



UNIVERSITE DE CAEN
CENTRE REGIONAL
D'ETUDES COTIERES
Laboratoire de Géologie
marine

CONSEIL GENERAL
DE LA MANCHE

ETUDE GLOBALE CONCERNANT LA DEFENSE CONTRE LA MER

1ère Phase

PROGRAMME DE MESURES DES PARAMETRES
DYNAMIQUES ET DE L'EVOLUTION DES
SYSTEMES SEDIMENTAIRES

RAPPORT II

Franck LEVOY
Ingénieur d'études

Claude LARSONNEUR
Responsable scientifique

JANVIER 1990

PREAMBULE.

Le présent programme s'inscrit dans le cadre de l'étude globale concernant la défense contre la mer commandée par le Conseil Général de la Manche à l'Université de Caen (Laboratoire de Géologie marine, Centre Régional d'Etudes Côtières). Son déroulement comprend plusieurs étapes:

- une étude économique dont les objectifs successifs sont la définition des zones à risque d'érosion et de submersion, l'inventaire et le calcul du coût moyen des biens dans cette zone, l'établissement de cartes d'exposition aux risques littoraux et l'analyse de la rentabilité des investissements à mettre en oeuvre pour protéger cet espace menacé.
- une étude du milieu naturel dont les objectifs sont de connaître le fonctionnement des systèmes sédimentaires par l'intermédiaire d'un suivi des paramètres physiques et sédimentologiques qui conditionnent l'évolution du paysage littoral. La méthodologie d'étude est basée sur la définition et la prise en compte d'unités physiques homogènes indépendantes de toutes frontières administratives.
- une étude technique dont les objectifs sont la définition des types de dispositifs de protection et leurs modalités d'implantation, l'appréciation de la grandeur des paramètres à intégrer dans la conception des dispositifs de protection, la prévision des impacts des différents projets et la définition des mesures compensatoires nécessaires.

Ce rapport n°2 concerne la première phase de l'étude globale et le deuxième thème de recherche évoqué ci-dessus. Il précise le programme de mesures et la méthodologie d'analyse des systèmes hydrosédimentaires côtiers. Ce travail fait suite à la synthèse bibliographique.

SOMMAIRE.

INTRODUCTION GENERALE.

1) RAPPEL DES CONNAISSANCES BIBLIOGRAPHIQUES ET EXPOSE DE LEURS INSUFFISANCES.

1.1) *Les données morphologiques et les évolutions morphométriques.*

1.2) *Les données océanographiques et météorologiques.*

1.2.1) La marée.

1.2.2) Les courants.

1.2.3) Les houles.

1.2.4) Les vents.

1.3) *Caractéristiques sédimentologiques de la côte.*

1.4) *Les transports sédimentaires.*

2) METHODOLOGIE DE DELIMITATION DES UNITES SEDIMENTAIRES DE LA COTE OUEST DU COTENTIN.

3) METHODOLOGIE D'ETUDE DU FONCTIONNEMENT DES UNITES SEDIMENTAIRES DE LA COTE OUEST DU COTENTIN.

4) DETAIL DU PROGRAMME DE MESURES, OBJECTIFS ET FINALITES.

4.1) *LES PARAMETRES DYNAMIQUES.*

4.1.1) *Les houles.*

4.1.1.1) Méthodologie d'études, objectifs et finalités.

4.1.1.2) Les modalités de mesure de la houle.

4.1.2) *La marée et les courants de marée.*

4.1.2.1) La marée.

4.1.2.2) Les courants de marée.

4.1.3) *Les vents et la pression atmosphérique.*

4.2) LE SUIVI DE L'EVOLUTION DES UNITES SEDIMENTAIRES.

4.2.1) Caractéristiques morphologiques et sédimentologiques.

4.2.2) Suivi des évolutions morphométriques.

- 4.2.2.1) Evolution morphométrique du trait de côte.
- 4.2.2.2) Evolution morphométriques des estrans.
- 4.2.2.3) Evolution morphométrique du domaine subtidal proche.

