

ACQUISITION AUTOMATIQUE DE DONNEES EN MER

par

Georges PICHOT, André POLLENTIER et Henri PICARD

Les auteurs tiennent à exprimer à M. A. De Haen, au commandant J.P. Barbieux, au personnel de la Division Etudes et Recherches et à l'équipe de matelots miliciens universitaires, au commandant et à l'équipage de l'A 962 Mechelen, à M. A. Luyens, Nautisch Directeur van het Loodswezen et à son personnel, leurs vifs remerciements pour l'aide précieuse qu'ils leur ont apportée.

Introduction

Pour établir le modèle mathématique qui décrit et prédit l'état d'un écosystème comme la mer du Nord, il est indispensable de pouvoir disposer de bonnes séries de mesures physiques, chimiques et biologiques.

Dans la phase préparatoire du modèle, elles permettent d'ajuster les valeurs numériques de certains paramètres d'interactions et de vérifier la précision des premiers résultats. Dans la phase opérationnelle, elles fournissent les conditions aux limites requises pour la résolution des équations différentielles d'évolution.

Les moyens d'acquisition automatique de données mis en oeuvre dans le cadre du programme peuvent être divisés en trois groupes :

1. Les stations auto-enregistreuses de courantométrie : 22 mouillages d'instruments, effectués à partir de septembre 1973 ont procuré 317 jours de bonnes données.

2. Deux bouées océanographiques et météorologiques : mis en service en avril 1974, ces *prototypes* qui interrogent les différents senseurs et télétransmettent leurs informations à la station de réception et de traitement située à Ostende ont fourni quelque 80 jours de bonnes données.

3. Une station fixe : elle réalisera le même travail que les bouées mais, en outre, permettra la mise au point — sans limitation d'espace ou d'énergie — d'échantillonneurs programmés et de senseurs chimiques et biologiques. Prête en juin 1975, elle n'a pu encore être mise en place (à $51^{\circ} 21' 25''$ N , $3^{\circ} 03'$ E) à cause de conditions météorologiques défavorables. Elle devrait l'être dans les premiers mois de 1976.

Chapitre I

Courantomètres

1.- Description des instruments utilisés

La courantométrie est réalisée à l'aide de trois types d'instruments.

1.1.- Le courantomètre AMF-VACM modèle 610

Cet instrument, dont nous possédons six exemplaires, est sans conteste le plus évolué de tous. Il possède un rotor Savonius et une vanne de direction couplée magnétiquement à un disque encodé optique et à un compas. Il effectue, sur un intervalle de temps fixé, les sommations des coordonnées cartésiennes des vecteurs unitaires de la vitesse du courant (le nombre des sommations étant proportionnel au module de cette vitesse) qu'il enregistre sur cassette digitale.

Il peut encore prendre la température moyenne de l'eau et la position instantanée du compas et de la vanne au moment de l'enregistrement.

L'AMF-VACM est robuste et peut avoir une autonomie d'un an. Malheureusement, il n'existe pas d'unité de contrôle acoustique des données. Il n'est donc pas possible d'effectuer un test de l'enregistrement extérieur à l'appareil et ainsi de vérifier son bon fonctionnement, une fois qu'il est ancré.

1.2.- Le courantomètre NBA modèle DNC-2A

Cet instrument dont nous possédons douze exemplaires est le plus utilisé dans nos campagnes de mesures.

Un rotor, entraîné par le mouvement de l'eau, envoie des impulsions qui sont intégrées pendant une période fixée. La direction du courant, dans laquelle l'instrument est maintenu par un assemblage d'ailerons, est donnée par la sommation de 128 lectures du compas optique. La température moyenne de l'eau peut également être mesurée. L'enregistrement se fait sur une bande digitale.

L'indication "*read after write*" et l'unité de contrôle acoustique existent et permettent, en toute circonstance, la vérification du bon fonctionnement de l'appareil et de la validité de l'enregistrement.

1.3.- Le courantomètre Plessey modèle MO21

Trois courantomètres Plessey ont été employés lors des premiers mouillages. La façon de mesurer la vitesse du courant est pratiquement identique à celle du N.B.A. La direction du courant, dans laquelle l'instrument est maintenu par une queue, est donnée par trois lectures instantanées du compas. L'enregistrement se fait sur bande magnétique.

Il convient enfin d'ajouter que le système d'ancrage du Plessey n'est pas aisé à manipuler et que les délais de livraison des instruments et des pièces de rechange ne sont pas souvent respectés.

2.- Description du mouillage

La figure 1 donne le schéma d'un mouillage de courantomètres. Il comprend :

- une bouée profilée, sous la surface, d'une flottabilité d'environ 200 kg qui maintient le courantomètre aussi vertical que possible,
- les courantomètres avec leur bloc d'ancrage,
- la bouée de marquage (Selco type 7 *spar buoy*) [qui, suivant la convention de l'IMCO, est peinte en larges bandes jaunes et rouges] et son système d'ancrage,

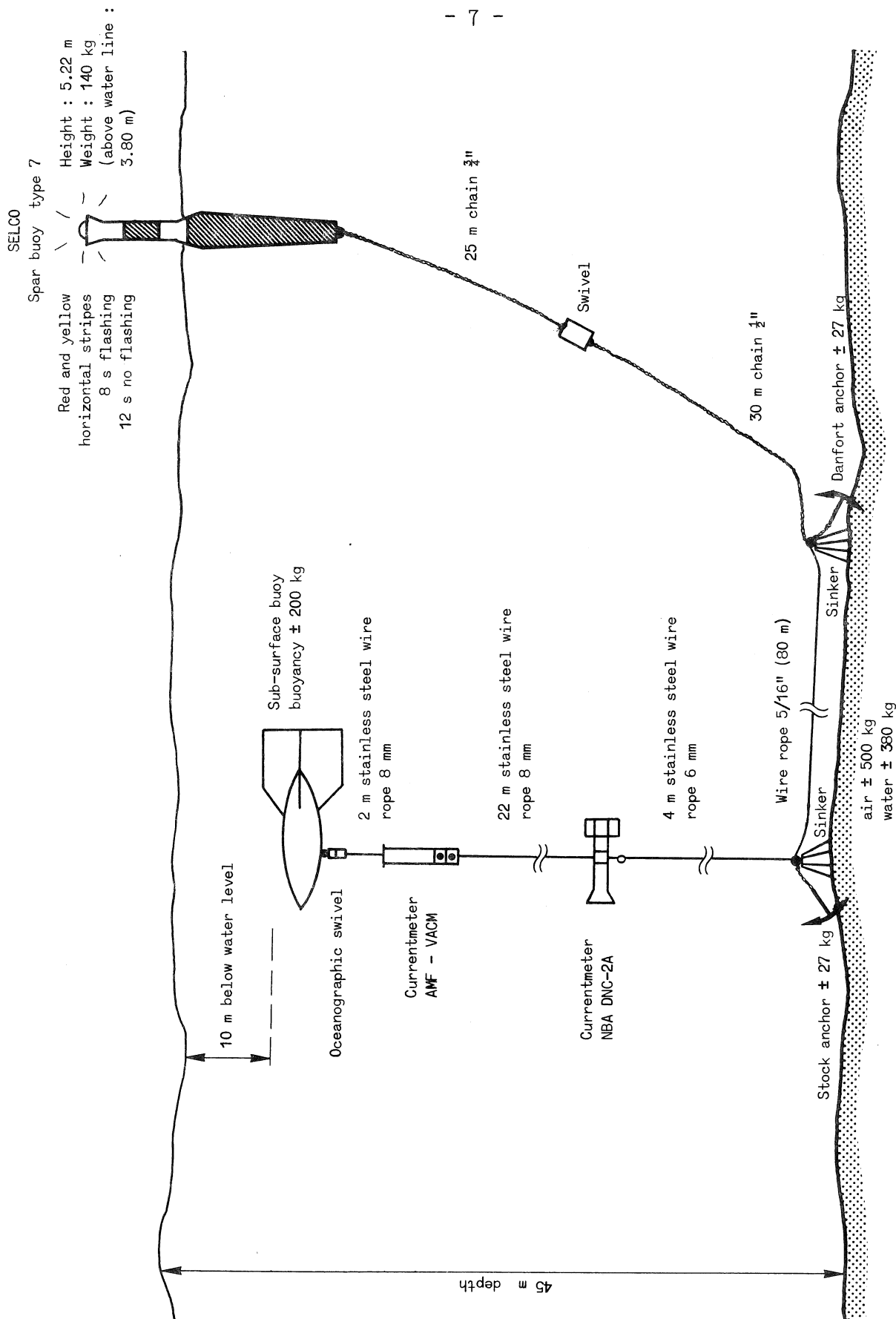


fig. 1.
Schéma d'un ancrage-type

- un câble reliant les deux blocs d'ancrage et permettant la récupération de l'ensemble du système, à partir de la bouée de marquage,
- des émerillons océanographiques qui permettent une rotation verticale libre des instruments.

Il est possible de placer plusieurs courantomètres sur la même ligne de mouillage. Si l'un d'eux est un N.B.A., son unité de contrôle acoustique permet, dans de bonnes conditions, de décoder ses propres enregistrements mais aussi, dans des conditions d'accident, de mettre en évidence l'existence même de la ligne.

3.- Inventaire et bilan des mouillages effectués

Le tableau 1 donne l'inventaire des différents mouillages effectués dont la distribution géographique est donnée à la figure 2.

Un examen rapide du tableau 1 montre clairement que la durée de vie d'un mouillage dépend moins de l'instrument de mesure lui-même et de l'énergie dont il peut disposer que du risque d'un accident grave entraînant la perte du courantomètre et des données qu'il contient ou la crevaisson du flotteur sous la surface.

Le bilan des pertes d'appareil s'établit comme suit :

Type	Mouillés	Récupérés
AMF-VACM	5	5
Plessey-M021	4	2
NBA-DNC2A	16	13

Sur les 25 appareils mis à l'eau, 5 ont été définitivement perdus : d'où une perte de 20 %. A titre de comparaison, sur les 90 instruments mis à l'eau dans le cadre de JONSDAP 73, 70 ont été récupérés (22 % de pertes).

fig. 2.

Distribution géographique des mouillages de courantomètres effectués de septembre 1973 à décembre 1975. Les numéros des mouillages font référence au tableau 1.

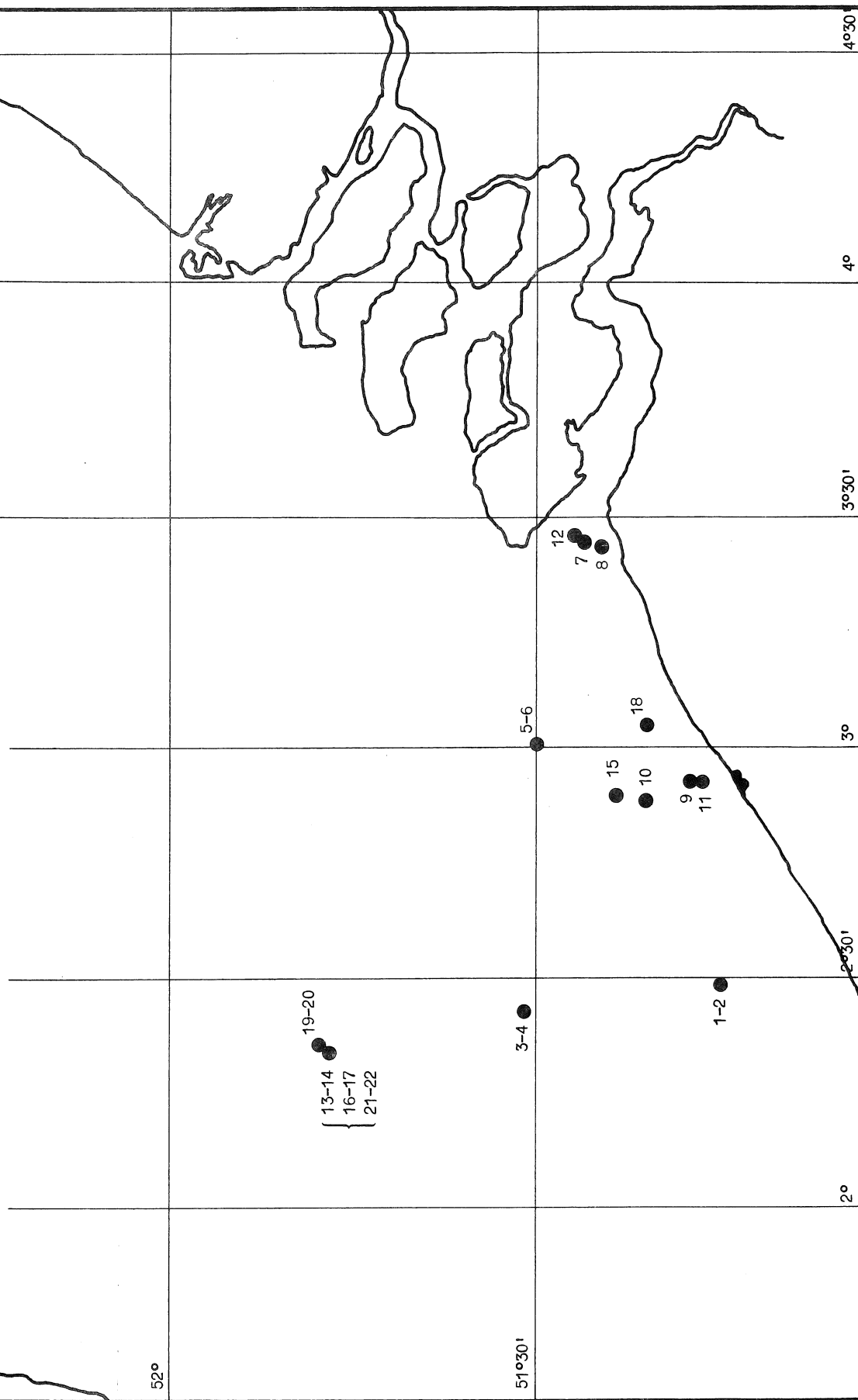


Tableau 1

Inventaire des mouillages effectués (septembre 1973 - décembre 1975)

Número du mouillage	Position	Données récupérées	Instrument et numéro de série	Profondeur de l'instrument à partir du fond de la mer	Profondeur totale	Intervalle d'enregistrement	Remarque
*	52°41' N 04°48' E	Néant	Plessey 085	12,5 m			Ensemble du mouillage (comprenant le Plessey 085 et un CM du K.N.M.I.) perdu
*	52°47' N 04°48' E	07-09-73 18-10-73	Plessey 234	13 m			Batteries vides à la récupération. Données reçues du K.N.M.I. Bandes perforées, code PL.
*	52°44' N 03°50' E	28-09-73 18-10-73	AMF-VACM	22,5 m		15 min	CM sur le fond lors de la récupération. Deux autres CM du même mouillage (appartenant au K.N.M.I.) perdus
1	51°14'55" N 02°28'58" E	07-09-73 13-10-73	Plessey 700	10,5 m	25 m	5 min	Quelques données non valides en défaut dans le système d'encodage. Rupture du mouillage et CM en dérive le 13-10-73
2	same rig	"	NBA 212	18,5 m		15 min	3800 enregistrements
3	51°31'00" N 02°25'30" E	Néant	NBA 219	29 m	35 m	15 min	Mouillage et CM perdus. Bouée de surface récupérée. Un chasseur de mines, appelé à l'aide, retrouve le mouillage et découvre une mine à proximité. Fait sauter la mine et par conséquent les CM.
4	same rig	Néant	NBA 223	11,5 m		15 min	
5	51°29'58" N 03°00'02" E	Néant	Plessey 699	-	-	5 min	CM perdu : bras de suspension cassé. Le reste du mouillage récupéré
6	same rig	22-11-73 30-11-73	NBA 222	-		10 min	Bande magnétique déchirée après 1200 enregistrements
7	51°26'45" N 03°26'50" E	19-03-74 02-04-74	NBA 221	3 m	7,8 m	10 min	2200 enregistrements
8	51°25'10" N 03°26'07" E	21-06-74 28-06-74	NBA 222	3 m	15 m	6 min	2500 enregistrements

* Courantomètres mouillés par le K.N.M.I. (De Bilt, Pays-Bas) dans le cadre de JONSDAP 73.

Tableau 1

(suite)

Número du mouillage	Position	Données récupérées	Instrument et numéro de série	Profondeur de l'instrument à partir du fond de la mer	Profondeur totale	Intervalle d'enregistrement	Remarque
9	51°17'12" N 02°55'20" E	16-07-74 30-07-74	NBA 222	3 m	-	3 min	7000 enregistrements
10	51°21'15" N 02°52'40" E	17-07-74 31-07-74	VACM 188	4 m	-	15 min	1200 enregistrements
11	51°16'50" N 02°55'10" E	Néant	NBA 230	3 m	7,8 m	8 min	CM perdu, bras de suspension cassé. Mouillage récupéré, à l'exception du flotteur subsurface.
12	51°26'40" N 02°26'40" E	14-04-75 14-05-75	NBA 227	3 m	8 m	10 min	4400 enregistrements
13	51°47'00" N 02°20'00" E	Néant	NBA 228	3 m	46 m	10 min	Subsurface coulé. NBA : 6 jours de données utilisables.
14	same rig	Néant	VACM 285	25 m		7,5 min	VACM : avancement de bande bloqué, pas d'enregistrement
15	51°23'38" N 02°53'20" E	Néant	NBA 226	5 m	20 m	10 min	Bande magnétique cassée après 24 h de fonctionnement
16	51°47'00" N 02°20'00" E	Néant	NBA 229	3 m	46 m	10 min	Subsurface coulé. NBA : batterie vide à la récupération. Aucune donnée enregistrée sur la bande.
17	same rig	28-07-75 (22-09-75)	VACM 284	25 m		7,5 min	VACM : données non encore reçues du W.H.O.I.
18	51°21'22" N 03°02'34" E	02-09-75 16-09-75	NBA 226	2 m	8 m	5 min	4000 enregistrements. Subsurface perdu lors de la récupération
19	51°47'50" N 02°20'50" E	22-09-75 24-10-75	NBA 212	5 m	46 m	10 min	Subsurface coulé. N.B.A.: 8 jours de données valides.
20	same rig	22-09-75 24-10-75	VACM 286	27 m		7,5 min	VACM : données non encore reçues du W.H.O.I.

Tableau 1

(fin)

Numéro du mouillage	Position	Données récupérées	Instrument et numéro de série	Profondeur de l'instrument à partir du fond de la mer	Profondeur totale	Intervalle d'enregistrement	Remarque
21	51°47'00" N 02°20'00" E	11-12-75	NBA 224	25 m	46 m	10 min	Nouveau flotteur subsurface. Bouée de marquage perdue. CM non encore récupérés.
22	same rig	11-12-75	NBA 222	5 m		10 min	

Si on exprime ce même bilan en nombre de jours, sur les 610 jours d'opération planifiés, 193 ont été perdus à cause de la disparition des lignes de mouillage et/ou des courantomètres.

Ceci est dû principalement aux activités de pêches à proximité des ancrages. A plusieurs reprises, lors des récupérations, des morceaux de filets de pêche ont été retrouvés, emmêlés aux mouillages accidentés. Une autre cause est aussi la météorologie car, pour fournir des données caractéristiques aussi bien des tempêtes que de temps calme, le programme des opérations a toujours été établi indépendamment des saisons et des périodes d'éventuel mauvais temps. Le problème posé par ces lourdes pertes fait l'objet d'un examen attentif au sein du groupe de travail "*Recovery of Equipements*" de l'Action Cost 43 des Communautés Européennes.

Pour les mouillages restés intacts, les pertes dues aux déficiences des instruments eux-mêmes s'établissent comme suit :

Type d'instrument	Nombre de jours de mouillage intact	Défectuosité des instruments	Pourcentage des pertes
AMF-VACM	125	42	33 %
Plessey-MO21	84	8	9 %
NBA - DNC2A	208	79	38 %
TOTAL	417	129	31 %

Ces pourcentages sont du même ordre de grandeur que ceux estimés par d'autres instituts océanographiques travaillant en mer du Nord [Hill et Ramster (1974)]. De l'expérience acquise au fil des années, il semble que la façon optimale de réaliser la courantométrie consiste :

- à planifier des mouillages pour une durée de trois semaines,
- à effectuer, après une dizaine de jours et à l'aide de l'unité de contrôle acoustique N.B.A., une vérification de la présence même de la ligne et du bon fonctionnement des N.B.A.,
- à prévoir un intervalle d'interrogation de telle sorte que les instruments aient une autonomie de 6 semaines et qu'ils puissent rester opérationnels même si de mauvaises conditions météorologiques retardent la procédure de récupération.

4.- Le décodage des données

Une fois les courantomètres récupérés, il faut d'abord effectuer le décodage des données.

4.1.- Données fournies par le courantomètre N.B.A.-DNC2A

Les données fournies par un courantomètre N.B.A.-DNC2A se trouvent sur une bande magnétique de format $\frac{1}{4}$ pouce, 75 BPI. Un enregistrement consiste en 38 bits répartis en 4 mots de la façon suivante :

TRACK 1		A	B	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	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38		
REF. PULS																																											

BINARY VALUE	1	2	4	8	1	2	4	8	16	32	64	128	256	512	1	2	4	8	16	32	64	1	2	4	8	16	32	64	128	256	512	1024	DIR. LSB	16	32	64	128	PARITY
WORD	SER. # TEMP				VELOCITY								DIRECTION								READING								SER. # TEMP									

MOT 1 (8 bits) : consistant en deux demi-mots de 4 bits placés au début et à la fin de l'enregistrement. Le numéro de série (SER.#) est fourni par une résistance fixe et l'élément sensible à la température est un thermistor.

MOT 2 (10 bits) : les impulsions du rotor sont sommées pendant un intervalle de temps fixé.

MOT 3 (8 bits) : l'enregistrement de la direction est la moyenne de 128 lectures d'un disque encodé optiquement suivant le code Gray. Originellement, 7 bits étaient disponibles pour la direction. A notre demande, le constructeur a ajouté un 8ème bit (qui correspondait avant au 12ème bit de numérotation de l'enregistrement). Ce qui porte la résolution de l'instrument à $\pm 1,4^\circ$.

MOT 4 (11 bits) : partant de 0 et jusqu'à un maximum de 2047, la numérotation de l'enregistrement se fait par incrémentation de 1 à chaque interrogation.

