. Le texte de l'en-tête peut être conservé dans un fichier texte .HDR. Les données numériques sont enregistrées dans un fichier .ASC (celui-ci peut garder le même nom que

le fichier .CNV qui le précède sans risque de l'écraser). Il est possible de faire précéder les colonnes d'un titre (*label*).

La fenêtre *Select output variables* permet de ne conserver que les variables utiles dans une présentation définitive. Dans l'exemple ci-dessous, *Scan Count*, *Conductivity*, *Oxygen Current*, *Oxygen Temperature*, et *Flag* sont supprimés.

Variable Name [unit]	Output
Pressure, Strain Gauge [db]	<input checked="" type="checkbox"/>
Temperature [ITS-68, deg C]	<input checked="" type="checkbox"/>
Conductivity [S/m]	<input type="checkbox"/>
Oxygen Voltage, SBE 43	<input type="checkbox"/>
Voltage 2	<input checked="" type="checkbox"/>
Oxygen, SBE 43 [uMoles/Kg]	<input checked="" type="checkbox"/>
Oxygen, SBE 43 [% saturation]	<input checked="" type="checkbox"/>
Salinity [PSU]	<input checked="" type="checkbox"/>
Density [sigma-t, Kg/m <sup>3</sup> ]	<input checked="" type="checkbox"/>
Geopotential Anomaly [J/Kg]	<input checked="" type="checkbox"/>
Flag	<input type="checkbox"/>

#### 4.- Calcul dynamique avec Excel

Supposons que nous possédions 2 fichiers de données hydrologiques interpolées au pas de 2 dbar, l'un allant de 2 à 516 dbar, l'autre de 2 à 528 dbar et enregistrées au format .ASC. Ces données se rapportent à deux stations, appelées F1 et F2, distantes de 5 mille nautiques et situées à la latitude 43  N.

On sait que le courant géostrophique au niveau d'une isobare  $p$  a pour valeur :

$$V_p = \frac{1}{2\omega \sin \varphi \times \Delta x} (D_1 - D_2)$$

où  $\Delta x$  représente la distance entre les Stations F1 et F2,  $2\omega \sin \varphi$  le paramètre de Coriolis et  $D_1$  et  $D_2$  les anomalies g opotentiellelles relatives à l'isobare  $p$ .

Pour notre couple de stations :  $\frac{1}{2\omega \sin \varphi \times \Delta x} = 1.086 \text{ s m}^{-1}$

Voici, énumérées dans l'ordre les différentes manipulations qu'il convient de faire. Le tableau Excel de la page suivante reproduit ces manipulations.

- Ouvrir les 2 fichiers .ASC sous Excel. Ne garder que la 1 re et la dernière colonne du tableau :  $p$  en dbar et anomalies g opotentiellelles ou AGP, en  $\text{J kg}^{-1}$  ( $\equiv \text{m}^2 \text{s}^{-2}$ ). Supprimer les colonnes inutiles et enregistrer les fichiers au format Excel .XLS.
- Reprendre les 2 fichier XLS. Copier la colonne des valeurs d'AGP de la station F2 et la coller comme colonne C dans le tableau de la station F1.  galiser la longueur des colonnes en supprimant toutes les données au-delà de  $p = 500$  dbar.
- Se positionner au début de la colonne D, (  la cellule D2, si les données numériques sont précédées d'un intitulé). Programmer l'opération :  $= (B2-C2)*1.086$ . Noter que B2 et C2 ne sont pas des références absolues. Elles sont relatives à la case actuelle. Elles s'inscrivent automatiquement en cliquant sur les cases correspondantes.
- Reporter ce calcul à toute la colonne en pointant le petit carré dans le coin inférieur droit de la case et en faisant glisser le pointeur vers le bas jusqu'à la fin du fichier, au niveau de 500 dbar. Les valeurs de courant, en mètre par seconde, s'inscrivent aussitôt dans cette colonne. Mais il s'agit des valeurs provisoires V/0 basées sur des hauteurs dynamiques calculées à partir de la surface, supposée horizontale (on notera que ce courant est très faible en surface et augmente avec la profondeur !).
- Il faut donc "inverser le courant". Pour cela, on vient se positionner à la colonne E au niveau 500 dbar (c'est en principe la cellule E251) et on écrit :  $= D251 - \$D\$251$ .  $\$D\$251$  est une référence absolue. On peut l'écrire en cliquant sur la case concernée et en appuyant immédiatement après sur la touche F4. On saisit le coin de la case et on remonte en faisant glisser le pointeur jusqu'à la cellule E2.

The screenshot shows a Microsoft Excel spreadsheet titled "Microsoft Excel - Classeur1". The active cell is E251, containing the formula  $=D251-\$D\$251$ . The spreadsheet has columns A through F and rows 1 through 8. The data is as follows:

	A	B	C	D	E	F
1	p, dbar	AGP, St F1	AGP, St F2	V/0, m/s	V/500, m/s	
2	2.000	0.000	0.000	0.000	0.400	
3	4.000	-0.011	-0.008	-0.003	0.396	
4	6.000	-0.022	-0.016	-0.007	0.393	
5	8.000	-0.034	-0.024	-0.011	0.389	
6	10.000	-0.045	-0.032	-0.014	0.386	
7	12.000	-0.056	-0.040	-0.017	0.382	
8	14.000	-0.068	-0.048	-0.022	0.378	

Below this, a zoomed-in view of rows 245 to 252 is shown:

245	488.000	-3.616	-3.248	-0.400	0.000	
246	490.000	-3.631	-3.263	-0.400	0.000	
247	492.000	-3.646	-3.278	-0.400	0.000	
248	494.000	-3.661	-3.293	-0.400	0.000	
249	496.000	-3.676	-3.308	-0.400	0.000	
250	498.000	-3.691	-3.323	-0.400	0.000	
251	500.000	-3.706	-3.338	-0.400	0.000	
252						

The status bar at the bottom shows "Prêt" and "NUM" buttons.

On aurait pu préparer le tableau Excel en partant du fichier de la Station F2, et en y recopiant les données d'AGP de la station F1 dans la colonne C. Le résultat aurait été le même si ce n'est que les valeurs de courant figurant en colonne E apparaîtraient négatives au niveau de la surface :  $-0,400 \text{ m s}^{-1}$  à 2 dbar,  $-0,296$    4 dbar, etc. Si le cas se présentait, il vaudrait mieux multiplier toutes les valeurs de la colonne E par  $-1$ .

Que les valeurs de courant s'affichent en positif ou en négatif au niveau de la surface, il se peut que l'on observe, à partir d'une certaine pression, une inversion de signe, qui traduit une inversion du courant par rapport à sa direction en surface. Mais cette inversion est généralement sans signification car elle est associée à des valeurs de courant inférieures à  $1 \text{ cm s}^{-1}$ , qui est à la limite de précision de la méthode dynamique.

La direction du courant de surface est fournie par la règle : *la station présentant l'anomalie géopotentielle la plus forte en valeur algébrique au niveau de l'isobare profonde de référence, constitue le point haut du relief dynamique au niveau de la surface*. Dans l'exemple ci-dessus, l'AGP est plus forte à la Station F2 ( $-3,338$ ) qu'à la Station F1 ( $-3,706$ ). Le courant superficiel (ou plus exactement sa composante perpendiculairement à la ligne de stations F1-F2) est dirigé de gauche à droite en regardant de la Station F2 vers la Station F1.