4.2.3) Evaluation directe des transports sédimentaires sur la côte ouest du cotentin.

- 4.2.3.1) Utilisation de traceurs fluorescents.
- 4.2.3.2) Utilisation de pièges à sédiments immersés.
- 4.2.3.3) Utilisation des traceurs radioactifs.
- 4.2.3.4) Utilisation de pièges à sédiments dans le déferlement.
- 4.2.3.5) Utilisation des pièges à sédiments pour les transports éoliens.

CONCLUSION GENERALE.

ANNEXES.

INTRODUCTION GENERALE.

L'étude du milieu naturel côtier de l'Ouest Cotentin a pour finalité d'évaluer les transports sédimentaires au sein de la zone littorale et de comprendre les équilibres hydrosédimentaires en jeu, afin de pouvoir y adapter les aménagements de protection contre la mer qui seront ultérieurement nécessaires.

Pour y parvenir, il convient d'étudier les transports de matériaux qui s'effectuent sur les estrans, mais également les échanges sédimentaires entre le domaine intertidal et le domaine supratidal et entre le domaine intertidal et le domaine subtidal proche.

Ces travaux de recherche doivent aboutir à la mise en relief d'unités ou de systèmes hydrosédimentaires, dans lesquels devront se concevoir les dispositifs de protection contre la mer, indépendamment des principales frontières administratives.

Ce n'est seulement qu'après avoir acquis ces informations, que la définition des types d'ouvrages de protection du trait de côte, leur implantation et leur dimensionnement, pourra être réalisée de manière optimale et intégrée au milieu naturel.

Après un rappel des principales connaissances bibliographiques actuellement disponibles et de leurs insuffisances compte tenu des objectifs de l'étude en cours, un accent particulier porte sur la méthodologie de délimitation des unités sédimentaires de la côte ouest du Cotentin. Ce point conditionne directement et de manière très pratique la façon d'étudier le fonctionnement hydrosédimentaire de ce littoral. Enfin, le programme de mesures *in situ* est détaillé, précisant aussi bien les caractéristiques du matériel qui sera utilisé, les sites de mesures envisagés et la périodicité de celles-ci.

1) RAPPEL DES CONNAISSANCES BIBLIOGRAPHIQUES ET EXPOSE DE LEURS INSUFFISANCES.

L'analyse bibliographique des documents existants concernant la géologie, la géomorphologie, la sédimentologie et des paramètres hydrodynamiques de la zone d'étude a montré une relative richesse d'informations.

Cependant, un manque d'homogénéité des données recueillies sur l'ensemble de la côte étudiée et une grande diversité des techniques utilisées pour acquérir ces résultats, ne permettent pas actuellement de définir un schéma de circulation sédimentaire tenant compte de la variabilité des paramètres hydrodynamiques sur l'ensemble de la côte entre le cap de Carteret et le bec d'Andaine. D'autre part, de nombreuses lacunes existent, aussi bien en ce qui concerne les diverses mesures hydrodynamiques et sédimentologiques, que sur certains secteurs de la côte, où ce type d'informations est parfois totalement absent.

1.1 LES DONNEES MORPHOLOGIQUES ET LES EVOLUTIONS MORPHOMETRIQUES.

Dans le détail, en ce qui concerne l'analyse morphologique de la côte, un travail important et récent de reconnaissance de terrain et de cartographie a été réalisé par l'E.P.H.E.(1986). Les documents élaborés devront constituer une base de travail permettant, après une analyse complémentaire concernant la signification dynamique des structures rencontrées, l'élaboration d'un schéma de circulation sédimentaire basé sur l'interprétation morphologique.

Ce travail rejoindra les premiers essais de cartographie morphodynamique réalisés par LARSONNEUR et WALKER (1986) pour le domaine subtidal et LEVOY (1986) pour le domaine intertidal. Néanmoins, cette approche reste qualitative, du moins en ce qui concerne les volumes de matériaux transportés. D'autres types d'analyses doivent donc être menées.