Un bit de parité est enregistré à la fin de chaque enregistrement pour engendrer une parité positive. La traduction de cette bande magnétique se fait *off line* au moyen d'un décodeur couplé à un perforateur de ruban (fig. 3). Ce travail est actuellement réalisé par la N.B.A. *Data Handling Division* (U.K.) à qui nous ne demandons, parmi les nombreux services de traitement des données qu'elle propose, que la traduction sur bande perforée en ASCII, avec contrôle de la parité et de la présence des 40 impulsions de référence. Cette bande se présente de la façon suivante :

1	0001	^ 123 020	^ 357	^ 0624	Format 9A2
VD	READ	SER # TEMP	DIR	VEL	

avec

- VD : validité de la donnée. Si VD = 1, la donnée est inscrite dans un fichier dont l'entête est "NBAF**" (où ** est le numéro de

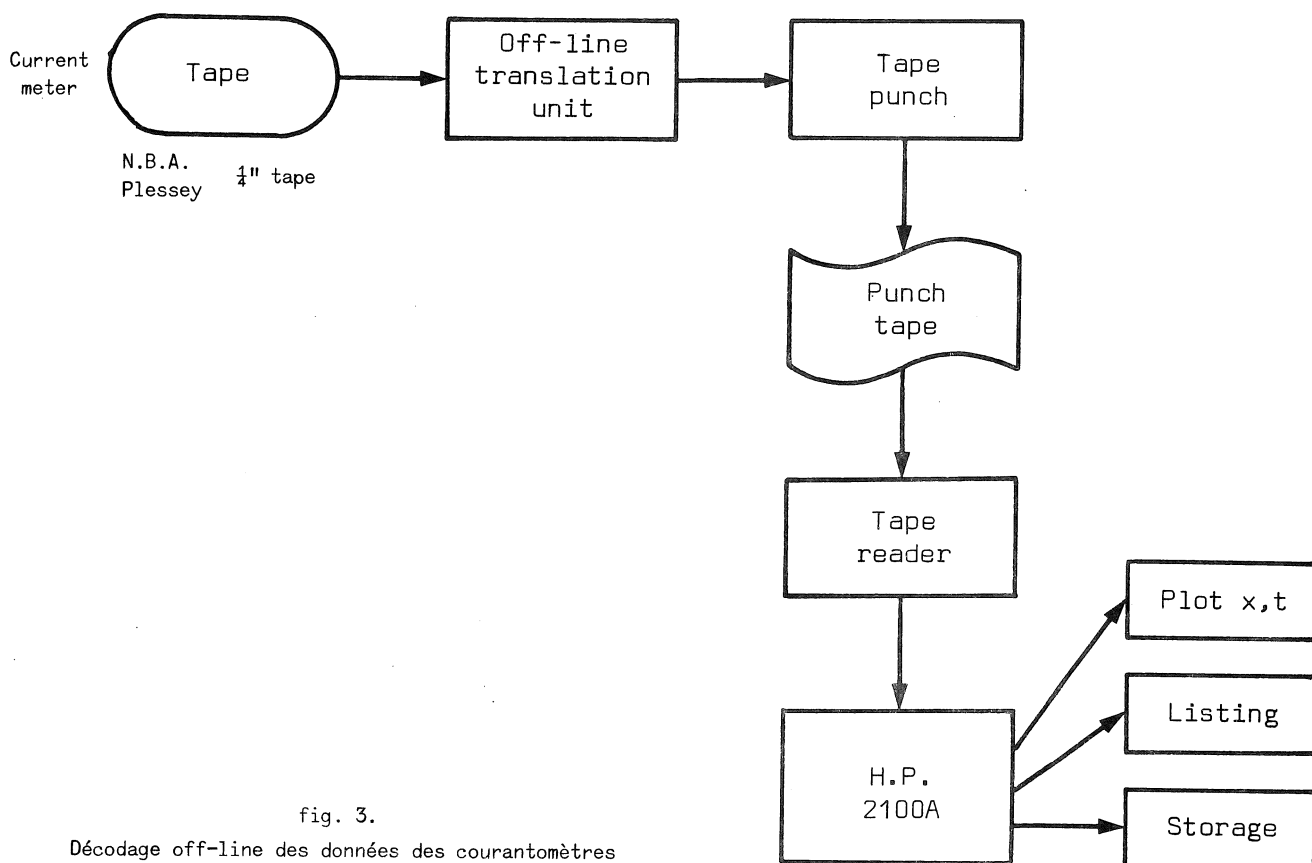


fig. 3.

Décodage off-line des données des courantomètres

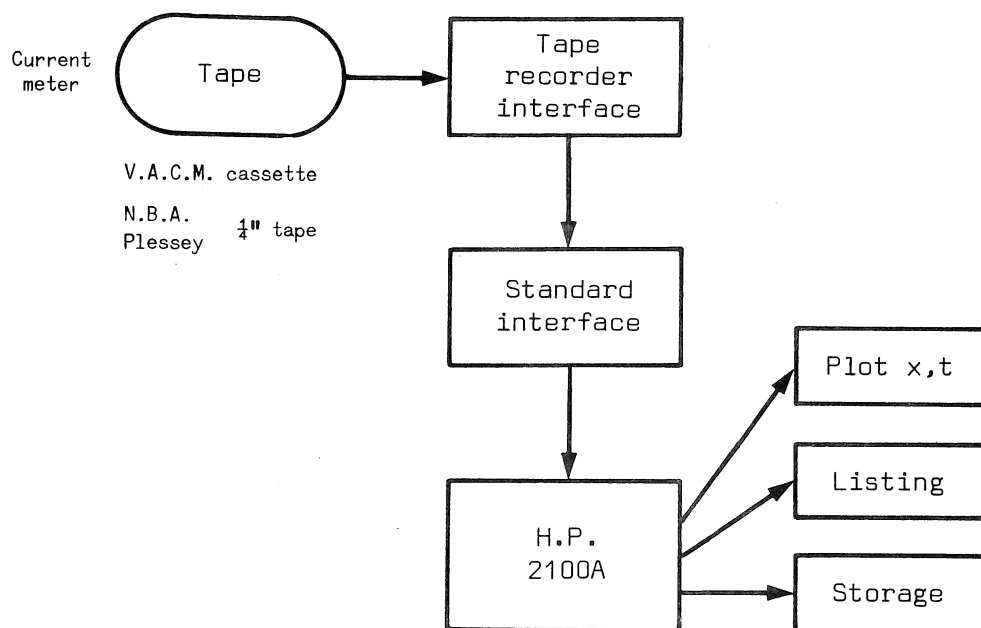


fig. 4.

Décodage on-line des données des courantomètres

référence de l'ancrage). Si $VD = 0$, la donnée fautive est stockée dans un fichier de réserve.

- READ : numéro de l'enregistrement. Si $READ > 2048$, il faut retrancher 2048 et dans ce cas, la précision sur la direction est $\pm 1,4^\circ$.

- $\begin{matrix} SER\# \\ TEMP \end{matrix}$: SER, numéro de série fixé, s'alterne avec TEMP, température moyenne dont la valeur réelle s'obtient via une table d'étalonnage fournie par le constructeur.

- DIR : direction moyenne exprimée en degrés et avec une précision de $\pm 1,4^\circ$.

- VEL : nombre d'impulsions du rotor par intervalle de temps. La vitesse est donnée par

$$V = \frac{VEL \times SCAF}{60 \times RECI} \times 32,1 + 0,978 \text{ en cm/s où SCAF est le facteur d'échelle et RECI, l'intervalle d'enregistrement.}$$

Les enregistrements sur bandes magnétiques peuvent également être introduits dans le calculateur via une interface appropriée (fig. 4). Pour cela, une installation *hardware* a été développée par l'unité d'Ostende (fig. 5). D'autre part, le logiciel (*driver* DVR 77 et programme NBA 77) est actuellement en développement si bien que, sous peu, la traduction des données des courantomètres NBA-DNC2A pourra être réalisée par le calculateur à Ostende.

4.2.- Les données des courantomètres Plessey-MO21

Vu l'emploi limité des courantomètres Plessey, le décodage est effectué par le Plessey *Data Processing Service* qui fournit une bande perforée en code PL. Après traduction en code ASCII, celle-ci est stockée, via le lecteur de bandes, sur le fichier d'un disque.

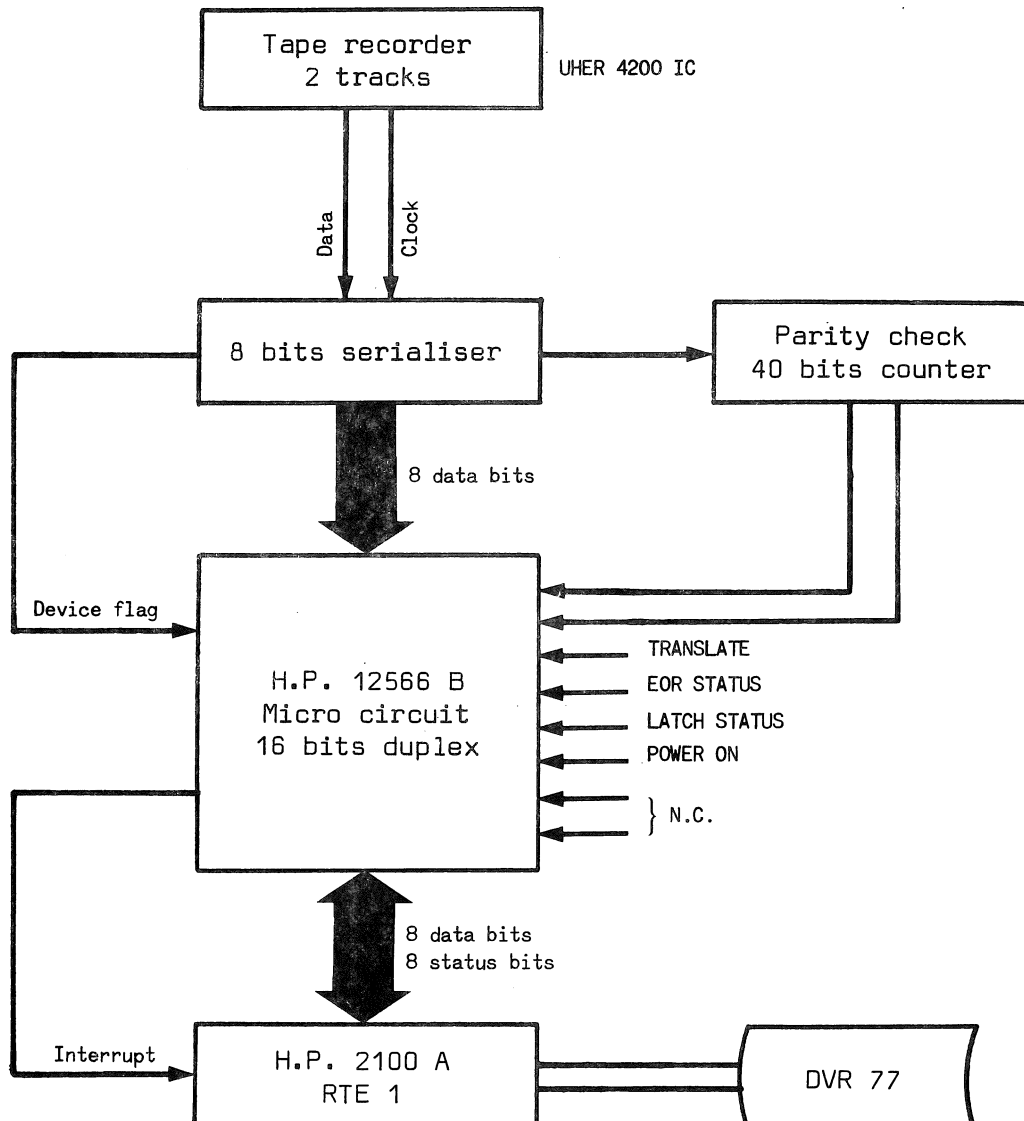


fig. 5.
On line decoder for N.B.A. - DNC2A magnetic tape

4.3.- Les données des courantomètres VACM-AMF

La bande magnétique du VACM-AMF est une cassette de style Philips (300 ft) 1600 fci . Le code est de 800 BPI , avec encodage de phase (ECMA standard) sur quatre pistes. Le format est de 3200 bits par inch à un taux d'enregistrement de 100 Hz par piste. La figure 6 donne la

structure de l'enregistrement sur la bande magnétique. Actuellement, la traduction de ces cassettes est exclusivement réalisée par le Woods Hole Oceanographic Institution. Celles-ci sont transférées sur bande de 9 pistes et dans le format Maltais à l'aide d'un lecteur de cassettes développé par le W.H.O.I. et d'un ordinateur HP 2100 . Pendant ce transfert, différents tests sont réalisés (erreurs de parité, enregistrements longs et courts, etc.).

5.- Le traitement des données

5.1.- Données du N.B.A.-DNC2A (fig. 7)

- CRFNW : la bande perforée fournie par la N.B.A *Data Handling Division* est stockée sur un fichier du disque NBA**. Les données fautives sont placées dans un fichier de réserve.

- DUR77 (en développement) : les données sont transférées directement de la bande enregistreuse à un fichier du disque, après classement des bits et séparation des données fautives.

- CRNBA : les enregistrements-tests réalisés au début de la mise en service de l'instrument sont éliminés; les données utiles converties en valeurs réelles sont stockées séparément en température (NBAT**), direction (NBAD**), vitesse (NBAV**) et coordonnées cartésiennes du courant (MOUS**).

- GMNBA : calcul des moyennes horaires et journalières (24 h 50').

- LSNBA : effectue la liste de toutes les données avec leurs moyennes horaires et journalières.

- TBVAT : contrôle des valeurs temporelles des entités établies par CRNBA.

- PLOMO : sortie graphique cumulée du contenu de MOUS** (*progressive vector diagram*).

- PLOMT : sortie graphique, jour après jour du contenu de MOUS** (ellipse de marées).

- GRAFC : sortie graphique des différentes grandeurs en fonction du temps avec, comme départ, l'heure et le jour de l'ancrage.

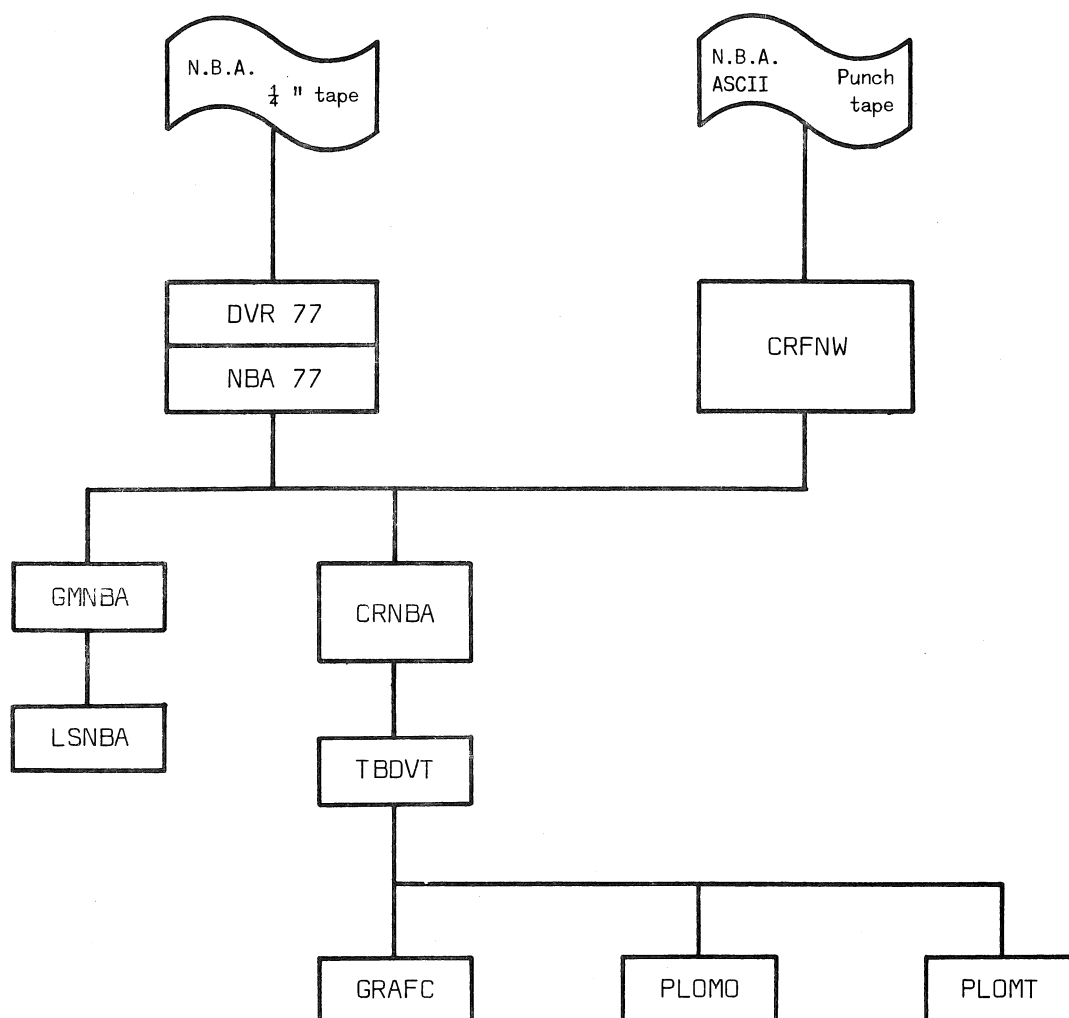


fig. 7.

Traitement des données des courantomètres N.B.A. - DNC-2A

La mise au point de ce système de programmes (qui, d'ailleurs, pourrait être adapté au traitement des données VACM-BCD FORTRAN en provenance du W.H.O.I.) implique l'emploi des jours juliens ainsi que la détection et le remplacement des valeurs erronées. Il semble urgent de compléter ce système par un programme d'histogrammes (très utile pour détecter certaines erreurs) et par un programme de stockage.

5.2.- Données du Plessey

Après une indispensable traduction en code ASCII, la bande perforée fournie par le *Plessey Data Processing Service* peut être stockée sur un fichier du disque, via un programme pratiquement identique à CRFNW.

5.3.- Données du VACM-AMF traitées par le W.H.O.I.

Le W.H.O.I., qui a conçu et développé le VACM et qui assure le décodage des cassettes, propose encore le traitement des données par le système de programmes suivant (fig. 8) :

- CARP : transfert de données de la cassette vers une bande 9 pistes, avec détection de certaines fautes (parité, enregistrements longs et courts, ...),
- XTAL : contrôle du fonctionnement de l'horloge-cristal et stockage des valeurs correspondant à des données fautives dans un fichier d'attente,
- CASDEC : transformation des données brutes en valeurs réelles (m/s , °C , etc.).

A partir d'ici, les données peuvent être transformées du format Maltais en BCD pour leur traitement ultérieur en FORTRAN.

- HISTO : production d'histogrammes de toutes les grandeurs pour le contrôle de la qualité des données et le choix des facteurs d'échelle pour les programmes suivants.
- DISPLO : production des diagrammes analogiques des variables en fonction du temps, éventuellement après TAPDIS.
- THISTO : production d'histogrammes des variables enregistrées pendant des périodes de deux ou quatre heures successives, ainsi que des graphiques, sur imprimante, des séries temporelles des variables.
- SCRUB : élimination des mauvaises mesures détectées par THISTO.
- TAPDIS : remplacement des valeurs erronées par interpolation linéaire.
- TIMSAN : calcul des spectres de la vitesse et de la température, dessin de ces spectres à échelle log-log ou log-linéaire.

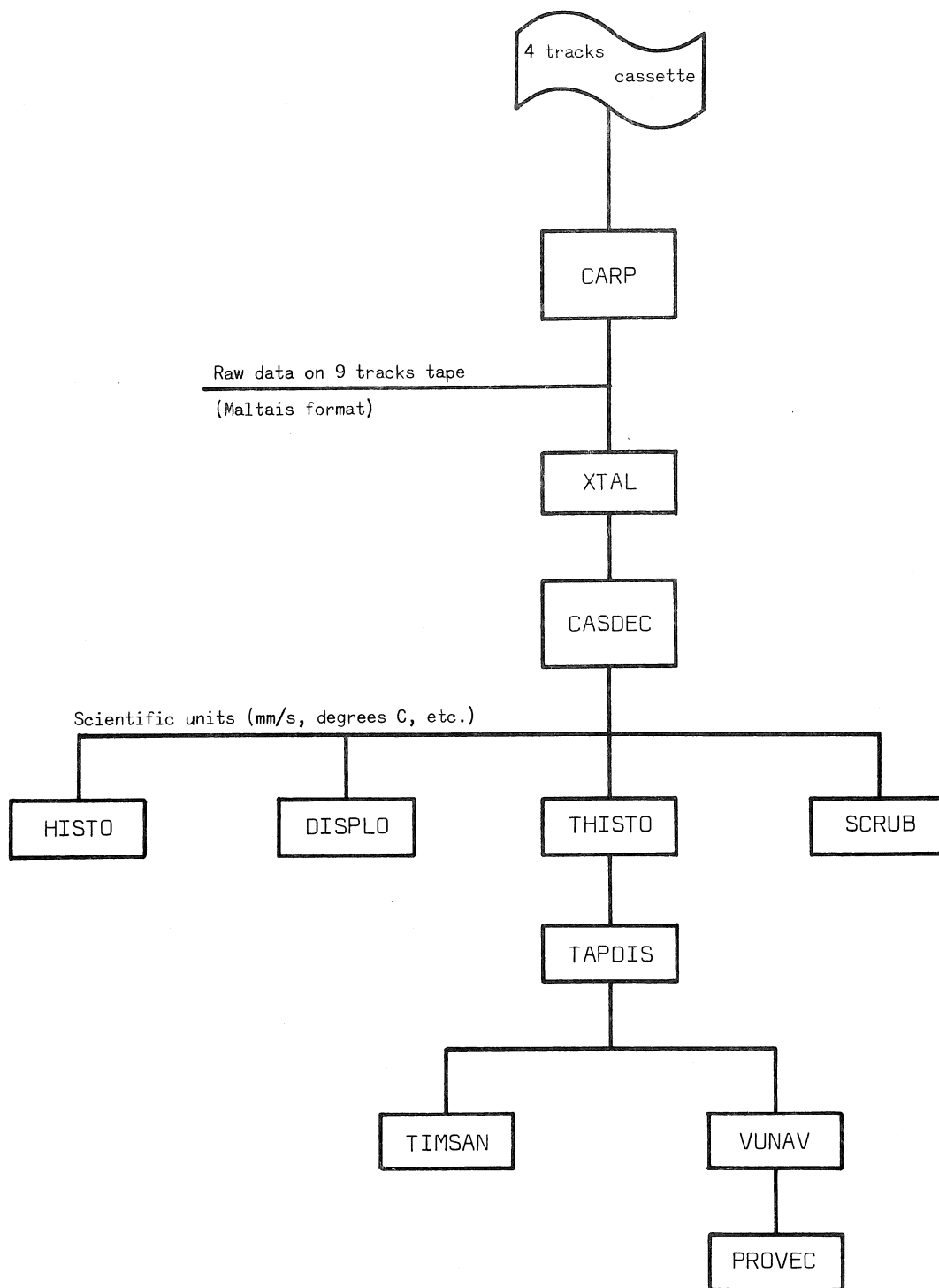


fig. 8.

Traitement des données des courantomètres VACM-AMF effectué par le W.H.O.I.

- VUNAV : calcul des moyennes vectorielles horaires destinées au stockage et aux autres représentations graphiques.
- PROVEC : diagramme progressif vectoriel des moyennes vectorielles horaires.

L'exécution complète de cet ensemble de programmes de traitement des données des courantomètres VACM est assez coûteuse et peut prendre un certain temps car nos données ne sont traitées par les spécialistes du W.H.O.I. que lorsqu'ils ont achevé de traiter les leurs.