Les évolutions du trait de côte sont connues précisément de manière très localisée. SOGREAH (1972) a rassemblé de nombreuses observations sur l'évolution du trait de côte entre le début du 19 ème siècle et la fin des années 60. Les fluctuations de la ligne de rivage ont même été cartographiées. Malgré tout, compte tenu des documents originaux le plus souvent utilisés, il faut considérer que ces informations sont tout à fait qualitatives, compte tenu de leur précision.

Seule une reprise en considération et une exploitation des photographies aériennes disponibles, parfois âgées de plus de 60 ans, permettra de préciser l'évolution de la ligne de rivage et d'apprécier son évolution prévisionnelle au travers d'une démarche quantitative. Quelques secteurs, à Portbail et à Montmartin-sur-mer, ont été déjà appréhendés de cette manière.

Les données existantes sur les profils topographiques sont extrêmement nombreuses. Malheureusement, le recalage de ces observations avec des levés récents est tout à fait illusoire. Globalement, l'évolution altimétrique des estrans, au travers de la comparaison de profils topographiques, a rarement été suivie. Un travail complet reste à mener dans ce domaine, aussi bien sur la zone intertidal que, quand cela sera possible, sur l'espace subtidal proche, notamment au débouché des estuaires.

De la même manière, les volumes de sédiments piégés au sein des estuaires sont très mal connus. Les travaux d'ELHAI (1963) et plus récemment de LARSONNEUR et WALKER (1986) ont permis de quantifier les vitesses de sédimentation dans ces espaces littoraux. Néanmoins, une analyse plus fine devra permettre d'évaluer les pertes sédimentaires effectives liées au fonctionnement des havres.

1.2) LES DONNEES OCEANOGRAPHIQUES ET METEOROLOGIQUES.

En ce qui concerne les paramètres dynamiques qui contribuent à l'évolution des paysages littoraux, les données actuelles, notamment à proximité de la côte, sont globalement incomplètes.

1.2.1) La marée.

Les marées sont correctement prévues à Granville et à Cherbourg. Entre ces deux sites, le rattachement au port de référence, Saint-Malo pour le secteur d'étude envisagé, est imprécis faute d'observations sur une période significative. La connaissance précise de la marée tout le long de la côte ouest du Cotentin est pourtant fondamentale à plusieurs points de vue:

- la définition de la hauteur d'eau prévue à n'importe quelle heure de la journée et pour n'importe quel site de la côte est indispensable pour définir la surcote ou la décote liée à des conditions météorologiques et océanographiques particulières.
- la connaissance de la marée théorique pour un site donné permettra d'établir la dénivellée qui existe entre les cotes marines définies par rapport au niveau des plus basses mers théoriques et les altitudes rattachées au dernier réseau de nivellation terrestre dit I.G.N. 1969. Ce point est tout à fait important pour le calage des cotes d'arase des ouvrages de protection de haute plage.
- la marée est par ailleurs un phénomène qui module le temps d'action et l'intensité des autres paramètres dynamiques, houles, courants et vents. Sa connaissance précise est importante pour le développement de modèles mathématiques concernant les transports sédimentaires.

1.2.2) Les courants.

Les courants associés au phénomène de marée peuvent être considérés comme presque parfaitement connus dans l'ensemble du Golfe normand-breton. Les récents travaux de ORBI (1986) ont permis de modéliser les champs de courants pour différents coefficients de marée. Néanmoins, compte tenu de la dimension du modèle, la maille de calcul utilisée n'a pas permis de définir précisément les champs de courants à proximité de la côte et notamment au débouché des havres du Cotentin. Un travail similaire, mais à une échelle plus fine reste donc à accomplir.