Comme plusieurs programmes assez semblables existent déjà à l'unité d'Ostende, ne sera plus dorénavant exécuté au W.H.O.I. que le décodage vers une bande 9 pistes en valeurs réelles, c'est-à-dire les programmes CARP, XTAL et CASDEC. Ces données décodées pourront ensuite être branchées sur les programmes développés pour le traitement des données NBA. D'autre part, l'étude de la réalisation de notre propre interface pour la traduction des cassettes a été envisagée.

6.- Qualité des données

Pour pouvoir fournir des données dont la qualité est garantie, il faut :

- éliminer toutes les erreurs en effectuant, par exemple, les tests de parité, le contrôle des longueurs d'enregistrements et la détection d'autres erreurs évidentes dues à l'instrument lui-même ou à l'appareil de décodage.
- vérifier les données de vitesse, de température et de direction compte tenu de ce qui est déjà connu sur l'endroit où les mesures sont effectuées et sur les résultats escomptés.

Cela suppose un choix de certaines bornes supérieures et inférieures ainsi que d'un taux de variation des mesures.

Ces vérifications faites, il faut encore assurer une calibration précise des senseurs de vitesse, de direction et de température des instruments utilisés. Comme les études entreprises dans le cadre du Projet Mer attachent beaucoup d'importance aux circulations résiduelles

dont l'ordre de grandeur correspond aux erreurs instrumentales, il faut calibrer, avec un soin tout particulier, le compas magnétique (éventuellement la vanne directionnelle des VACM) et le rotor de chaque instrument.

Pour chaque compas fourni, le constructeur fournit une courbe de calibration qui ne semble pas très reproductible. C'est pourquoi il s'est avéré indispensable de calibrer la direction de chaque instrument, avant et après mouillage. Cela est réalisé à Ostende sur table tournante magnétique et avec rotor en fonctionnement pour annuler tout couplage magnétique [Picard (1974)] (fig. 9). D'autre part, nous participons aux programmes d'intercalibration de compas de courantomètres menés à un niveau européen par le *Fisheries Laboratory de Lowestoft* (U.K.).

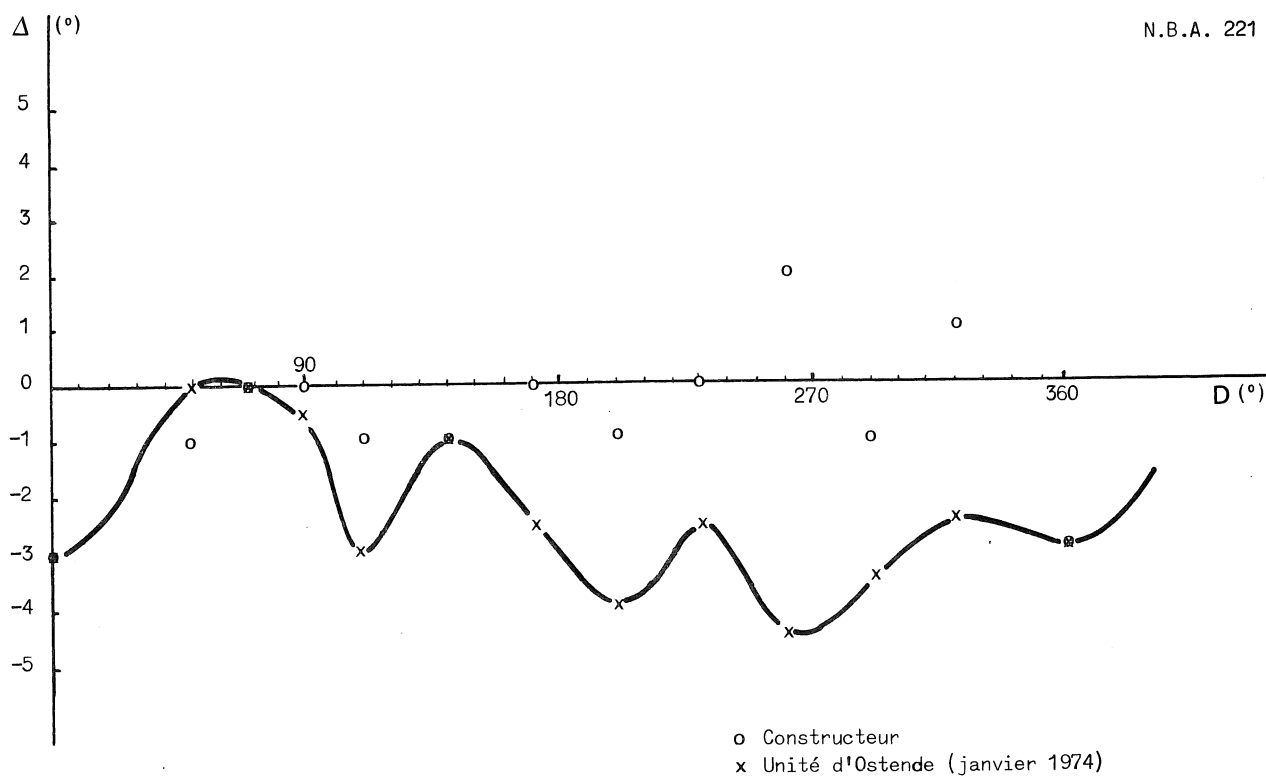


fig. 9.
Exemple de calibration

Pour le rotor, il conviendrait de calibrer, avec un soin identique, sa constante et sa vitesse de démarrage. Il serait souhaitable que ce travail soit réalisé avec l'aide du Laboratoire de Recherches Hydrauliques de Borgerhout qui possède l'infrastructure nécessaire.

7.- Exemples

A titre d'exemple, les figures 10 et 11 montrent quelques graphiques caractéristiques produits en routine par l'unité d'Ostende et mis à la disposition de l'unité hydrodynamique de notre Projet Mer. La figure 10 concerne un mouillage situé à $51^{\circ} 26' 40''$ N $3^{\circ} 26' 40''$ E qui a fonctionné du 14 avril au 14 mai 1975 et la figure 11 un mouillage qui a travaillé du 2 au 16 septembre 1975 à la position $51^{\circ} 21' 22''$ N $3^{\circ} 02' 34''$. Les figures a sont les graphiques de la vitesse, de la direction et de la température de l'eau en fonction du temps. Les figures b représentent les diagrammes vectoriels progressifs du courant pour toute la période de fonctionnement. Les figures c enfin sont les doubles ellipses de marée correspondant à des jours caractéristiques des mouillages.

N.B.A. - DNC2A pos: 51° 26' 40" N 03° 26' 40" E
 period: 14. 04. to 14. 05. 1975 recording interval: 10 min
 depth from seabottom: 3 m water depth: 8 m

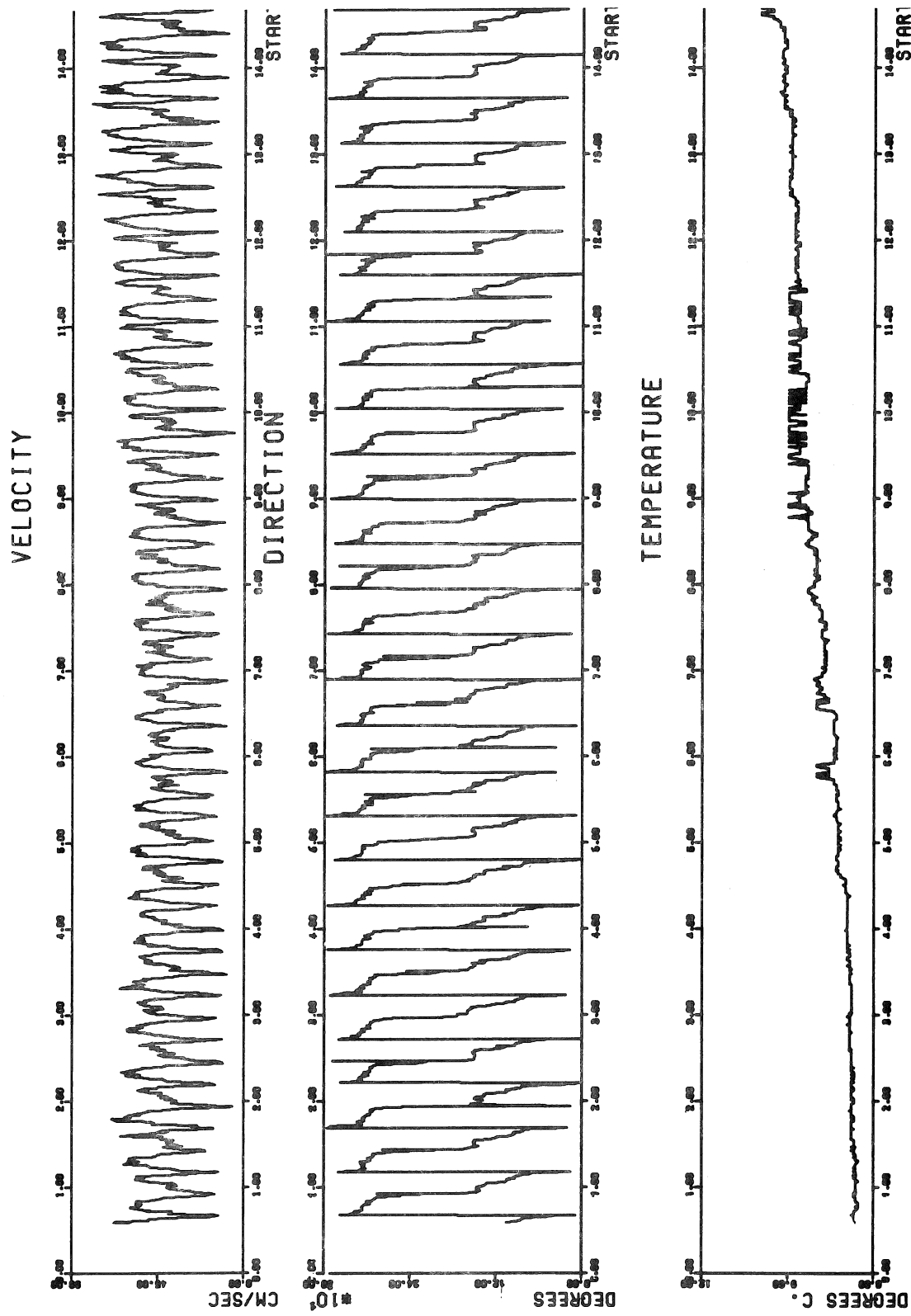


fig. 10a. (début)

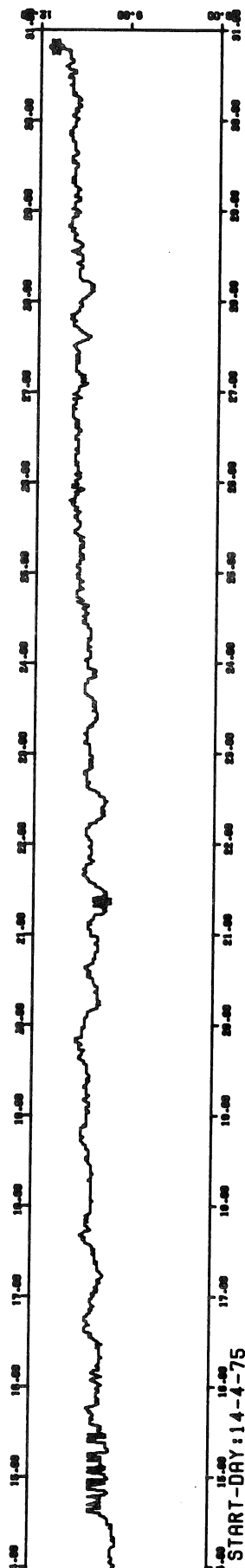
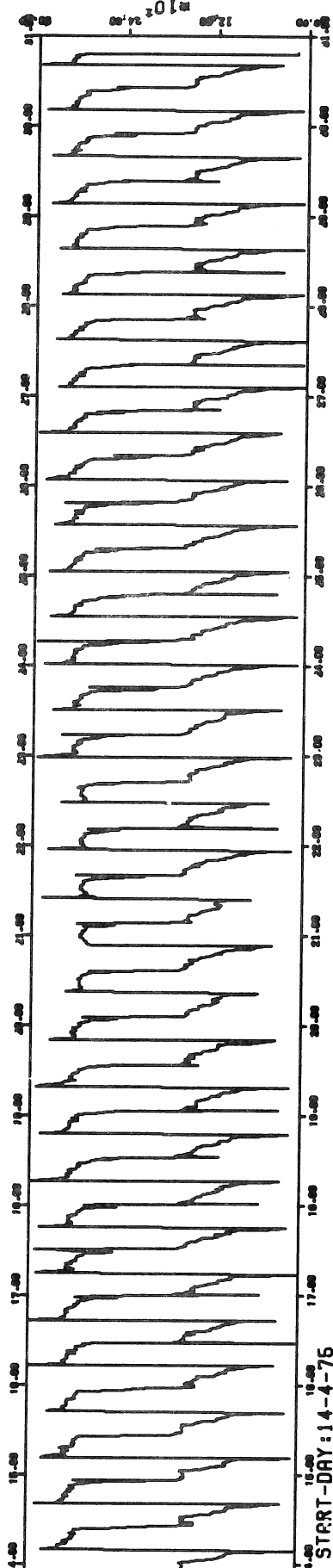
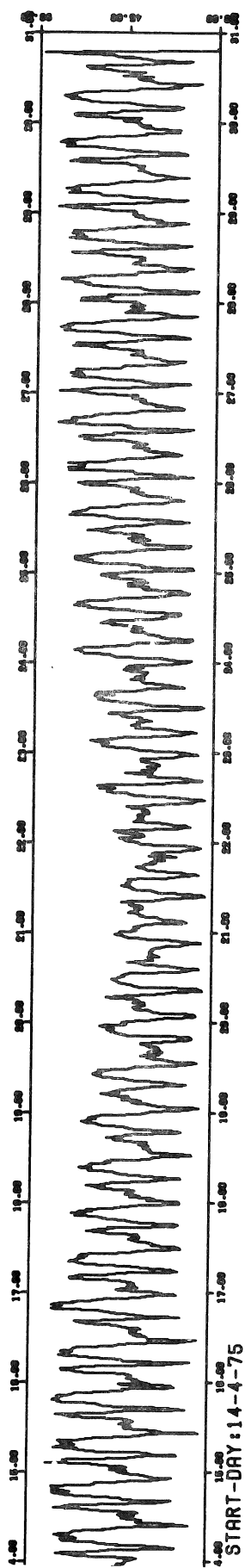


fig. 10a. (fin)

N.B.A. DNC2A PROGRESSIVE VECTOR DIAGRAM

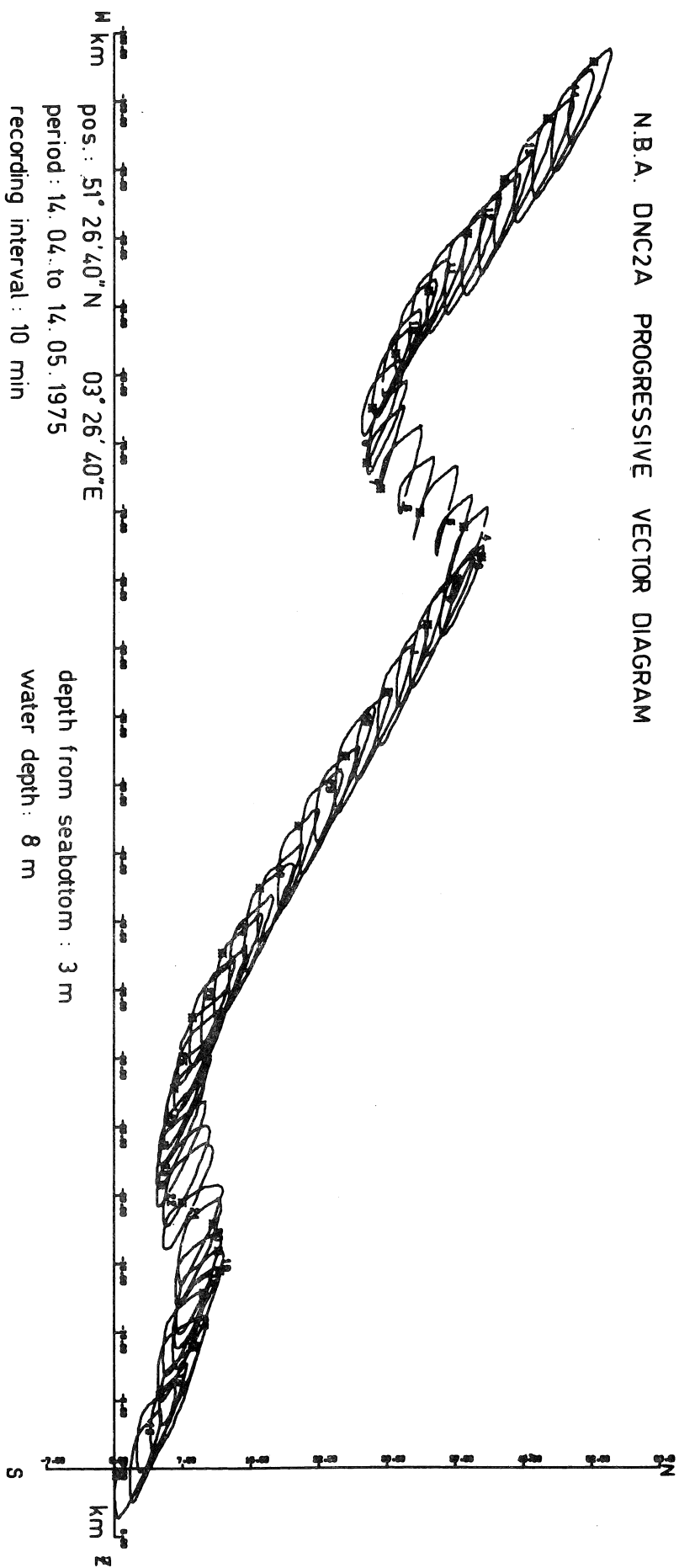


fig. 10b.

DATE : 15.04.1975

recording interval : 10 min

N.B.A. DNC2A TIDAL ELLIPSE

pos.: 51°26'40"N
03°26'40"E

depth from seabottom : 3 m
water depth : 8 m

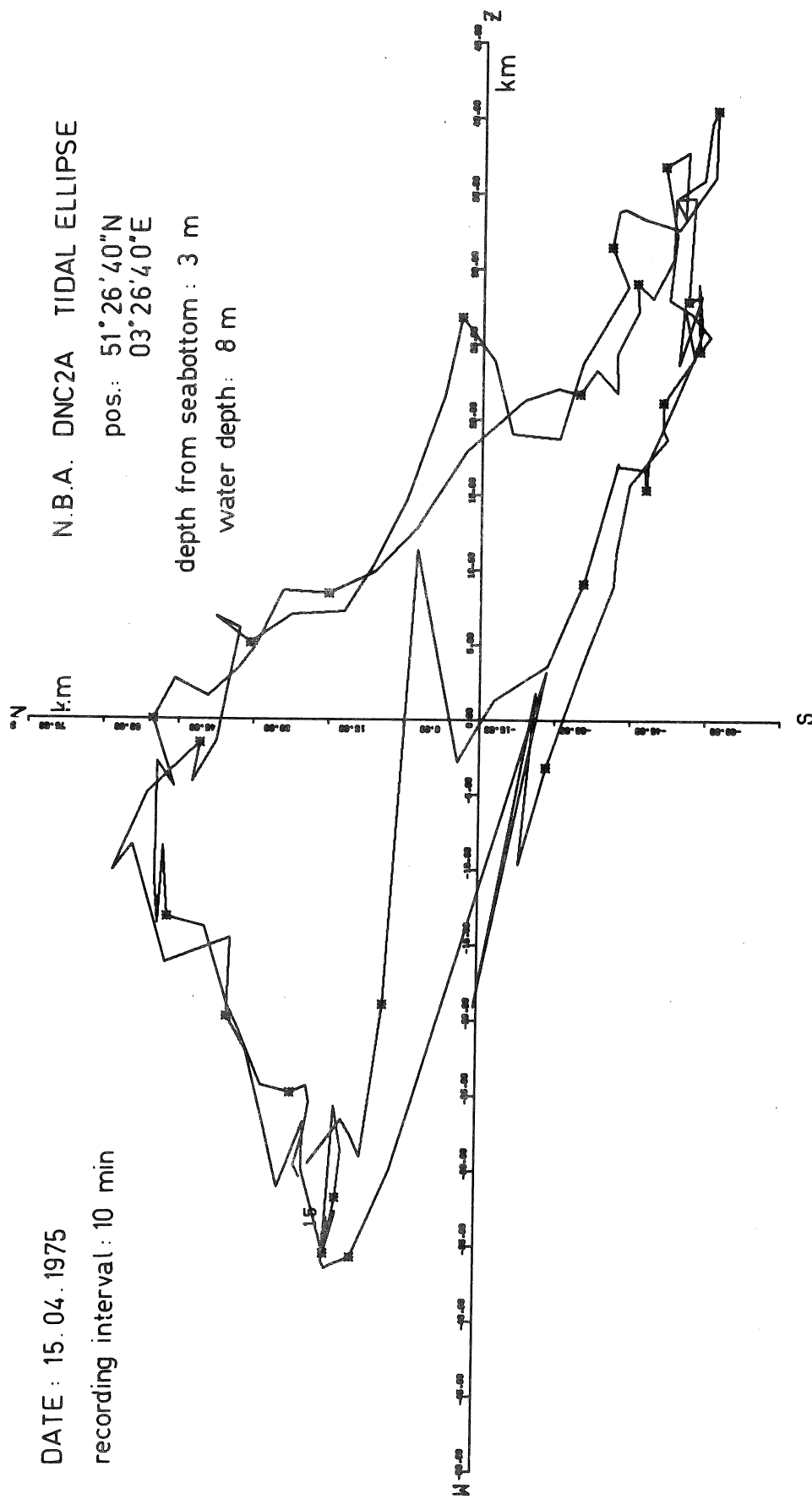


fig. 10c.

N.B.A. - DNC2A pos: 51°21'22" N 03°02'34" E
 period: 02.09 to 16.09.1975 recording interval: 5 min
 depth from seabottom: 2 m water depth: 8 m

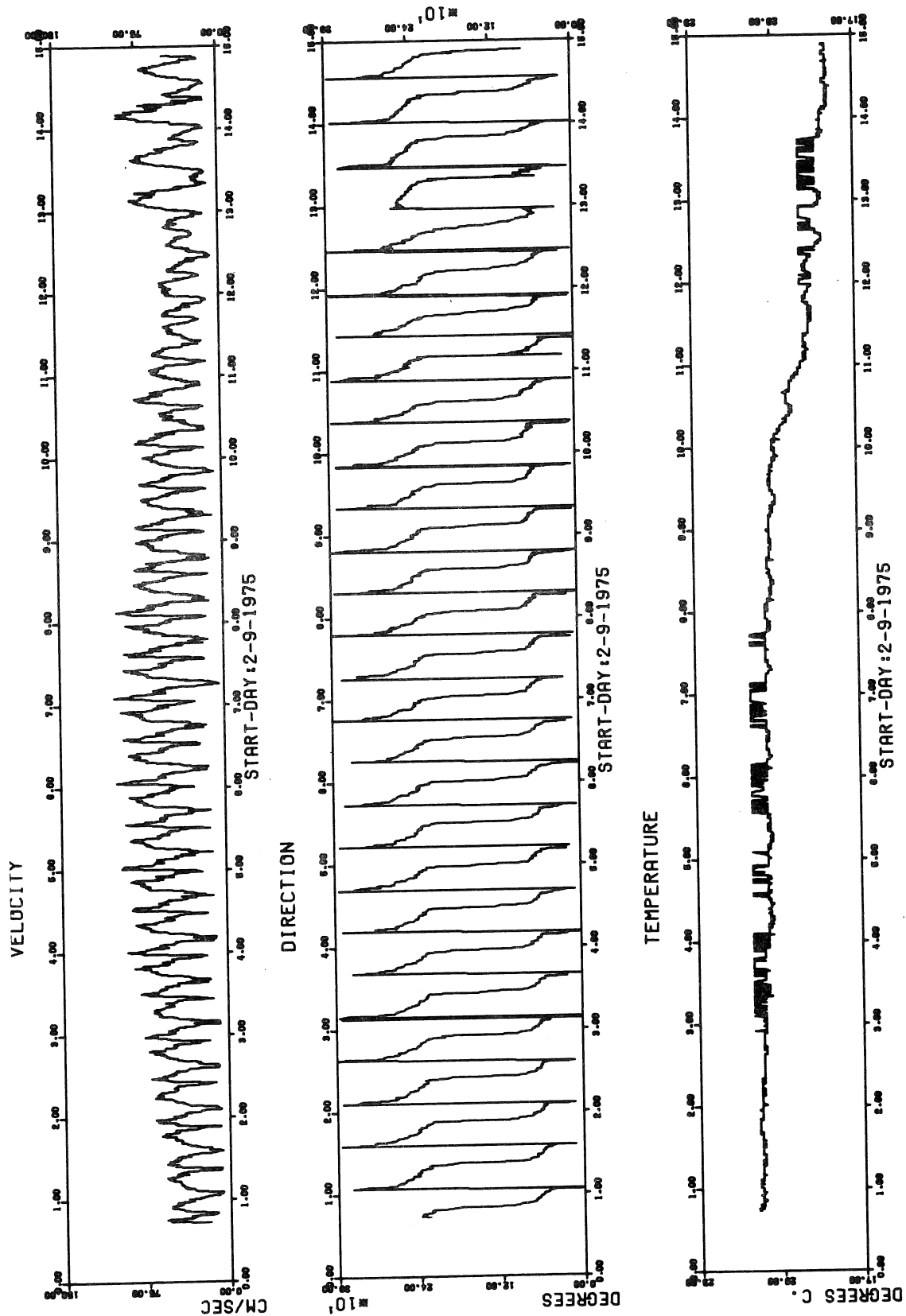


fig. 11a.

N.B.A. DNC 2A PROGRESSIVE VECTOR DIAGRAM
 pos. 51°21' 22" N period: 02.09. to 16.09.1975
 03°02' 34" E recording interval: 5 min
 depth from sea bottom : 2 m
 water depth : 8 m

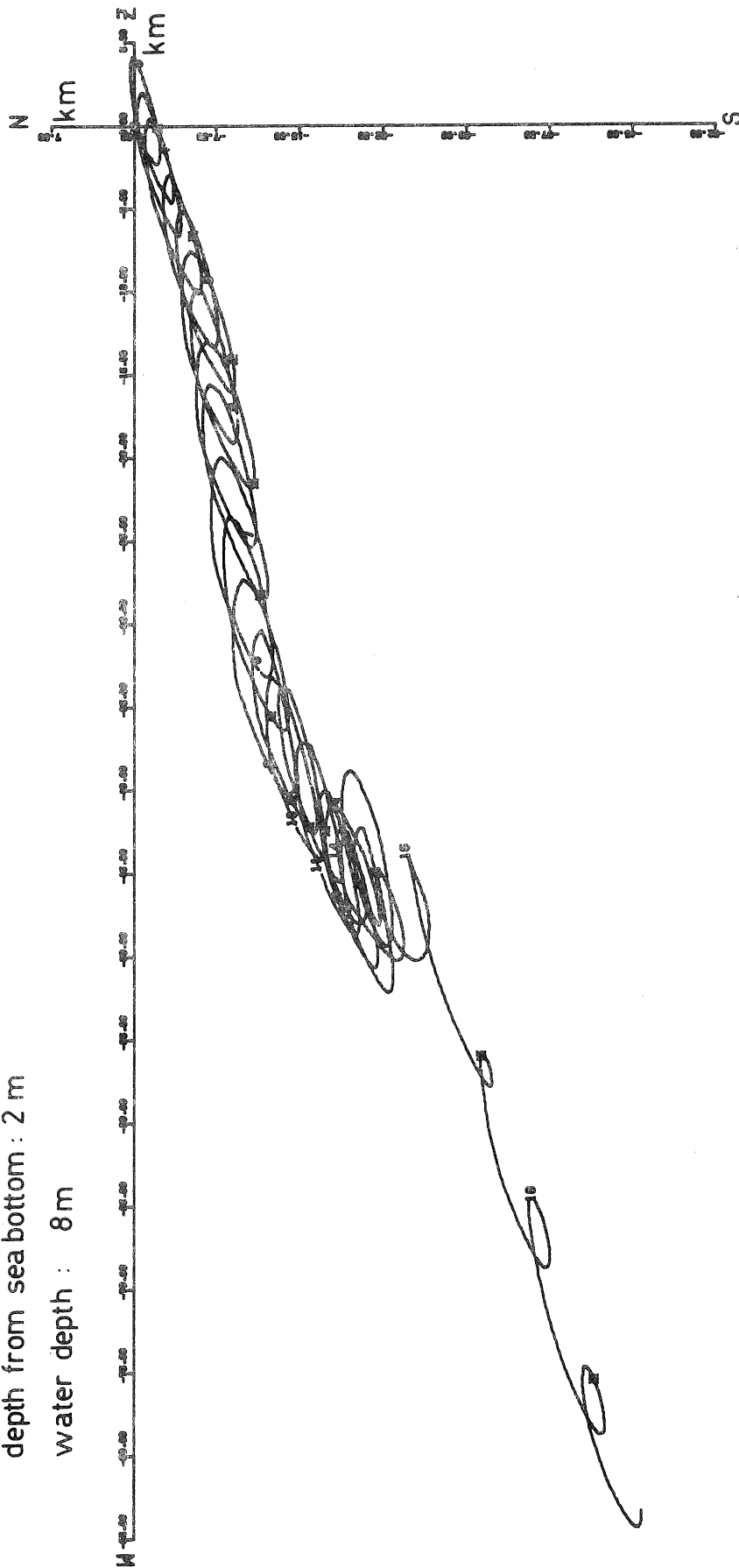


fig. 11b.

N.B.A. DNC 2A TIDAL ELLIPSE

DATE 03.09.1975

pos. 51° 21' 22" N
03° 02' 34" E

recording interval 5 min

depth from seabottom : 2 m

water depth : 8 m

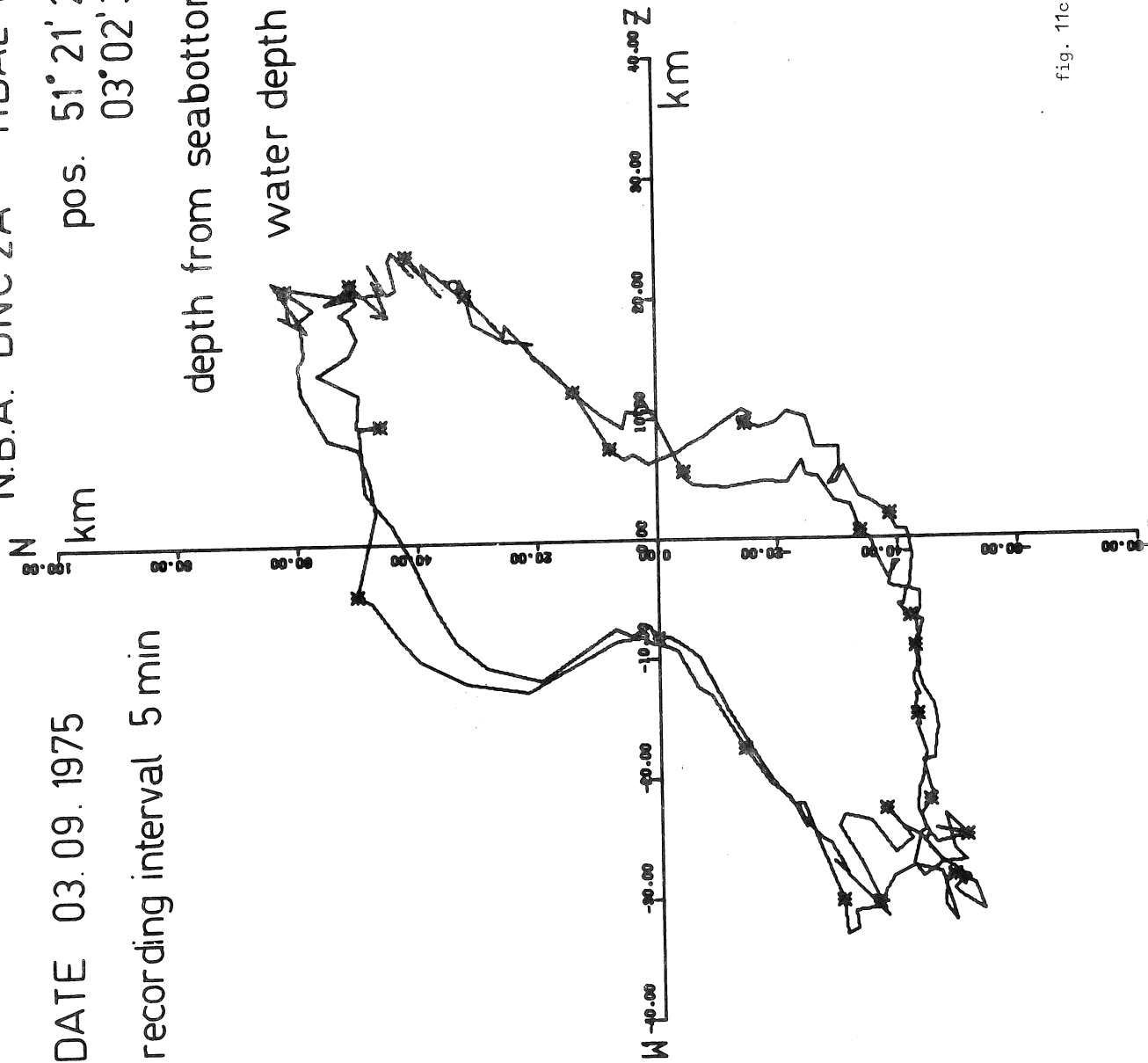


fig. 11c.

Chapitre II

Les bouées océanographiques et météorologiques

La mesure continue des variables océanographiques et météorologiques a nécessité la mise en service de stations de mesures automatiques.

Dès 1971, un groupe de travail créé pour effectuer une étude de marché a examiné les bouées suivantes : Comex (Telem 150, HSB/1 et Borem), Sysna, Selco (type 6, 7, 12 et 17), Simrad (SBI, MET et *satellite commanded*), Hagenuk (UBA et Stamob), LCT (L55), Dornier, General Oceanics et Saclantcen. Il tire les deux principales conclusions suivantes :

1) La demande en bouées scientifiques est rare, irrégulière et géographiquement très dispersée, ce qui va à l'encontre des conditions requises pour le développement industriel, la compétition effective et l'existence d'un marché sain.

2) En dépit d'une publicité considérable, la plupart des bouées n'ont jamais été parfaitement testées.

La bouée que nous souhaitions devait être suffisamment grande et robuste pour contenir en toute sécurité un grand nombre de senseurs très divers, être facilement remarquée par le trafic maritime et pouvoir fonctionner de façon autonome pendant de longues périodes et dans toutes les conditions météorologiques. Le choix s'est porté sur la bouée française SYSNA qui semblait le meilleur compromis entre nos souhaits et le budget qui nous était alloué.

1.- Description de la bouée SYSNA (fig. 12)

Le corps de la bouée Sysna est un disque de 3 mètres de diamètre et de 1,5 mètre de haut. Sa bonne stabilité est encore augmentée par deux ballasts. Le premier, de 900 kg, est fixé au bas de la bouée sous forme de courte ellipse profilée. Le second, de 1500 kg, est suspendu, à 8 mètres sous la bouée, par une ligne de fibre synthétique en forme de V. La chaîne d'ancrage lui est fixée.

Quatre capots, disposés symétriquement sur le pont de la bouée, couvrent les puits cylindriques contenant les *racks* de batteries. Un cinquième capot donne accès au compartiment principal où sont fixés deux *racks* standards (19 pouces) d'un mètre de haut pour l'instrumentation électronique. Bien que cette chambre contienne toute l'électronique, l'émetteur, la panneau de commande et de distribution et quelques batteries sèches, beaucoup d'espace reste encore disponible pour des équipements supplémentaires. Enfin, plusieurs enceintes plus petites mais complètement étanches assurent une réserve de flottabilité en cas d'inondation du compartiment principal.

Le mât tubulaire central de 8 mètres de haut est haubanné par 4 cables en acier inoxydable. Il supporte une structure tubulaire où sont fixés la lampe flash, le réflecteur radar, les antennes et les senseurs météorologiques. Deux aérogénérateurs dont un seul suffit pour garder les batteries à pleines charges, sont fixés à mi-hauteur du mat, pour ne pas perturber les mesures météorologiques.

Le tableau 2 résume les caractéristiques mécaniques. Toutes les précautions ont été prises dans le choix des matériaux pour éviter la corrosion galvanique des parties submergées.

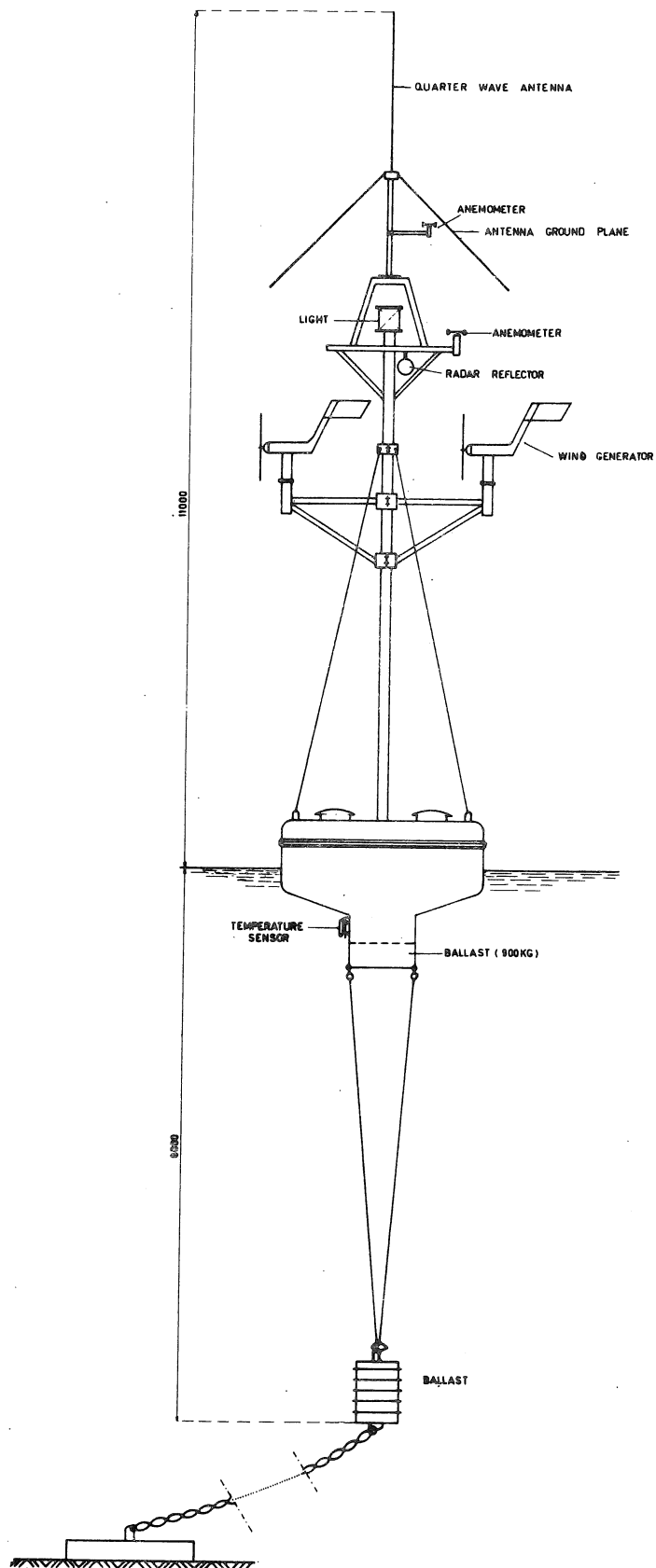


fig. 12.
 La bouée Sysna

Tableau 2

Caractéristiques mécaniques de la bouée Sysna

<u>Mechanical characteristics</u>	
Overall diameter of the float	3,021 mm
Height of the float (including small ballast tail)	2,180 mm
Maximum height inside	1,580 mm
Mast length	8,100 mm
Mast diameter	150 mm
Displacement	2,000 kg
Float volume	10 m ³
Stability	2 t.m
Rolling period	2.8 s
Heave period	1 s
Spare buoyancy (with 1 ton of batteries and equipment)	7 tons
<u>Materials used</u>	
Buoys : AG4MC aluminium alloy, specially resistant to marine corrosion.	
Tubes : AG3 . Cast parts : AS 13 74 . Guys and guy fixings : stainless steel 316 (18/12 Mo).	

2.- Le système d'acquisition de données (D.A.S.)

Il était convenu originellement que la bouée Sysna devait être livrée avec, en outre, certains senseurs océanographiques et météorologiques, le système d'acquisition de données et l'appareil de décodage. Le constructeur s'est finalement désisté et l'électronique désirée n'existant pas ailleurs sur le marché, l'unité d'Ostende a été obligée de développer et de construire, elle-même, un système polyvalent d'acquisition de données (appelé D.A.S. dans la suite du texte).

2.1.- Caractéristiques générales du D.A.S.

La quantité de données, la résolution et la précision exigées impliquent que le D.A.S. placé dans les bouées et la station de réception à terre soient des appareils digitaux. Cette digitalisation des signaux permet une collecte fidèle et un traitement ultérieur efficace des données (fig. 13).

Les senseurs disponibles sur le marché produisent une grande variété de signaux de sortie. Aussi, le D.A.S. doit-il servir de système multiplexeur capable de gérer les signaux, qu'ils soient

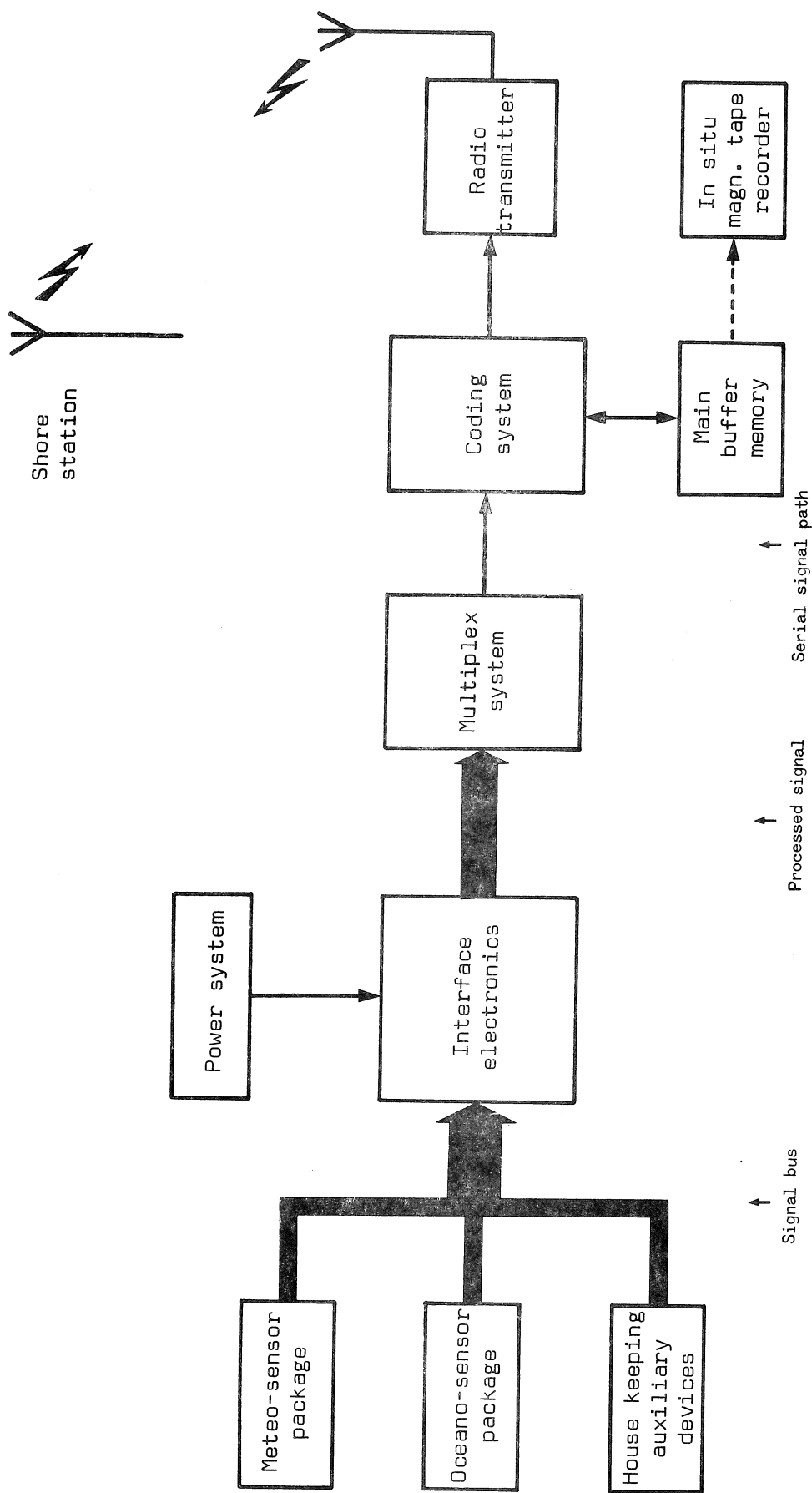


fig. 13.

Le système d'acquisition des données (D.A.S.)

analogiques ou digitaux. L'interrogation des signaux analogiques se fait en utilisant les classiques convertisseurs analogiques-numériques. Mais cette conversion se fait aussi près que possible de la source des signaux, pour éviter tout problème de bruit et réduire au maximum les parasites.

Avant d'être multiplexés, les signaux analogiques sont d'abord traités de telle façon qu'ils correspondent aux possibilités du multiplexeur et du convertisseur numérique. Les senseurs dont la sortie est déjà numérique peuvent éventuellement subir une conversion de code (BCD, Binary, Gray, 2's complement, ...) ou une adaptation à un système logique (TTL, CMOS, ...).