Par ailleurs, de nombreuses mesures *in situ* ont été réalisées sur les espaces intertidaux entre Carteret et le bec d'Andaine. Les modes opératoires et les techniques utilisées sont souvent différentes, influençant la précision des mesures (flotteurs, courantomètres électromécaniques). A l'exception de quelques sites, les mesures sont assez fréquemment absentes sur la plupart des estrans où s'effectuent des transports sédimentaires. Certains secteurs, comme celui compris entre la plage de Dennevile et le havre de la Sienne, sont vierges de toutes mesures de courant.

Les mesures des courants d'obliquité générés par la houle au niveau du déferlement sont inexistantes. Leur rôle est pourtant fondamental dans le façonnement des hauts estrans sableux.

1.2.3) Les houles.

La connaissance de la houle est très ponctuelle. Au large des îles anglo-normandes, actuellement, il n'existe que des données relevées par des navires circulant dans cette zone. La qualité de ces observations est probablement très variable. Néanmoins, la Météorologie Nationale a établi des statistiques sur ces houles, au large de la côte ouest du Cotentin.

Ces données ont permis l'élaboration de plans de vagues permettant de connaître les statistiques de houle (rapport H/Ho, direction de propagation) au niveau de la cote -20 m en considérant un plan d'eau à mi-marée (L.C.H.F., 1984).

Cette analyse très complète n'a cependant pas permis d'étudier la propagation des houles jusqu'à la côte. Il existe cependant quelques plans de vagues très locaux (Carteret, Portbail, Granville...) ne tenant pas compte, malheureusement, des problèmes de diffraction sur les îles et îlots et de réfraction liés aux courants de marées. Les statistiques de houles existantes (ALLEN, 1982) n'intéressent que la partie sud de la côte du Cotentin (Chausey, Granville, la pointe du Grouin...). Pratiquement aucune information sur la direction des houles à proximité de la côte n'est disponible. Sur les estrans, il n'existe pas de données sur la direction et la hauteur des houles et clapots dans la zone de déferlement et la zone de surf.

1.2.4) Les vents.

Les informations concernant les statistiques de vent sont issues des observations du sémaphore de Granville. La Météorologie Nationale grâce à une longue série de mesures a établi un recueil très détaillé sur ces informations (METEOROLOGIE NATIONALE, 1986). D'autres informations météorologiques peuvent être obtenues au sémaphore de Carteret en service depuis 1985. Cependant, il n'existe pas de statistiques représentatives encore établies pour ce site. Ces deux sémaphores constituent néanmoins deux sites d'enregistrements permanents des paramètres météorologiques faciles d'accès et dont les données pourront être utilisées lors des diverses expériences de terrain.

1.3) CARACTERISTIQUES SEDIMENTOLOGIQUES DE LA COTE.

En ce qui concerne les caractéristiques des sédiments, les données existantes sont très hétérogènes en fonction des sites. Sur les fonds proches de la côte, la répartition des sédiments est approximative, compte tenu du nombre de points de prélèvements effectués. Leur nature est globalement bien connue.

Sur les estrans, certains sites ont été étudiés dans le détail comme à Barneville-Carteret. D'autres études ont permis d'évaluer les stocks sédimentaires qui participent à la dynamique des estrans, comme à Portbail ou entre Geffosse, Coutainville et Hauteville ou sur le littoral oriental de la grande baie du Mont-Saint-Michel.

Cependant, il n'existe aucune information sur les changements granulométriques qui s'opèrent sur les estrans en fonction des conditions d'agitation observées. Les équilibres hydrosédimentaires sont mal connus, alors qu'ils sont révélateurs de la mobilité de stocks sédimentaires différents.

1.4) LES TRANSPORTS SEDIMENTAIRES.

En ce qui concerne les transports sédimentaires, les approches, comme nous l'avons vu, sont nombreuses.

Sur le domaine subtidal proche entre le cap de Carteret et le bec d'Andaine, des missions de sismique réflexion et ensuite de sonar latéral ont permis de cerner qualitativement les principales directions de transport.

En parallèle, l'intégration de formules de calcul des débits solides dans un modèle de courants de marée (IFREMER, 1986) a permis de valider ces informations et de quantifier potentiellement les transports de matériaux, aussi bien en suspension que sur les fonds par charriage. L'utilisation de cette méthode d'analyse couplant la reconnaissance des formes et la détermination des transports sédimentaires résiduels se devrait d'être reconduite à une échelle plus détaillée intégrant l'estran, afin de pouvoir affiner la connaissance des échanges de sédiments entre le domaine intertidal et le domaine subtidal proche.

Sur l'espace intertidal, la quantification des volumes de sédiments transportés, a été étudiée pour quelques sites bien précis à l'aide de traceurs radioactifs (Barneville-Carteret et embouchure du havre de la Sienne). Ces travaux de terrain menés sur plusieurs mois ont permis de cerner les directions et les volumes de matériaux transportés.

La technique des traceurs fluorescents a également été employée. L'étude de SOGREGAH (1972), malgré la multitude des points d'immersion effectués, entre Carteret et Portbail, puis entre Geffosse et Saint-Martin de Bréhal, n'a pas permis de dégager des volumes de sédiments transportés. Seules les directions de transport ont été analysées en fonction de la position de l'immersion sur le profil de plage et par rapport au débouché des havres voisins.

Malgré l'utilisation de ces techniques de terrain, aucune loi de transport corrélant la grandeur des transports sédimentaires et l'intensité des paramètres hydrodynamiques n'a été dégagée. En fait, dans la plupart des expériences, aucune mesure hydrodynamique n'a été effectuée en parallèle du suivi de la mobilité sédimentaire.

Pour le site de Carteret, malgré la mise en place de courantomètres et de houlographes en parallèle des expériences de traceurs radioactifs, aucun résultat corrélant les deux types de mesures n'est disponible.

Si ces données précisent le plus souvent la direction des transports sédimentaires et parfois leur intensité sur certains sites de la côte ouest du Cotentin, ces résultats sont tout à fait insuffisants pour comprendre la variabilité des déplacements de sédiments en fonction des paramètres hydrodynamiques, notamment sous l'action conjuguée des houles et des courants.

Malgré toutes les informations disponibles sur la géomorphologie, les paramètres dynamiques, les transports sédimentaires qui affectent la côte ouest du Cotentin, il n'est pas possible de définir les conditions sur lesquelles reposent les équilibres sédimentaires en place et de proposer des schémas de circulations des matériaux en fonction des diverses situations météorologiques et océanographiques observables.

Il convient donc de définir une **méthodologie d'étude** dans cette optique précise, en exploitant les informations actuellement disponibles, notamment pour préciser les sites de mesures. Par ailleurs, il est nécessaire d'analyser les conditions hydrodynamiques en parallèle de l'enregistrement des transports sédimentaires. Cette démarche est fondamentale pour envisager une bonne compréhension de la circulation sédimentaire sur les estrans de la côte ouest du Cotentin.

L'approche globale des travaux de défense contre la mer nécessite une prise en considération des phénomènes hydrosédimentaires sur l'ensemble de la zone d'étude entre le cap de Carteret et le bec d'Andaine. Néanmoins, la définition des aménagements de protection est associée à l'urbanisation de la côte. De ce fait, la connaissance des mouvements sédimentaires doit être particulièrement fine au droit de ces secteurs.

2) METHODOLOGIE DE DELIMITATION DES UNITES SEDIMENTAIRES DE LA COTE OUEST DU COTENTIN.

La côte ouest du Cotentin, entre le cap de Carteret et le bec d'Andaine, est constituée, d'après les premières informations bibliographiques recueillies, de deux ensembles sédimentaires séparés par la pointe du Roc de Granville (L.C.H.F., 1982).

L'ensemble nord, entre Carteret et Granville, est ouvert à son extrémité septentrionale. Au niveau du cap de Carteret, les sables circulent par conséquent du Nord au Sud, au moins sur l'estran.

L'ensemble sud, entre Saint-Pair et le bec d'Andaine, est ouvert à son extrémité méridionale. Les sables semblent circuler également du Nord au Sud, alimentant le système hydrosédimentaire de la baie du Mont-Saint-Michel.