Le temps disponible entre deux mesures successives (notamment pour les séries temporelles de mesures de houle) correspond au taux minimum de transfert des données tandis que le maximum est fixé par le transmetteur (actuellement un émetteur-récepteur VHF) et l'enregistreur *in situ* (Kennedy model 330 cartridge recorder). La transmission des données et leur stockage *in situ* requièrent le choix d'un code efficace et fiable.

Le D.A.S. doit être un instrument "de terrain" robuste et fiable à consommation limitée, compte tenu des problèmes d'alimentation. La précision des mesures ne doit pas être liée aux variations de la température ambiante. Des précautions particulières doivent être prises à l'encontre de l'humidité et du milieu salin.

2.2.- Les circuits intégrés CMOS du D.A.S.

2.2.1.- Description générale

La figure 14 schématise les principales fonctions du D.A.S. et la figure 15 donne un exemple d'un cycle d'interrogation. L'emploi quasi généralisé de circuits intégrés CMOS conduit à une haute fiabilité et réduit fortement la consommation d'énergie.

Les différents senseurs océanographiques et météorologiques ainsi que les unités de contrôle (*housekeeping*) sont interrogés par un multiplexeur extensible à 64 canaux. La version actuelle en possède 32 ,

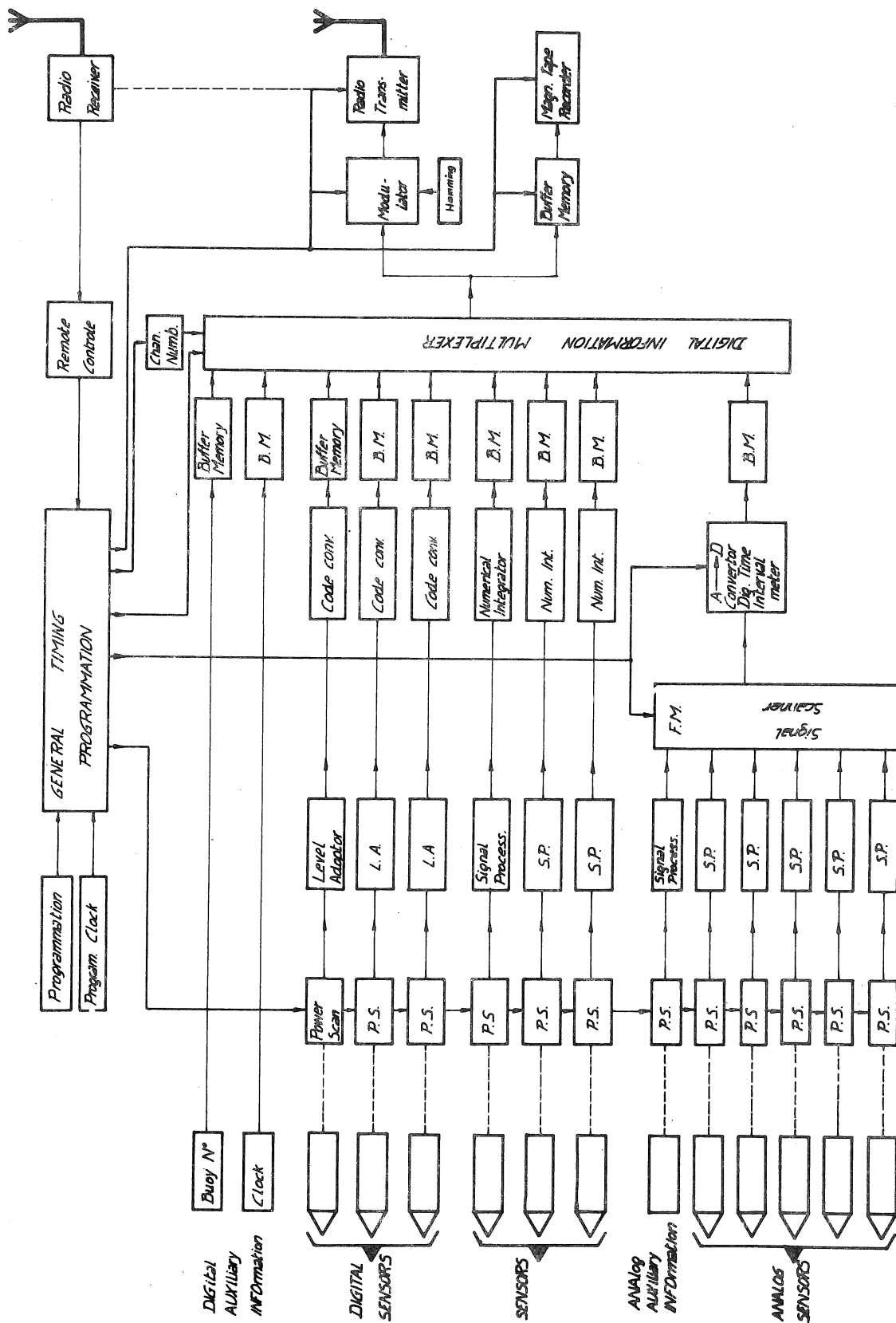


fig. 14.

Système d'acquisition des données CMOS

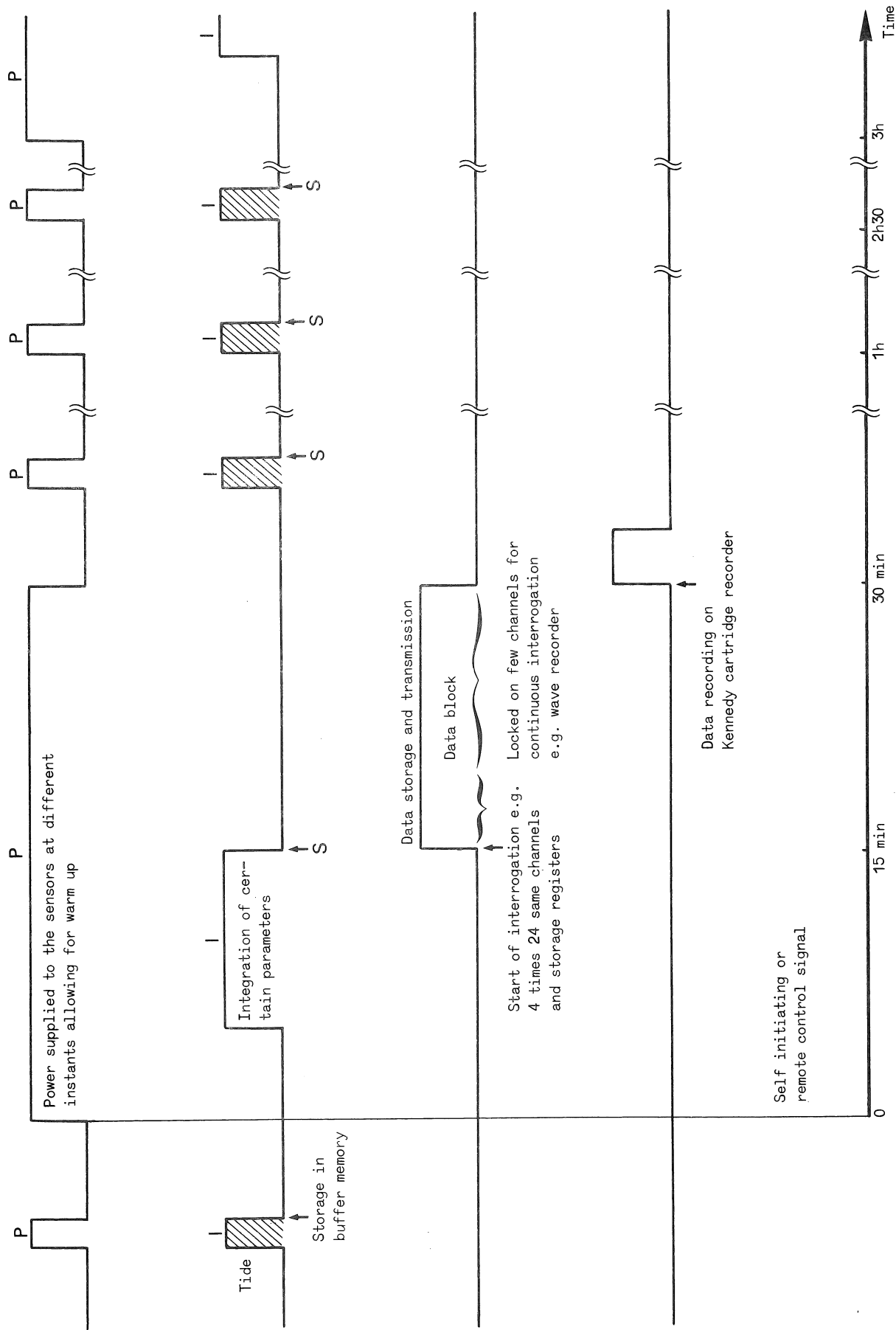


fig. 15.

Cycle de mesure du D.A.S.

répartis en deux groupes : le multiplexeur analogique à 16 canaux suivi d'un convertisseur A-D (*Time Interval Meter*) et le multiplexeur digital à 16 canaux. Une programmation générale fixant le rythme et la fréquence journalière des interrogations contrôle le multiplexeur. Vu l'énergie disponible, la collecte et l'émission continues de données n'est pas possible et l'utilisateur doit choisir un rapport *ON-OFF* d'interrogation accommodant au mieux la consommation d'énergie et le besoin minimum de données précises. L'interrogation peut se faire de deux façons différentes dépendant de l'excitation initiale :

- suivant un mode synoptique : où la collecte de données est enclenchée par une horloge et où leurs acquisition, décodage, émission et stockage s'effectuent à des intervalles de temps réguliers et préalablement fixés;

- suivant un mode télécommandé, où la collecte est mise en route par un signal émis de la station à terre.

De plus, le système d'acquisition permet, entre deux émissions, d'intégrer certains signaux, d'effectuer certaines mesures continues ou de stocker certaines valeurs caractéristiques jusqu'au moment où elles sont envoyées en bloc à la station côtière.

Un *scanner* de puissance, consistant en une série de relais couplés optiquement est chargé de fournir aux senseurs la tension d'alimentation adéquate. La séquence de *scanner* dépend de la durée d'interrogation du senseur et du temps de chauffe nécessaire. Cela permet de réduire fortement la consommation d'énergie, le *cross talk* sur les câbles et la dérive due au *self-heating*.

Des interfaces appropriées adaptent les différents signaux d'entrée, effectuent l'intégration numérique de certains paramètres, enregistrent le temps des mesures, etc. Les informations digitales sont transformées par le modulateur en code "*Pulse Length*" puis envoyées directement à l'entrée de l'émetteur à modulation de phases.

Dans certains cas (par exemple lorsque la station de réception est très éloignée), les données peuvent être stockées dans une mémoire tampon CMOS et ensuite stockées sur un enregistreur digital "*Kennedy*"

cartridge". Enfin, par un signal d'excitation émis de la station de réception, cette mémoire tampon peut être interrogée et son contenu transmis.

Le tableau 3 résume les caractéristiques techniques du D.A.S.

Tableau 3

Caractéristiques techniques du D.A.S.

- | |
|---|
| <ol style="list-style-type: none">1) <u>Multiplexer</u> : 16 analog and 16 digital channels<ul style="list-style-type: none">- Single channel repeat selector for testing and calibration- Interrogation speed : .1 , .2 , .5 , 1 , 2 , 5 , 10 channels/s- Interval between cycles : continuous , 20' , 1 h , 3 h , 6 h , 1 day2) <u>Analog to Digital Converter</u> (Time Interval Meter)<ul style="list-style-type: none">- Accuracy : 10^{-5} Hz- Full scale resolution : 10^{-6}3) <u>Input Signals</u><ul style="list-style-type: none">- Frequency modulated a.c. or pulses (standard 1 V min. amplitude)- D.C. : 0-10 mV , 100 mV , ± 1 V , ± 5 V , ± 10 VInput impedance > 100 kohm (1 M)Accuracy > .1 %- Digital : Standard B.C.D. coded parallel or serial inputs4) <u>Output Signals</u><ul style="list-style-type: none">- Serial B.C.D. "8.4.2.1." code 40 bits/channel- Digit 1 : word separation, 2 : sign, 3 & 4 : channel # ,5-10 : measurement- Modulator : Hamming code, 40 parity bits added (80 bits/channel)5) <u>Power Requirements</u> (D.A.S. only, without CMOS memory, transmitter, recorder)<ul style="list-style-type: none">- Main electronics + 15 V : 100 mA , - 15 mA : 20 mA- Power scan + 15 V : 10 mA/relay- Voltage to period convertor : ± 15 V , 10 mA6) <u>Dimensions</u><ul style="list-style-type: none">- Main electronics and standard interfaces : two 19" racks, 4 units high each7) <u>Environmental</u><ul style="list-style-type: none">- Operating temperature range : - 5 °C to 40 °C- Humidity : a completely sealed compartment for 4 racks is used |
|---|

2.2.2.- Traitement des signaux

Suivant la nature d'un senseur donné, le signal de sortie est analogique ou digital.

S'il est digital, l'information est stockée dans une petite mémoire tampon, sous forme B.C.D. éventuellement, après une adaptation de niveau et une conversion de code. Ce stockage peut se passer durant

le cycle de mesures, ou avant, fournissant de cette manière des mesures instantanées ou intégrées.

S'il n'est pas présent sous forme digitale, le signal est transformé en un signal modulé en fréquence au moyen d'une électronique classique dont les principales qualités requises sont la fiabilité, la précision et la faible consommation d'énergie. Une fois présent sous forme F.M. le signal peut être digitalisé de deux façons différentes suivant que la mesure doit être intégrée ou non. Si la donnée doit être intégrée, la conversion analogique-digitale se fait par une mesure de fréquences dont la résolution dans le temps dépend des desiderata de l'utilisateur. Chaque résultat est ensuite stocké dans une mémoire tampon identique à celle des données digitales. Cependant, la souplesse du système permet de garder cette donnée disponible pour l'interrogation instantanée, par exemple pour la production de séries temporelles. Si la donnée ne doit pas être intégrée, le signal passe par un multiplexeur analogique à 16 canaux, immédiatement suivi par un mesureur d'intervalle de temps. Le résultat est momentanément stocké dans une mémoire tampon. Le taux d'échantillonnage de ce mesureur d'intervalle de temps est synchrone avec la fréquence de *scanning*.

L'information de chaque canal analogique est maintenant disponible dans la mémoire tampon. Une fois que l'horloge met en route un cycle de mesures, le contenu des mémoires tampon est sous contrôle du multiplexeur digital, transféré en séries vers l'encodeur Hamming et le modulateur.

Si des canaux analogiques doivent être interrogés, le multiplexeur digital reste bloqué sur la mémoire tampon relative au mesureur d'intervalle de temps et passe donc le contrôle du *scanning* au multiplexeur analogique. En plus, le multiplexeur analogique lui-même peut être bloqué sur certains canaux pendant une durée programmable. Les données disponibles en BCD série après le multiplexeur sont affectées d'un numéro de canal puis stockées dans une mémoire tampon CMOS. A la fin de l'interrogation, les données sont alors stockées en bloc sur l'enregistreur Kennedy.

Avant ou après enregistrement *in situ*, la série de données est envoyée dans un encodeur Hamming qui est un générateur de bits de parités permettant la détection et la correction automatiques des fautes à la station de réception. La sortie de l'encodeur Hamming est envoyée au modulateur où la série d'informations est transformée en code P.C.M. puis connectée à l'entrée de l'émetteur.

Le bloc de données enregistrées et/ou transmises, correspondant à un cycle de mesures consiste, dans la version actuelle, en 4 interrogations successives des 32 canaux suivies de l'interrogation continue de 1 à 4 canaux fixés (par exemple la houle et la vitesse du vent) pendant un temps déterminé (par exemple 10 minutes). Le tableau 4 donne à titre d'exemple un aperçu des blocs de données émises lors des mouillages Sysna II (mars 1975) et Sysna III (août 1975).

Tableau 4

Blocs de données émises pendant les mouillages Sysna II et III

Digital channels 1-8 , 25-32	
Analog channels 9-16	
Continuous interrogated channels I-IV analog	
Channel 1	Data station #
2	Data block #
3	# of days
4	Elapsed time clock
5	Integration time
6	Conductivity (1' INT)
7	Incident radiation (1' INT)
8	not used
9	Flood alarm
10	Aerogenerator current I
11	Aerogenerator current II
12	Battery voltage
13	DC/DC voltage
14	Buoy temperature
15	Air temperature I
16	Air temperature II
Channel 17	Water temperature I
18	Water temperature II
19	Barometric pressure
20	Idem
21	not used
22	not used
23	V-P mercury test
24	N.B.A. wind speed inst.
25	Friedrich wind speed (10' INT)
26	N.B.A. wind speed (10' INT)
27	VAWM COSINE (10' INT)
28	VAWM SINE (10' INT)
29	VAWM rotor count (10' INT)
30	not used
31	not used
32	not used
Channel I 128 continuous interrogations of N.B.A. anemometer	
Channel II-IV 128 continuous interrogations of Datawell wave recorder	

3.- Installation embarquée de transmission des données

Comme, dans la phase actuelle de préparation, la distance entre station de réception et station de mesure est relativement réduite (de l'ordre de 50 milles maximum), la transmission se fait par un émetteur transistorisé de faible puissance (10 à 20 W) travaillant dans la bande V.H.F.

Le tableau 5 résume les caractéristiques techniques des émetteurs-récepteurs.

Tableau 5

Caractéristiques techniques de l'émetteur-récepteur

Transmitting frequency	31.850 MHz temporarily will be allocated in the IOC/WMO band for buoys
RT output power	10 watts (20 W used at shore station)
Modulation	Phase modulation
Encoding	P.C.M. with 2000 Hz - 10 kHz subcarrier
Antenna	Quarter wave fibreglass whip and ground planes
Range	50 miles
Dimensions	19" rack, 4 units high
Weight	3 kg
Power requirements	24 V DC 20 % transmission 2 A receiving .1 A

4.- Enregistrement *in situ* sur bande magnétique

Il peut arriver que les expériences scientifiques exigent des mesures continues, impossibles à transmettre pour des raisons énergétiques ou que la transmission elle-même soit mauvaise (parasites, ...) ou impossible (pannes des émetteurs-récepteurs, bris d'antennes, ...). Il faut donc pouvoir enregistrer les données *in situ* sur un enregistreur à bandes magnétiques. Ces données obtenues en très grande quantité compte tenu de la mesure continue de la houle et de l'autonomie de la bouée (six semaines minimum) requièrent un enregistreur digital fiable à grande capacité. Le choix s'est porté sur l'enregistreur Kennedy cartridge modèle 330 à taux de transfert de 40K par seconde, à densité d'enregistrement de 1600 BPI, et dont les spécifications sont résumées au tableau 6.

Tableau 6

Spécifications de l'enregistreur Kennedy modèle 330

Cartridge type	3M, DC300A Isoelastic Data Cartridge
Tape width	0.25 inch, 1.0 mil
Tape length	300 feet
Recording density	1600 bpi
Number of tracks	1, 2 or 4
Recording head	Dual gap read-after-write with separate erase bar for each track
Record format	Single track, phase encoded
Record mode	Single track serial
Normal tape speed	25 ips
Rewind/search tape speed	90 ips nominal
Start/stop time	at 25 ips, 30 ms \pm 1 ms; at 90 ips, 120 ms nominal
Start/stop displacement	at 25 ips, 0.38 inch; at 90 ips, 5.4 inches nominal
Transfer rate	40,000 bits per second
Instantaneous speed variation	\pm 3 percent
Long term speed variation	\pm 1 percent
Write	Serial - forward direction only
Read	Bidirectional
Power requirements	+ 5 V dc at 1.0 amp \pm 15 V dc at 0.2 amp \pm 24 V dc at 6 amps peak
Interface	DTL/TTL low true
Weight	7 pounds
Dimensions	6.5 inches wide, 4-3/4 inches high, 12 inches deep

Après chaque interrogation, les données sont à la fois transmises par radio et stockées dans une grosse mémoire tampon pour être ensuite enregistrées en blocs sur le Kennedy. Cette mémoire donne la possibilité de transmettre, sous l'impulsion d'un signal émis par la station à terre, le dernier bloc de données enregistrées.

Les interfaces nécessaires entre le D.A.S., la mémoire tampon et l'enregistreur (fig. 16) ont été développés en coopération avec le bureau d'études électroniques Countach. Un microprocesseur assure la supervision des différentes fonctions. Un circuit *standby* permet de mémoriser en toutes circonstances certaines fonctions comme la numérotation des pistes et des blocs. La mémoire centrale comprend deux parties : la mémoire centrale d'une contenance maximum de 4 k bytes de 48 bits par byte et le contrôleur de mémoire qui règle automatiquement les fonctions lecture, écriture dans la mémoire.

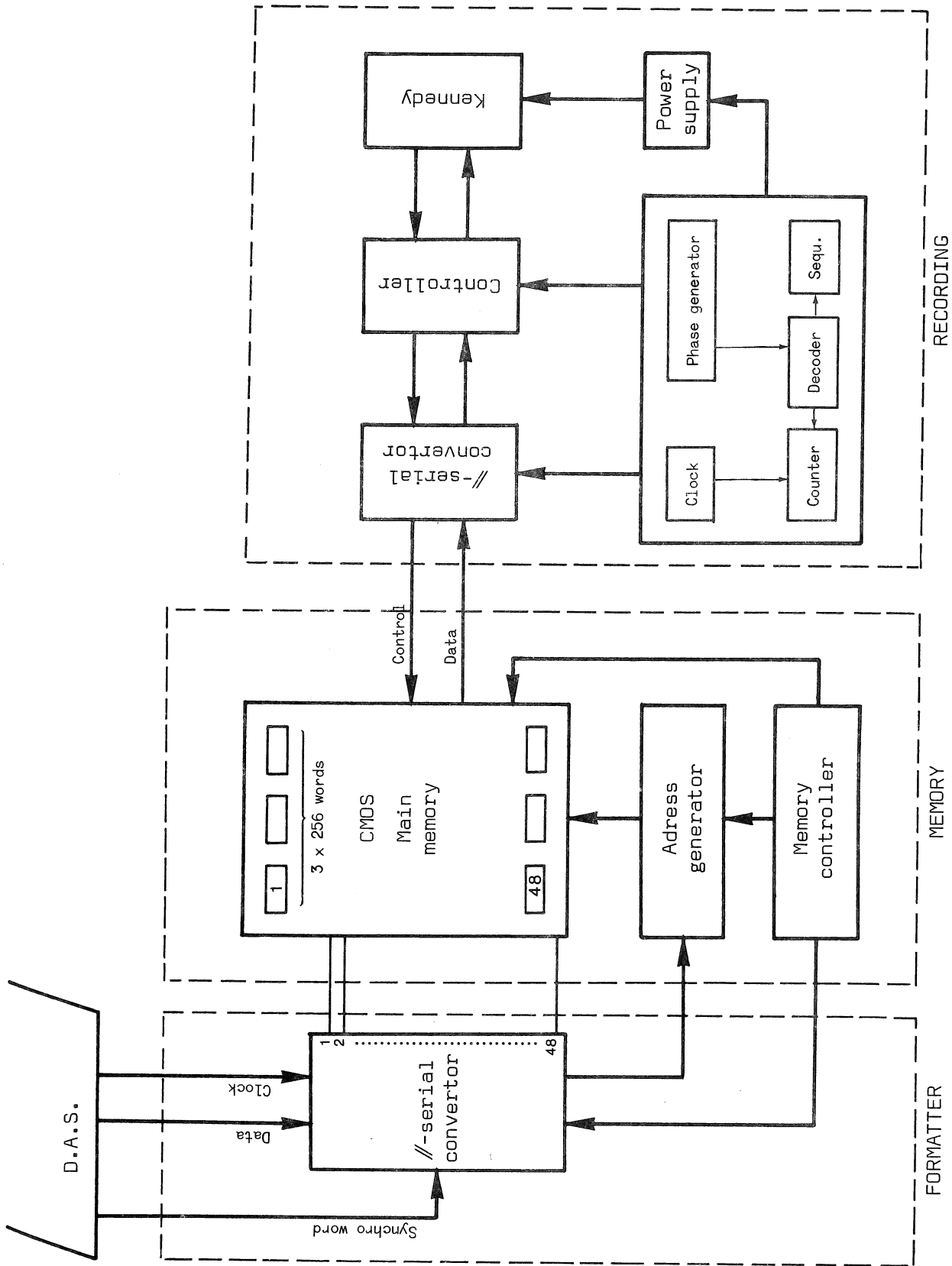


fig. 16.
L'interface Kennedy - D.A.S.

L'unité de commande de transmission règle l'émission des données à partir de la mémoire centrale soit par télécommande soit après enregistrement sur le Kennedy. L'interface *tape drive* commande les différents signaux, les adaptant à l'enregistrement. Le tout tient dans deux *racks* de 19 pouces.

La consommation, fortement réduite par l'emploi de la mémoire CMOS, dépend du stockage des données et des éventuelles retransmissions.

5.- Senseurs océanographiques et météorologiques

5.1.- Critères requis des senseurs

Le choix des senseurs océanographiques et météorologiques est lié à l'obligation de réaliser des mesures automatiquement à partir de stations autonomes en mer et de rendre ces données rapidement disponibles.

De dimension relativement réduite, ces senseurs doivent encore être robustes, étanches et résistants à la corrosion. Travaillant automatiquement, ils ont à fournir une grandeur électrique dont les qualités requises sont la dérive nulle, la stabilité à long terme et l'échauffement nul.

Comme l'énergie est fournie par des batteries rechargeables, ils doivent être alimentés, si possible, en tension continue et consommer le moins possible.

La confection d'une interface économique avec le D.A.S. dépend du niveau du signal, de la précision et la résolution désirées, de l'impédance d'entrée, de la variation à fond d'échelle et des spécifications de l'alimentation.

5.2.- Les senseurs météorologiques (tab. 7)

5.2.1.- Le vent

La mesure de la vitesse du vent se fait au moyen d'anémomètres "3 cups" de deux types différents : le Friedrich 40311 et le Munro

Tableau 2
Senseurs météorologiques

Parameter	Manufacture	Principle of operation	Range	Accuracy	Output signal	Interface	Remarks
Wind speed 10 m above sea-level	Friedrich	3 cups assembly coupled to an inductive interrupter	.3 - 60 m/s	.2 m/s	Square pulses	Pulse shaper	10' integration for mean value
	Munro N.B.A.	3 cups assembly coupled to an optically interrupter	2 - 90 kn	± 1 kn	Square pulses	Pulse shaper	10' integration and vector averaging
Wind direction	Munro N.B.A.	Vane coupled to a 7 bits Gray optically encoded disc	360°	± 2.8°	7 bits Gray code	Hatch code convertor vector summation	10' integration with R.O.M. addressing for sine and cosine values
Compass	N.B.A. (A.M.F.)	Magnetic 7 bits Gray optically encoded disc	360°	± 2.8°	7 bits Gray code	Summation with wind vane angle	Idem as above
Barometric pressure	M.B. Gilmore	Strain gage full bridge	900 - 1100 mb	± .25 % ± .02 %/°C	(10 mV) 5 V	(chopped amplifier) V-P convertor	Calibrated at the pressure room of the Royal Meteorological Institute, Brussels
Air temperature 1 & 10 m above sea-level	Selfmade	UJT oscillator with thermistor	- 10 °C to + 30 °C	estimated ± .1 °C	F.M. pulses	Pulse shaper	Calibration curve necessary
Incident radiation	Kipp & Zonen	Photosensitive cell	3×10^{-7} m to 2×10^{-6} m	depending on cleaning of glass hemisphere	15 mV	Chopped amplifier V-P convertor	1' integration minimum (Photo diode sensor in development)

IM 204 MK4. Pour le premier, les impulsions sont formées par une rotation dans un champ inductif mécaniquement couplée à celle des trois "cups". Le second, amélioré par la firme N.B.A. consiste en un système d'impulsions optiques.

La direction du vent est donnée par une vanne Munro IM 205 MK4 couplée à un compas magnétique NBA encodé optiquement.

Les valeurs instantanées de la vitesse et la direction du vent ne sont pas très significatives, à cause du mouvement de la bouée elle-même. Il est donc nécessaire non seulement de prendre les valeurs moyennes de la direction et la vitesse sur une période de données mais encore de calculer leurs moyennes vectorielles. Les détails techniques de cette procédure ont été exposés par Pollentier *et al.* (1974). En résumé, la direction du vent est échantillonnée chaque fois que l'anémomètre a compté 20 impulsions, ce qui correspond à un déplacement d'air de 3,08 m. A chaque échantillonnage, ce vecteur unitaire est projeté sur les axes nord et est et à la fin de l'intégration, il est aisé d'exprimer le déplacement de l'air et la direction en fonction de la somme des composantes nord et est de tous ces vecteurs unitaires.

5.2.2.- La pression atmosphérique

La pression atmosphérique est prise par un senseur de pression M.B. Gilmore *full bridge strain gage*. Lors des premiers mouillages, le senseur employé avait une sortie de 10 m V.F.S. Malheureusement, la dérive en température de l'interface était considérable et donc les données fournies non valides.

Depuis, on a développé une interface de 10 mV et acquis un senseur à sortie de 5 V.F.S. L'interface avec le multiplexeur analogique consiste en un convertisseur "V to P".

5.2.3.- La température de l'air

Le senseur de température, construit à l'unité d'Ostende, est simplement un circuit oscillateur U.J.T. dont l'élément sensible est un thermistor (Fenwal). Le signal de sortie est une suite d'impulsions dont la période varie avec la température.

Comme le signal n'est pas linéaire, une courbe de calibration correspondant à chaque senseur est stockée sur ordinateur et est utilisée par les programmes de transformations des données en valeurs réelles (°C) .

5.2.4.- La radiation solaire

La dérive des senseurs de température de l'air observée lors des premiers mouillages était probablement due à la radiation solaire. Pour tester cette hypothèse, un senseur très simple constitué d'une LDR fut monté sur la bouée. Comme ce senseur atteignait rapidement son plateau de saturation et que les expériences scientifiques exigeaient des mesures très précises de la lumière, notamment pour la photosynthèse, il fut remplacé par un albedomètre KIPP dont la cellule photoélectrique mesure la lumière incidente et réfléchie dans un intervalle de longueur d'onde allant de 3×10^{-7} à $2,5 \times 10^{-6}$ m . Le signal de sortie de 10 m volt F.S. est renforcé par un amplificateur "chopped" et ensuite transformé en un train d'impulsion F.M. par un convertisseur standard.

5.3.- Les senseurs océanographiques (tab. 8)

5.3.1.- Les vagues

La hauteur et la période des vagues est mesurée sur la bouée Sysna par un *Datawell Heave Sensor*. La forme et les dimensions de la bouée Sysna sont telles qu'elle peut convenablement suivre les mouvements de la surface de l'eau. Aussi, la mesure des vagues effectuée par le Datawell consiste en une mesure de l'accélération verticale qui est ensuite intégrée 2 fois électroniquement. Les séries continues de mesures prises à une fréquence minimale d'un hertz permettent de calculer aisément le spectre des vagues.

5.3.2.- La température de l'eau

La mesure de la température de l'eau s'effectue avec un senseur identique à celui utilisé pour la température de l'air.

Tableau 8

Senseurs océanographiques

Parameter	Manufacture	Principle of operation	Range	Accuracy	Output signal	Interface	Remarks
Waves	Datawell Heave Sysna buoy	Twice integrated accelerometer	± 10 m	2.5 % ± 3 cm	DC ± 10 V	Voltage to period conv.	5' integration interrogation frequency 1 Hz minimum
	Baylor wave staff	2 wire rope inductive	50 feet	.5 %	DC 5 V	Idem	Idem as above
Water temperature	Selfmade	UJT oscillator with thermistor	0 - 20 °C	$\pm .1$ °C	F.M. pulses	Pulse shaper	Calibration curve necessary
Salinity	Plessey	Measure of seawater conductivity by induction	10 - 40 ‰	$\pm .03$ %	F.M. 4995 - 7900 Hz	Pulse shaper	Intercalibration with a Beckman lab salinometer

5.3.3.- La salinité

La salinité est donnée par une mesure de la conductivité de l'eau de mer. Le senseur employé est un conductivimètre Plessey dont le signal de sortie est modulé F.M. et intégré pendant une minute.

6.- Alimentation en énergie

Les balises, le système d'acquisition de données, les senseurs et leurs interfaces, l'installation d'émetteurs-récepteurs embarqués doivent être alimentés par un système central. Les tensions nécessaires sont $\pm 24 \text{ V} \pm 20 \%$, ainsi qu'une série de tensions dérivées. L'énergie nécessaire est fournie par deux aéro-générateurs Aérowatt type 24FP7 (24 V, 1 Ampère). A cause de leur production irrégulière, ces générateurs sont tamponnés dans un ensemble de batteries de $\pm 24 \text{ V}$. Ces batteries sont de type cadmium-nickel, et ont une puissance de 185 Ampères/heure (KAP 18).

Une certaine quantité d'Ampères/heure de ces batteries est consommée en fonction des besoins totaux en énergie et compte tenu d'une possibilité d'une période de temps calme pendant plusieurs jours. La tension des batteries peut varier au cours du temps, si bien qu'il faut prendre des précautions contre la surcharge (électrolyse) et la sous-charge (énergie insuffisante pour l'alimentation des balises). Le D.A.S. est alimenté en $\pm 18 \text{ V}$ via un ensemble de convertisseurs DC/DC. Un schéma général de l'alimentation en énergie est donné (fig. 17).

7.- La station de réception à terre (fig. 18)

7.1.- La station d'émission-réception

La station de réception située à Ostende démodule les signaux reçus et les décode dans la forme digitale originale, tout en détectant les fautes de transmission.

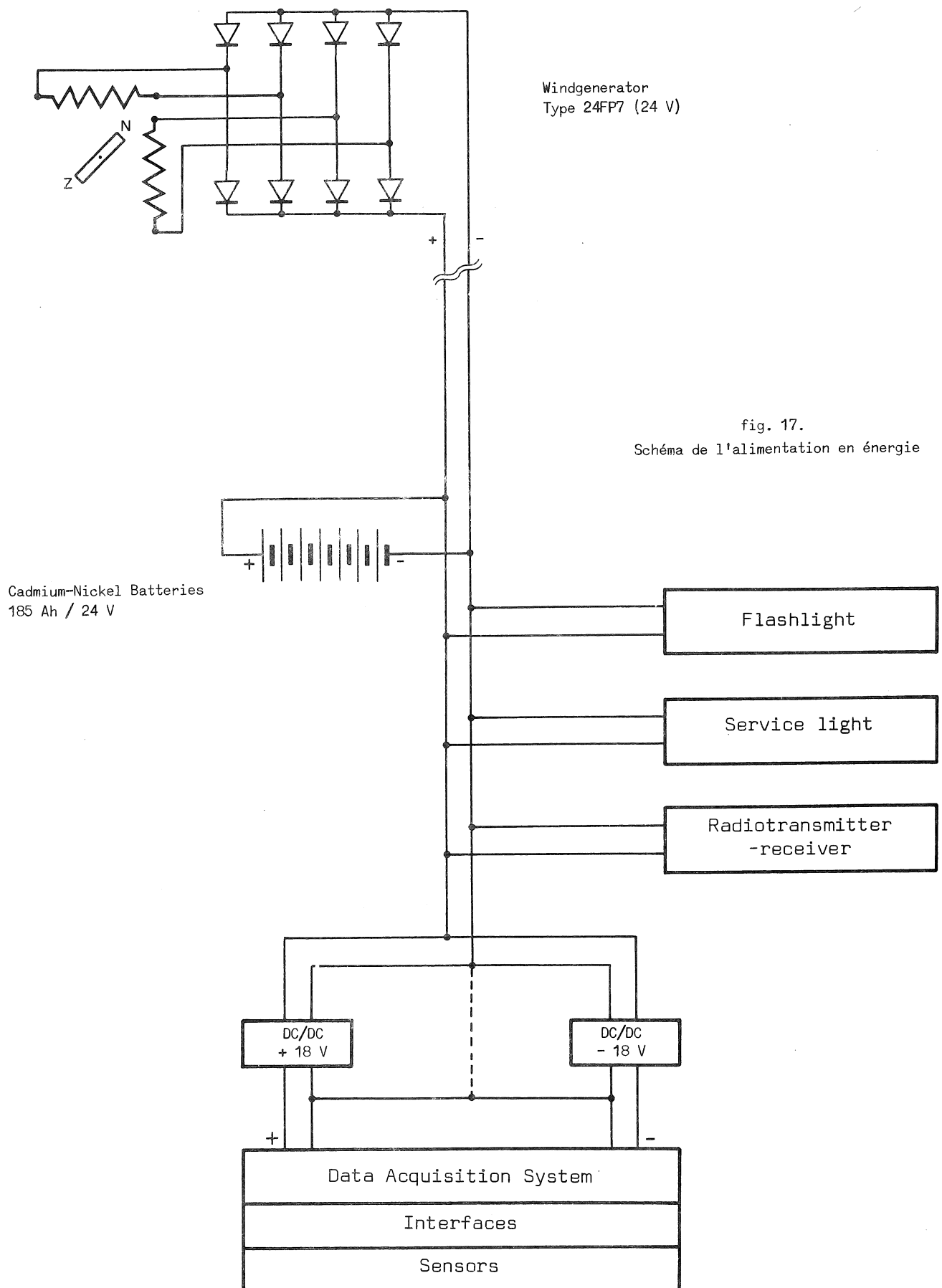


fig. 17.
Schéma de l'alimentation en énergie

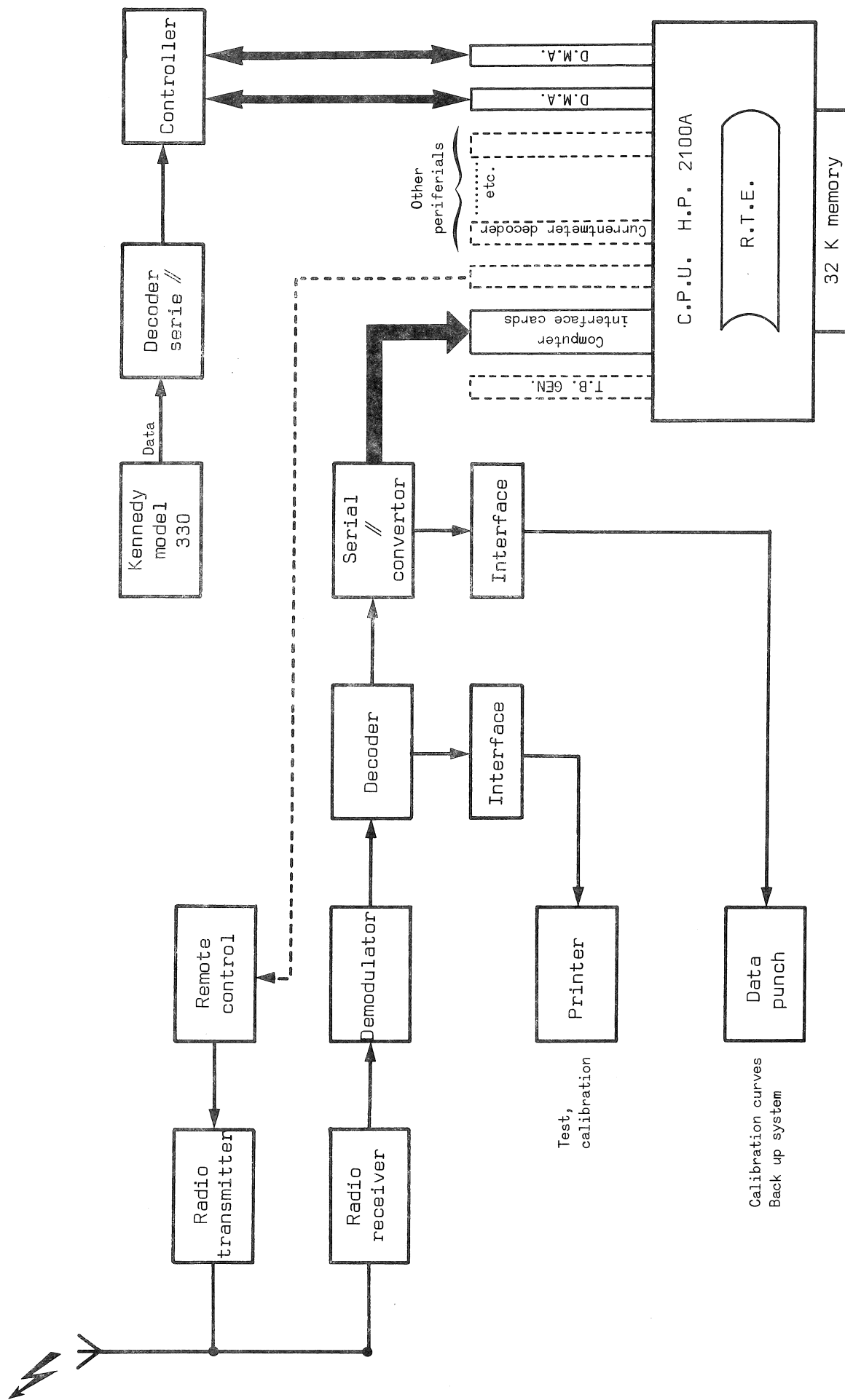


fig. 18.
Station de réception à terre

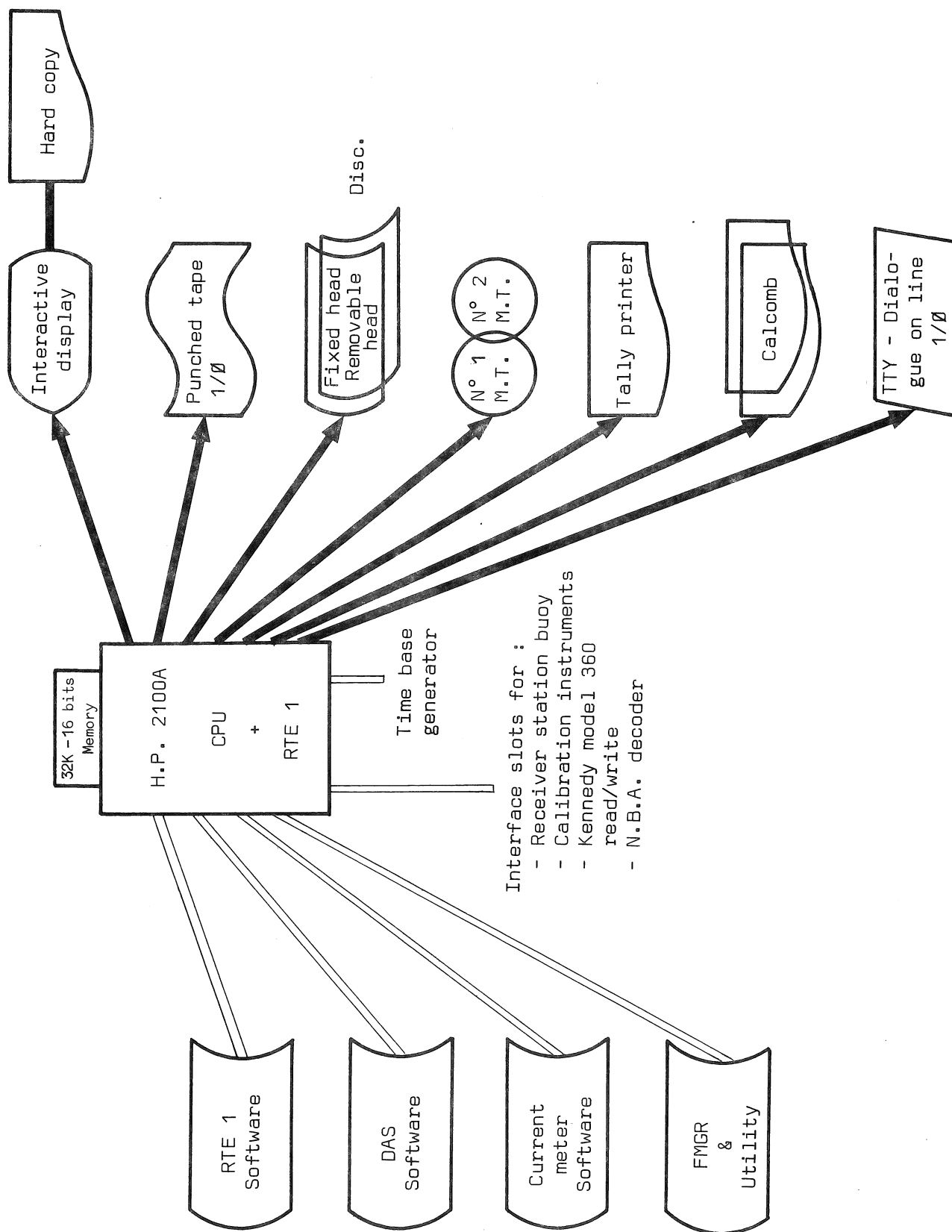


fig. 19.

Après une transformation série-parallèle, les données sont conduites, via une interface standard H.P. à un ordinateur travaillant en temps réel (*Real Time Executive* : R.T.E.) et décrit par la figure 19.

Pour les travaux de tests et de calibration, une imprimante et un perforateur sont disponibles avec interfaces *offline*. Ce perforateur sert également de système de réserve, lorsque le stockage *on line* n'est pas possible (entretiens, défauts *hardware* du R.T.E., manipulations du logiciel, ...).

7.2.- L'interface Kennedy-HP2100A (fig. 20)

Cette interface permet de lire et d'écrire des blocs d'informations sur une cartouche 3M avec un format adapté qui permet d'écrire, dans une bouée, des blocs d'informations avec une grande fiabilité de recouvrement d'erreur lors de la lecture. L'interface est raccordé d'une part avec l'ordinateur H.P. 2100A et d'autre part avec l'enregistreur Kennedy modèle 330. Le raccordement avec l'H.P. se fait au moyen de deux lignes d'entrée-sortie. Chaque ligne possède 16 bits d'informations en entrée et 16 bits d'informations en sortie. Toutes les informations se présentent en parallèles. Les modules H.P. réalisant cette fonction sont du type microcircuit type 12566. Le premier circuit est raccordé sur le bus d'entrée-sortie programmé, c'est-à-dire qu'il faut une instruction spécifique pour entrer ou sortir des données sur ce microcircuit. Le modèle d'entrée-sortie parallèle est employé pour commander le contrôleur Kennedy et pour lire les *status* du Kennedy.

Le second microcircuit est raccordé au D.M.A. Cet organe permet d'entrer ou de sortir des données sans intervention du programme; le D.M.A. est uniquement initialisé par programme. Le dernier microcircuit sert à entrer ou sortir des informations se trouvant ou à écrire sur la bande magnétique.

L'ordinateur H.P. et le programme associé au Kennedy pilotent l'interface et l'enregistreur. Le programme initialise le transfert de données par D.M.A. et le microcircuit associé; ensuite il commande

KENNEDY

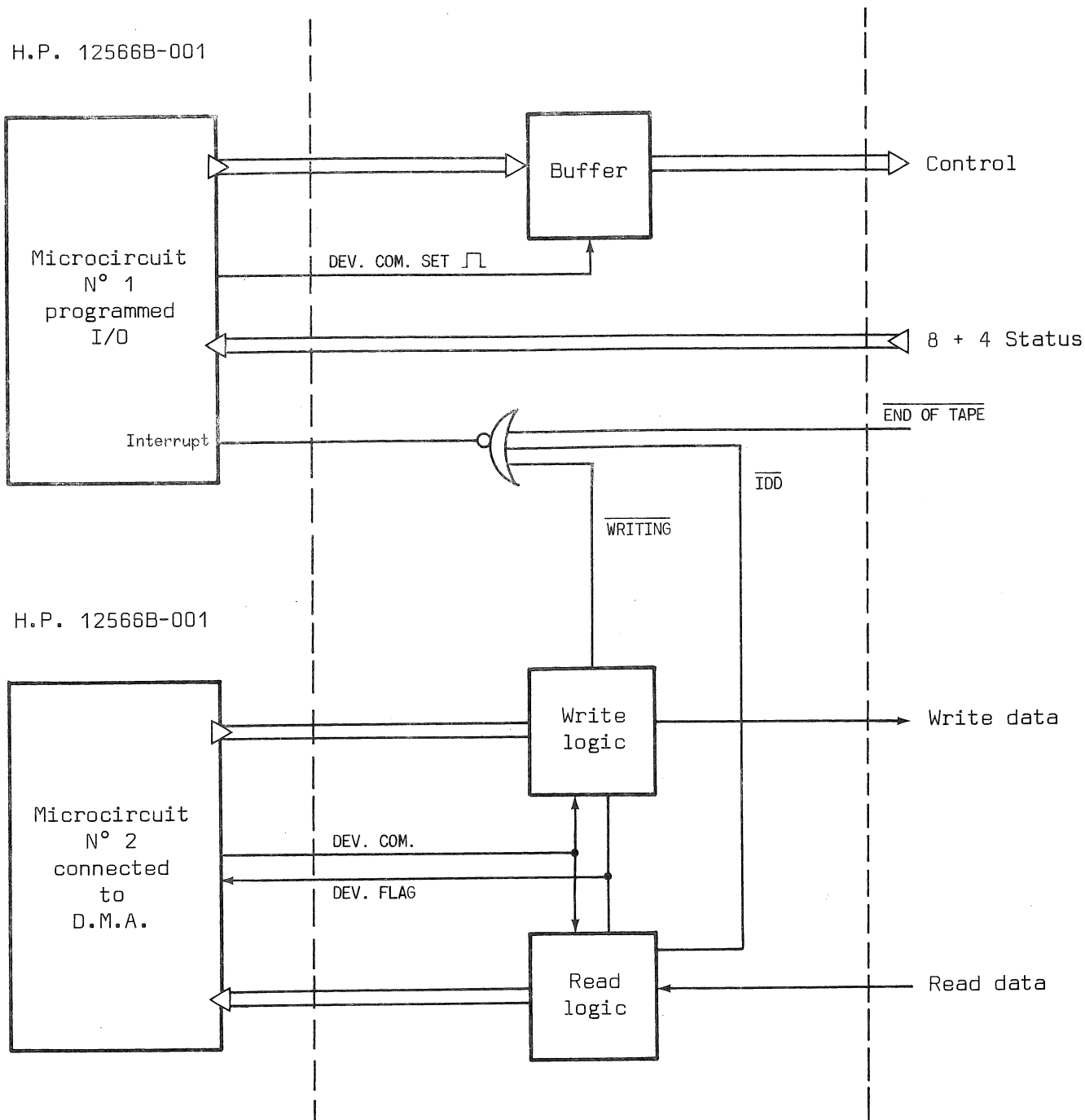


fig. 20.

Interface Kennedy - H.P. 2100A

le mouvement du moteur. L'interface se charge de la mise en forme des données et de leur transfert vers le microcircuit. Lors de la fin d'écriture ou de la lecture, une interruption avertit l'ordinateur de la fin de transfert.

7.3.- L'installation R.T.E. de traitement des données

L'installation R.T.E. de traitement des données comprend les périphériques standards (disques fixes et amovibles, bandes magnétiques, téléimprimantes, perforateur et lecteur de rubans, imprimante par lignes, tables traçantes Calcomp de 11 et 31 pouces, etc.) ainsi que différents interfaces à buts spécifiques (décodage des bandes magnétiques des courantomètres, lecture du Kennedy, différentes calibrations, etc.).

Les principales phases du traitement sont :

- le transcodage des données binaires reçues,
- la mise en ordre des *digits*, des nombres et enfin des cycles de mesures,
- la répartition des données arrivant de différentes stations,
- la synchronisation et l'introduction ou la correction de l'échelle de temps,
- la transformation des nombres reçus en paramètres physiques au moyen des équations de calibration,
- l'inspection des données : listes, aperçu sur video, dessin automatique, méthode statistique.
- l'édition, après détection automatique ou manuelle des erreurs,
- concentration des données : moyennes pondérées, filtres numériques, méthodes statistiques, corrélations, spectres de puissance, etc.

Il est très important que la plupart de ces opérations puissent être menées *on line* et que les autres soient faites aussitôt que possible après la réception des données pour d'abord détecter tout mauvais fonctionnement des instruments et ensuite rendre les données disponibles à un usage direct, aisé et efficace dans les modèles mathématiques.

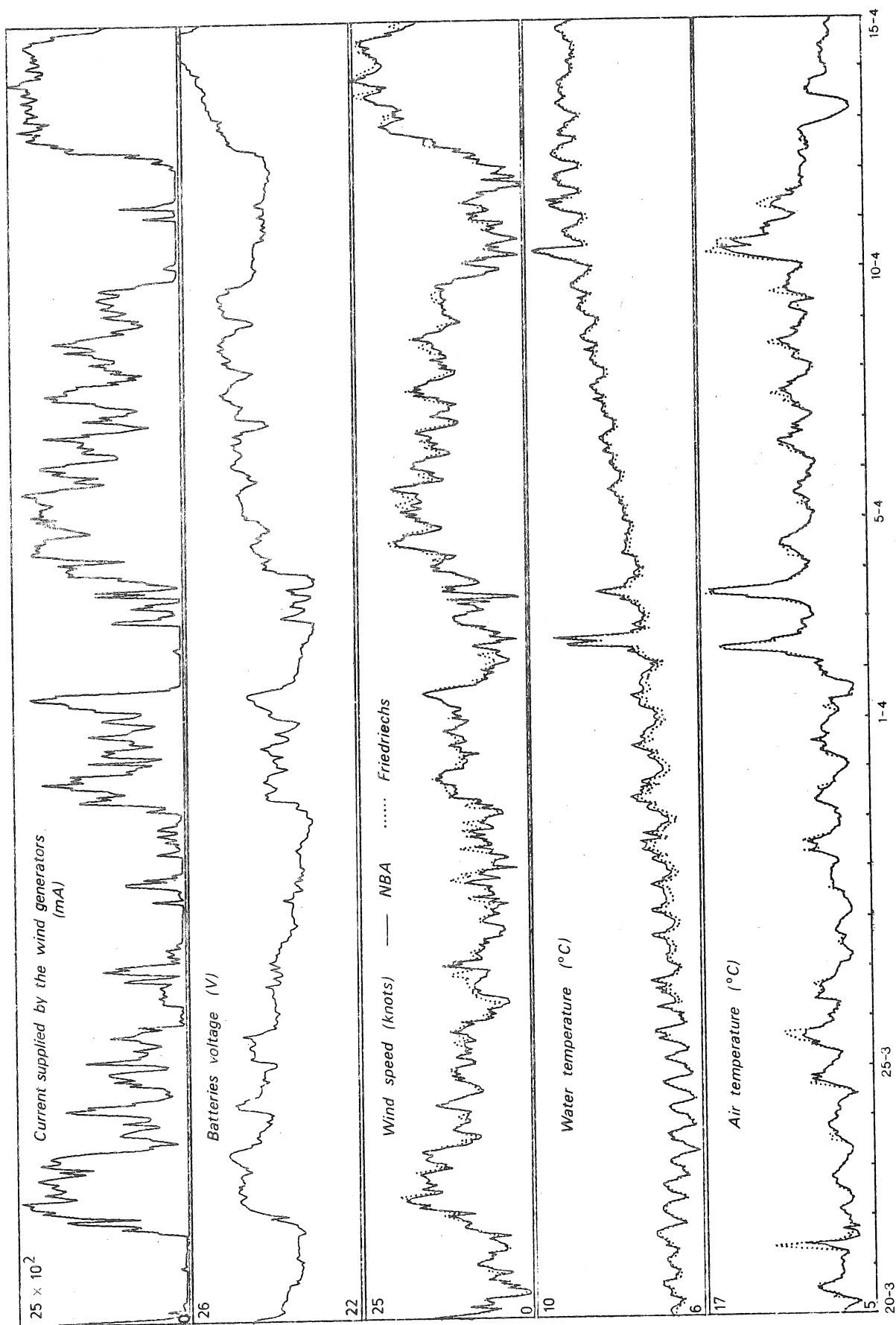
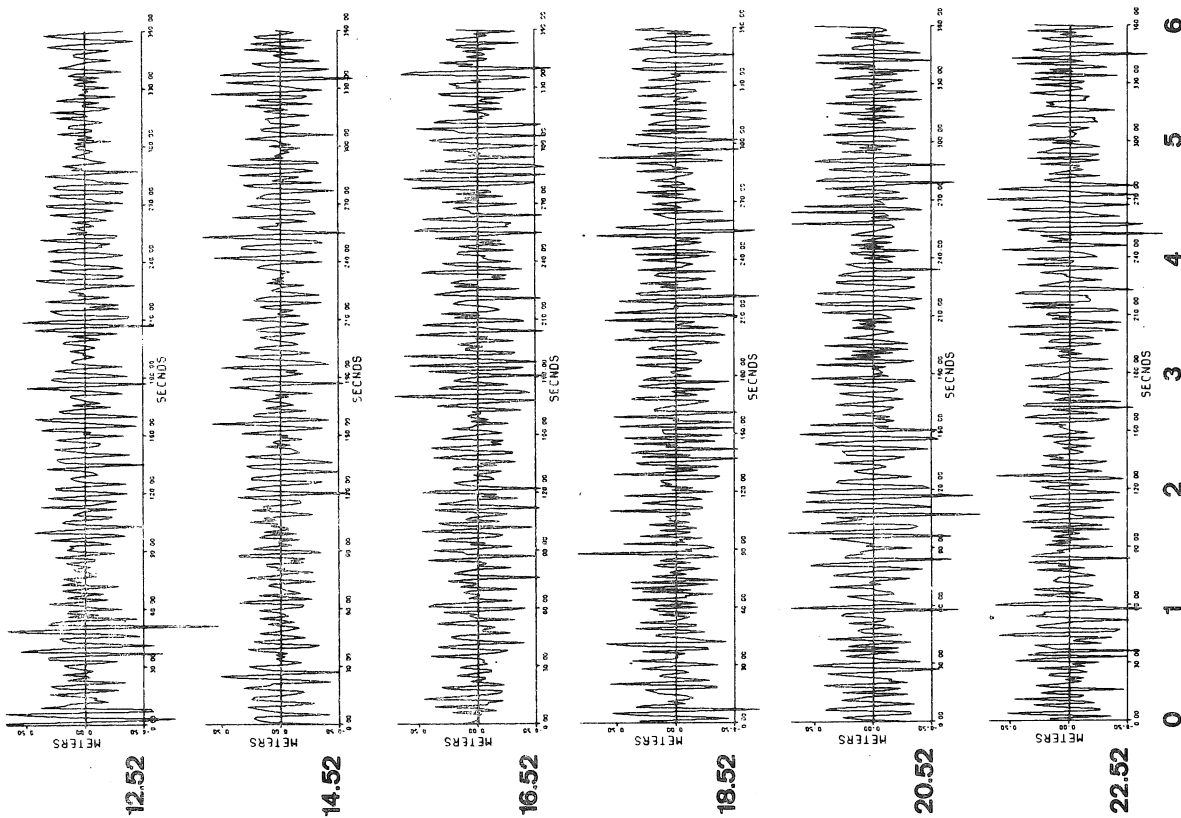
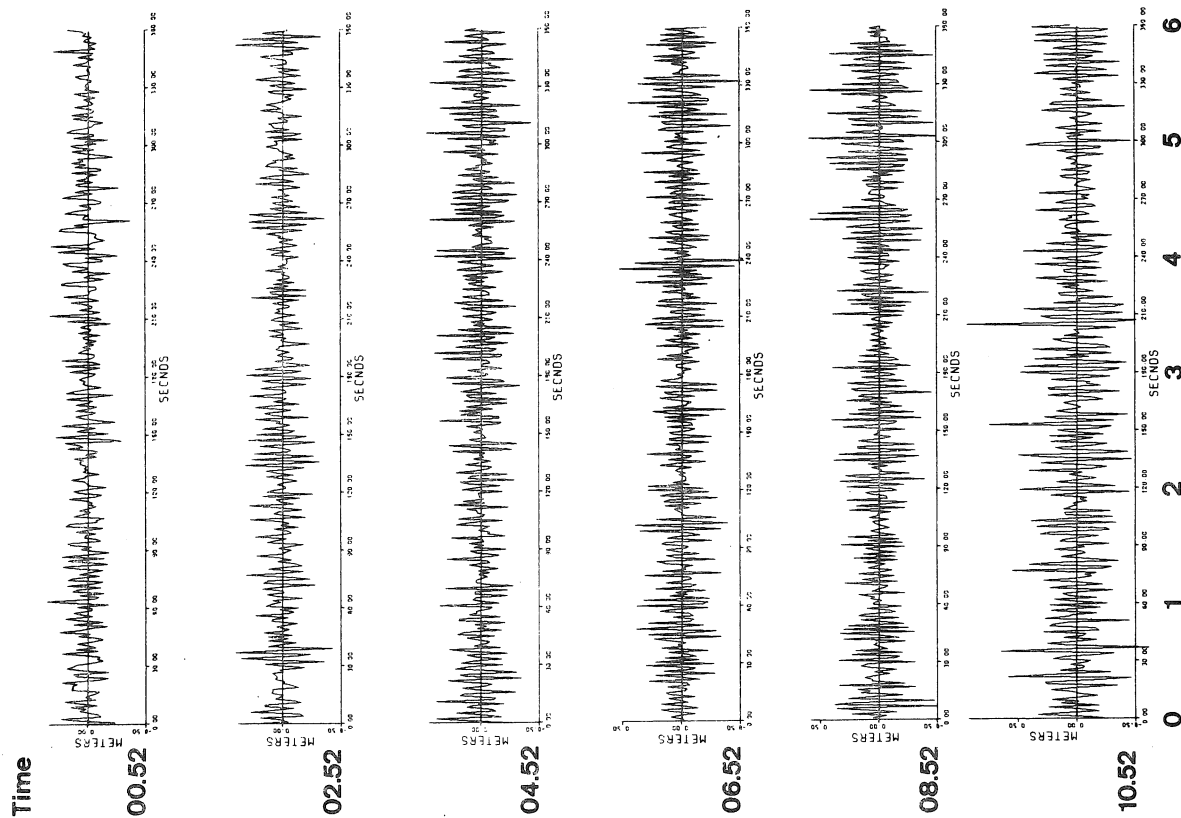


fig. 21a.

Sysna I Mooring 19-3-1974 15-4-1974
Position 51°20'45" N 2°53'40" E

Time



10 min continuous interrogation at 1 s interval
WAVE DATA
Data Well

fig. 21b.
Sysna I Mooring 19-3-1974 15-4-1974
Position 51°02'45" N 2°53'40" E

8.- Bilan des mouillages effectués

Le tableau 9 résume les mouillages effectués ainsi que les défauts, pannes ou accidents qui se sont produits. Le tableau 10 donne, mouillage par mouillage, la liste des senseurs qui ont fonctionné et des données qu'ils ont fournies.

Tableau 9

Mouillages effectués par la bouée Sysna

Databuoy	Mooring period	Position	Principle cause of failure
Sysna I	19-02-1974 15-03-1974	51°20'45" N 02°53'40" E	Anchoring system (Electrolytic corrosion)
Sysna II	24-02-1975 18-03-1975	51°21'30" N 02°55'40" E	Some sensors not working Collision with unidentified ship
Sysna III	22-08-1975 02-09-1975	51°21'25" N 03°02'35" E	Wind generator defective causing troubles in power system
	19-09-1975 10-10-1975	51°21'25" N 03°02'35" E	Defect in D.A.S. followed by failing anchoring system

Il faut noter que ces opérations ont été planifiées, sans tenir compte de la période de l'année et d'éventuelles mauvaises conditions météorologiques.

8.1.- Mouillage Sysna I

Le premier mouillage eut lieu du 19 mars au 15 avril 1974 à la position 51° 20' 45" N, 2° 53' 40" E.

Outre une série de données de service, ont été mesurées les grandeurs suivantes : température de l'air à 8 mètres au-dessus de la surface (2 senseurs), vitesse du vent à 10 mètres au-dessus de l'eau (2 senseurs différents : un Friedrich et un Munro), température de l'eau à un mètre sous la surface (2 senseurs) et vagues chaque fois suivies toutes les secondes pendant 10 minutes.

Une rupture d'ancrage mit fin à l'expérience après 26 jours de bonnes opérations.

Tableau 10

Bilan du fonctionnement des senseurs lors des mouillages de la bouée Sysna

Housekeeping : aerogenerator current, battery voltage, day of mooring, elapsed time clock, transmission number, integration time, buoy #, flood alarm, buoy temperature, etc.

Sysna I parameters	Sensors	Data recovered	Remarks
Air temperature	2 self made	26 days	Some difference between the two sensors due to solar energie
Water temperature	2 self made	26 days	
Wind speed	Friedrich	26 days	10' integrated values
	Munro	26 days	10' integrated values
Waves	Datawell	26 days	10' continuous interrogation at 1 s interval

Sysna II parameters	Sensors	Data recovered	Remarks
Conductivity	Plessey	23 days	sensor 2 : right calibration coefficient have to be fitted after 11 days
Air temperature	2 self made	23 days	
Water temperature	2 self made	1 : 3 days 2 : 23 days	
Wind speed	Friedrich	23 days	10' integrated values
	Munro	23 days	" and 10' vector averaging
Wind direction	Munro	23 days	10' vector averaging for mean value
(compass)	NBA	23 days	For wind direction angle only
Waves	Datawell	-	Error in cable system

Sysna III parameters	Sensors	Data recovered	Remarks
Conductivity	Plessey	28 days	Some second quality data due to computer break down at the receiver end. Ventilation of computer room insufficient
Air temperature	2 self made	28 days	
Water temperature	2 self made	28 days	
Wind speed	Friedrich	28 days	Idem as above
	Munro	28 days	"
Wind direction (compass)	Munro	28 days	"
	NBA	28 days	"
Waves	Datawell	28 days	Good data
Barometric pressure	M.B. Gilmore	-	Prototype interface, mass problems and temperature drift

Les données (fig. 21 a, b), transmises à la station côtière, ont été stockées sur ruban perforé et ensuite traitées *off line*.

8.2.- Mouillage Sysna II

Le second mouillage eut lieu du 24 février au 18 mars 1975 à la position $51^{\circ} 21' 30''$ N, $2^{\circ} 55' 40''$ E. Furent mesurées la conductivité, la température de l'air et de l'eau, la vitesse du vent intégrée sur 10 minutes (Friedrich et Munro), ainsi que la moyenne vectorielle de la direction et de la vitesse du vent sur 10 minutes.

Des difficultés dues au mauvais câblage des senseurs de vagues et de température de l'eau nécessitèrent plusieurs interventions et le changement de ces senseurs en mer.

Malheureusement, cette bouée a été accrochée par un bateau non identifié, le 18 mars 1975 entre 13 h 09 et 15 h 59. Le corps de la bouée accidentée fut ramené à Ostende par le Service du Pilotage tandis que son mât, coulé, fut retrouvé et récupéré par une unité de la Force Navale équipée d'un sonar.

Les données (fig. 22) furent décodées à la station de réception et une fois encore, stockées sur bandes perforées.

8.3.- Mouillage Sysna III

Comme la première bouée était immobilisée, pour un long moment, par les travaux d'expertise et de réparation relatifs à l'accident, il fut décidé d'équiper la seconde bouée, livrée entretemps, avec le même ensemble de senseurs auxquels s'ajoutait celui de la pression atmosphérique dont l'interface était disponible.

Cette bouée fut mouillée le 22 août 1975 à la position $51^{\circ} 21' 25''$ N, $3^{\circ} 02' 35''$ E. Un léger déséquilibre des pales d'un aérogénérateur provoqua par vibration un court-circuit dans le circuit de balisage et par conséquent un épuisement des batteries.

Comme cette panne était difficilement réparable en mer, la bouée fut ramenée à Ostende le 2 septembre 1975 et remise en service le 19,

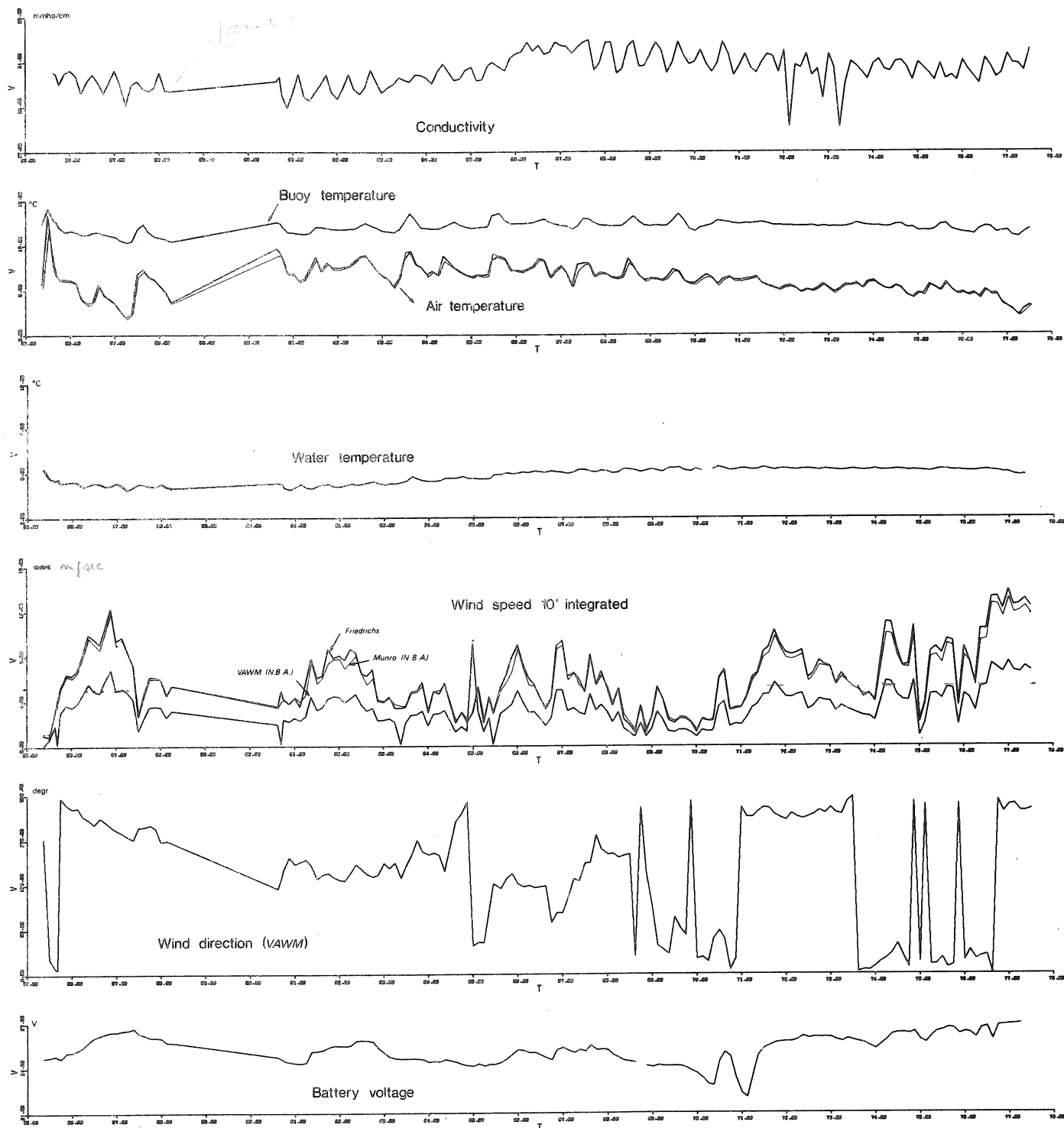
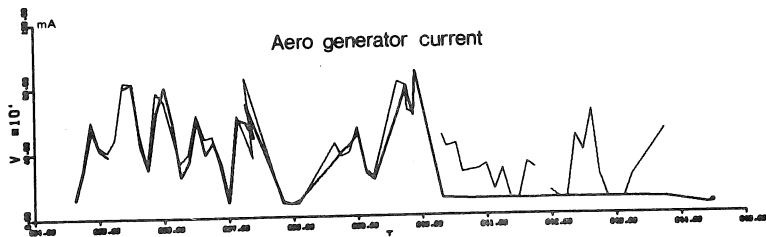
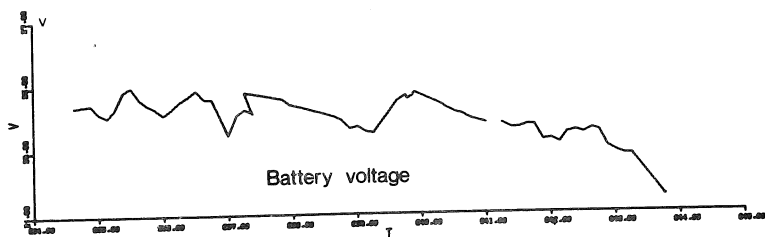
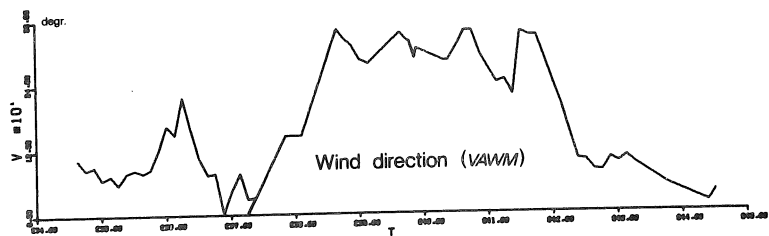
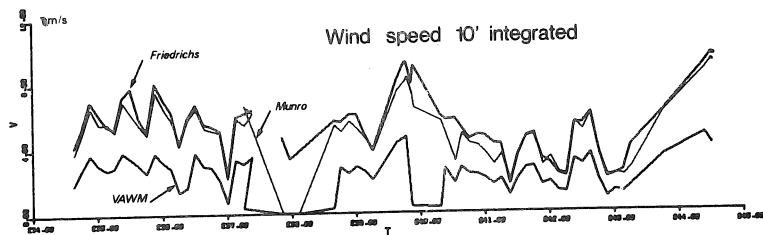
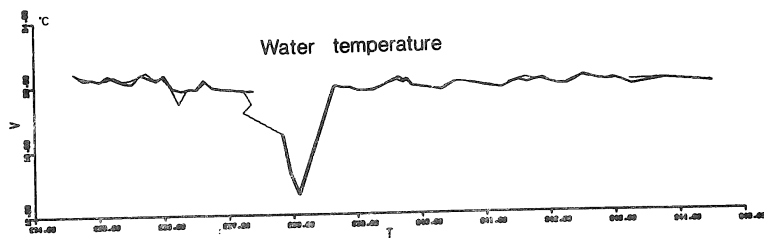
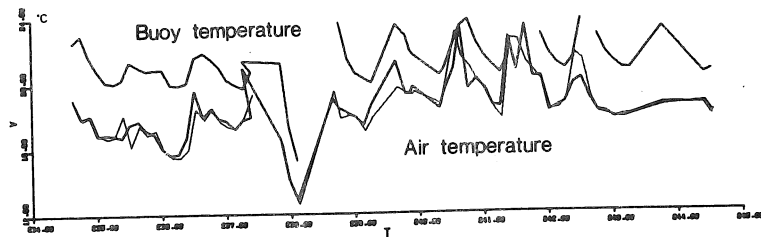
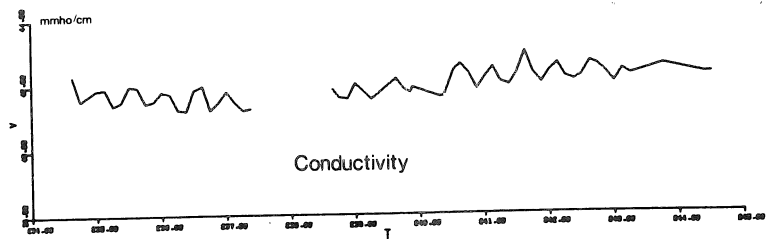


fig. 22.

Sysna II Mooring 24-2-1975 18-3-1975
Position 51°21'30" N 2°55'40" E

wind speed (VAWM) is multiplied per 1.66



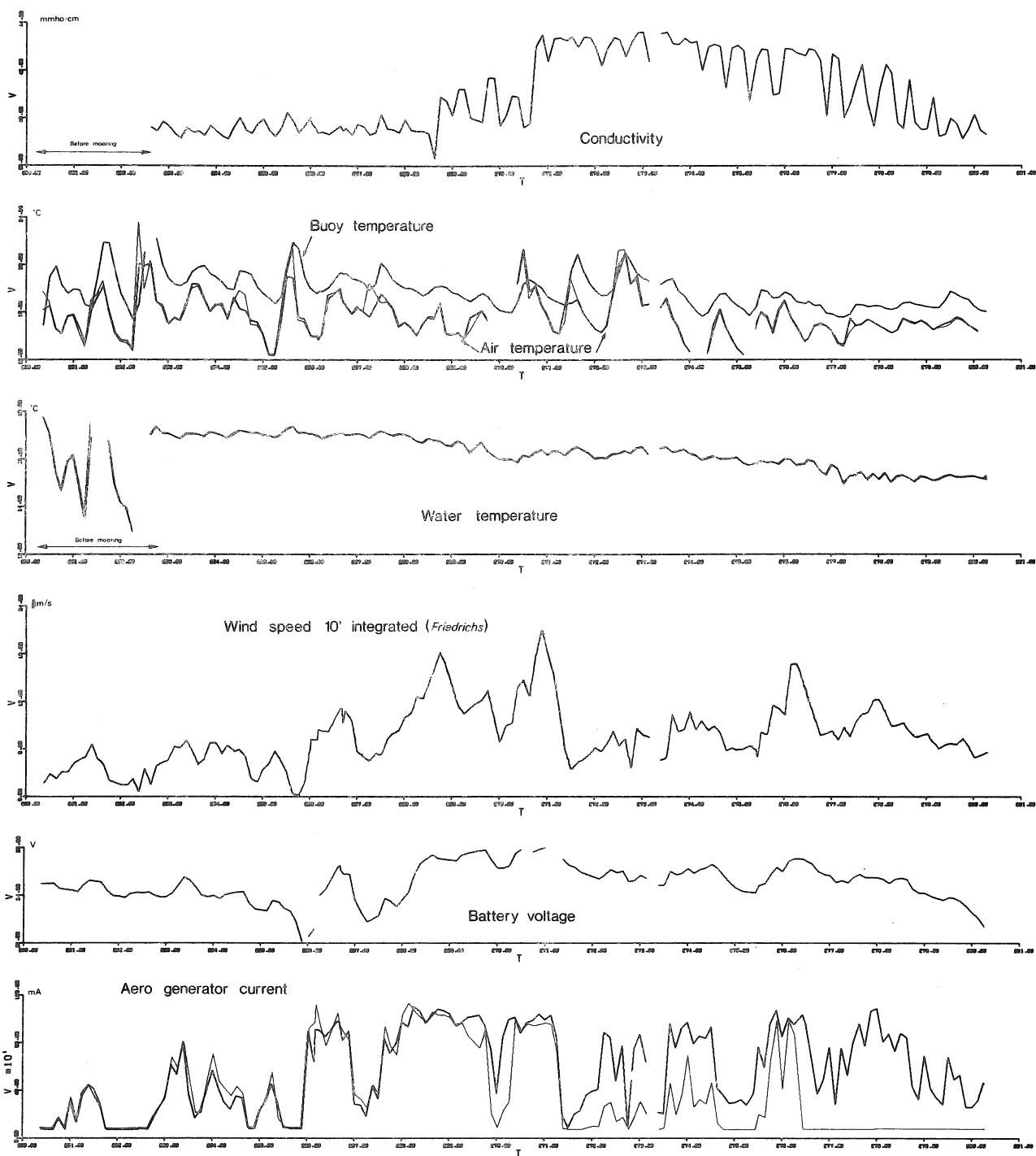


fig. 23b.

Sysna III Mooring 19-9-1975 10-10-1975

fig. 23a.

Sysna III Mooring 22-8-1975 2-9-1975

après une inspection générale du D.A.S. Elle fonctionna ensuite jusqu'au 10 octobre 1975.

L'important à souligner dans ce mouillage réparti en deux périodes, est que les données transmises (fig. 23a,b) furent décodées à la station de réception et introduites directement dans l'ordinateur. *Tout le système fonctionna donc en temps réel.* Toutefois quelques pannes survenues tant dans le *hardware* que dans le logiciel justifiaient pleinement le stockage de sécurité sur ruban perforé.

Chapitre III

La station fixe

Les senseurs, actuellement opérationnels sur bouées, ont principalement trait à la météorologie marine et à l'océanographie physique. Cependant, un modèle mathématique décrivant et prédisant l'évolution de l'environnement marin requiert en outre l'acquisition automatique de grandeurs chimiques et biologiques comme la concentration des nutriments dissous, la biomasse du plancton, la production primaire, la teneur en métaux lourds, etc.

Des moyens élégants pour mesurer ces grandeurs ont été développés dans le cadre du Programme, soit sous forme de senseurs intelligents capables de fournir un signal électrique soit comme échantillonneurs programmés (par exemple, en fonction des conditions météorologiques).

Toutefois ces prototypes ne sont pas encore suffisamment achevés pour pouvoir être montés sur bouées. C'est principalement pour les développer sans limitation de place ou d'énergie que l'implantation d'une station fixe a été envisagée (fig. 24 et 25).

Celle-ci, prête en juin 1975, n'a pu encore être mise en place à $51^{\circ} 21' 25''$ N $3^{\circ} 03'$ E à cause de conditions météorologiques défavorables, mais devrait l'être dans les premiers mois de 1976.

Un tuyau Mannesman de 35 mètres de long, de 1,42 mètres de diamètre, de 16,5 mm d'épaisseur et pesant 20 tonnes est surmonté par une cabine octogonale de 3 mètres de diamètre, dont les parois, de sandwich polyester-polymetron armé ont 50 mm d'épaisseur.

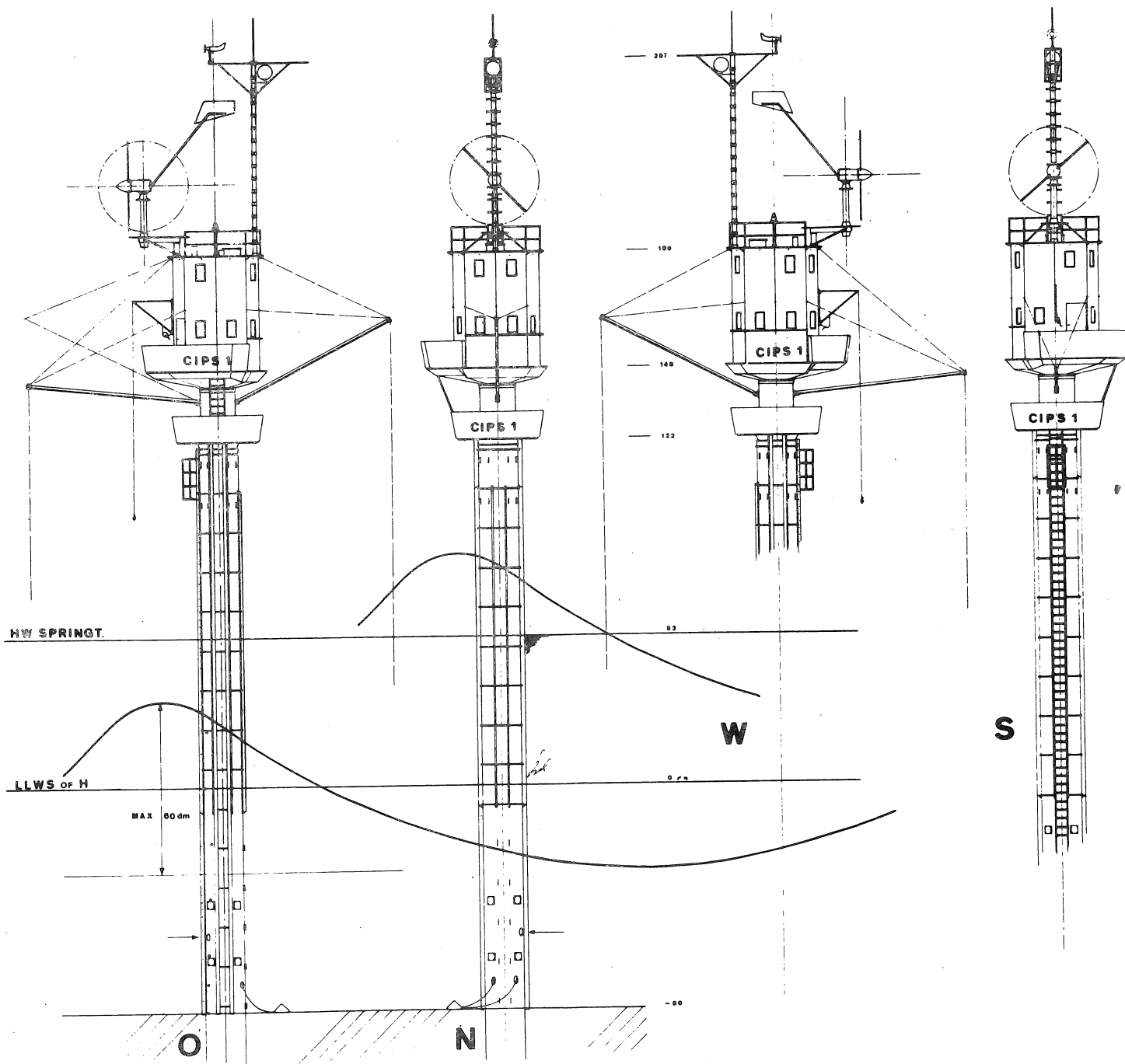


fig. 24
La station fixe

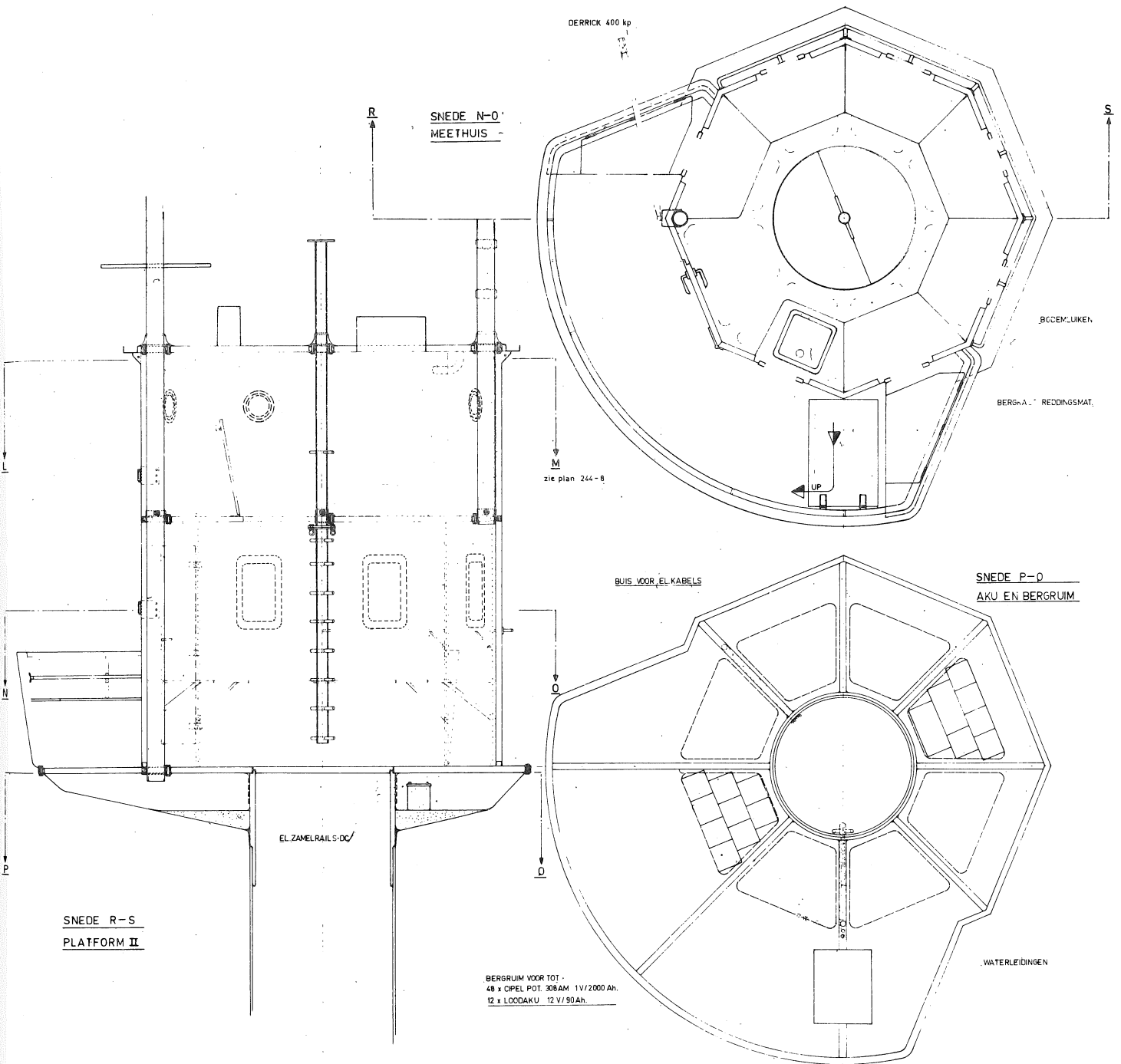


fig. 25.

La station fixe - Plan du laboratoire

Le hauteur d'eau à l'endroit prévu est de 8 m , aux marées basses de vives eaux tandis qu'il y a une distance minimum de 10 m entre la surface de l'eau et le laboratoire.

Un premier balcon servira principalement d'entrepôt pour les batteries, tandis qu'un second, 2 mètres plus bas, permettra la manipulation des treuils et l'exécution des mesures.

Cette station sera équipée de quatre supports de senseurs mobiles (deux à l'intérieur, deux à l'extérieur du tuyau), de tuyaux d'adduction d'eau et de protection de câbles, d'échelles intérieure et extérieure, d'un groupe alternateur diesel de 33 kVA, d'une installation basse tension, de sanitaires, d'équipements de sécurité, etc.

Elle ne causera aucun danger à la navigation car elle portera une signalisation optique (activée par une cellule photoélectrique) et acoustique (mise en action par un signal donné par la station côtière).

Les chercheurs pourront y séjourner pendant les quelques heures nécessaires à la mise en place, l'entretien, la calibration ou la récupération des senseurs qu'ils développent.

Références

- PICARD, H., (1974). Calibration des compas des courantomètres, Technical Report 1974/Instrumentation 01, Programme National sur l'Environnement Physique et Biologique, Projet Mer.
- PICHOT, G., DE HAEN, A. and NIHOUL, J.C.J., (1974). The Belgian automatic oceanographic and meteorological data station, *in* Proc. of the First European Symposium on Offshore Data Acquisition Systems, Southampton (U.K.), Sept. 1974.
- PICHOT, G., (1975). Automatic acquisition of meteorological and oceanographic data : further developments and first results, Rapport de Synthèse IV, 159-172, Programme National sur l'Environnement Physique et Biologique, Projet Mer.
- POLLENTIER, A., VANDENBOSSCHE, M. en RIGOLE, F., (1974). Vektorieel integrerende windmeter voor meteo-oceanografische boeien, Technical Report 1974/Instrumental 02, Programme National sur l'Environnement Physique et Biologique, Projet Mer.
- POLLENTIER, A., (1976). Project Stroommetingen : September 1973 - December 1975, Report N, Programme National sur l'Environnement Physique et Biologique, Projet Mer.
- PRANGSMA, G.J., (1975). Scientific report on the automatic handling of data obtained from recording current meters, K.N.M.I., De Bilt.
- RAMSTER, J.W. and HILL, H.W., (1974). A first assessment of two long-term pilot current meter networks in the North Sea, *in* Proc. of the First European Symposium on Offshore Data Acquisition Systems, Southampton (U.K.), Sept. 1974.
- TALBOT, J.W. and BAXTER, J.C., (1975). The direction calibration of Plessey current recording meters, Fisheries Laboratory Technical Report Series M.A.F.F. n° 12.