A l'intérieur de ces deux ensembles, sur le haut estran, les morphologies de flèches sableuses sont très nombreuses. Leur direction s'inverse constamment d'un secteur à un autre. Ainsi, à Carteret, la forte accumulation de sédiments au NW de la digue insubmersible indique un transit sédimentaire résiduel de haute plage N-S. A Barneville, la flèche sableuse est orientée S-N. A Portbail, la flèche principale est tournée vers le Sud et à Surville, vers le Nord. La pointe du banc à l'embouchure de l'estuaire de l'Ay est orientée vers le Sud. Les deux flèches des havres de Geffosse et de Blainville se font face et sont à peu près de même dimension. La pointe d'Agon est orientée vers le Sud, alors que le contraire est observé pour la pointe de Montmartin. La flèche principale du havre de la Vanlée regarde vers le Nord. Au Sud de Granville, le poulier du petit havre du Thar est orienté vers le Nord, alors qu'au Sud de Champeaux, les flèches littorales qui bordent ce littoral sont orientées en direction de la baie du Mont-Saint-Michel.

Il semblent que d'un secteur à un autre, la dérive littorale résiduelle sur les hautes plages s'inverse très fréquemment.

Par conséquent, les deux ensembles définis préalablement peuvent être subdivisés en unités, séparées par des zones où il n'y a pas de transport sédimentaire résiduel parallèle à la côte.

Cette première analyse permet de poser des **hypothèses de travail** pour définir plus précisément les unités sédimentaires qui composent cette côte ouest du Cotentin et comprendre leur fonctionnement. Elle permettra ensuite d'établir un véritable bilan sédimentaire par unité homogène en tenant compte de la variabilité des conditions océanographiques qui affectent ces systèmes.

Par conséquent, la mise en place du programme de mesures des paramètres dynamiques et morphosédimentaires reposera sur les points suivants:

- la côte ouest du Cotentin entre Carteret et le bec d'Andaine est constituée d'unités et de sous-unités sédimentaires, caractérisées par des transports sédimentaires résiduels opposés, notamment sur les hauts estrans. Cette hypothèse, basée sur les observations morphologiques disponibles, s'explique aisément par la présence d'une bathymétrie tourmentée sur l'avant-côte, constituée d'îles, d'archipels et de haut-fonds. Ces obstacles réfractent et diffractent les houles longues, d'ailleurs extrêmement rares à la côte.

- les limites des unités sédimentaires sont de plusieurs types:

- elles sont parfois fixes et infranchissables pour les sédiments du domaine intertidal, comme au niveau du Roc de Granville,

– elles peuvent être fixes car matérialisées par des pointements rocheux comme aux caps de Carteret et de Champeaux, mais permettent néanmoins le transit des sédiments sur la basse plage.

– enfin, elles peuvent être mobiles ou libres, matérialisées par des zones d'inversion de la dérive littorale résiduelle. Ces limites sont, pour le moment, localisées approximativement entre chacun des havres présents entre Carteret et Granville. Par contre plus au Sud, leur localisation est très incertaine. Le Bec d'Andaine constitue la terminaison extrême de la côte du Cotentin, sa progradation est limitée par la rivière de Genêts qui crée une discontinuité sédimentologique avec le système interne de la baie du Mont-Saint-Michel.

Par conséquent, à l'intérieur des deux ensembles Nord et Sud, séparés par le Roc de Granville, il est possible de distinguer, hypothétiquement, 10 unités sédimentaires centrées sur les havres de Carteret, Portbail, Surville, Saint-Germain-sru-Ay, Geffosse, Blainville, Regnéville, la Vanlée et les secteurs Saint-Pair – Carolles et Saint-Jean-le-Thomas – Genêts (fig.1).

Actuellement, de nombreuses incertitudes existent quant à la validité des limites de ces unités. Les échanges sédimentaires entre chaque unité existent néanmoins et les transports sédimentaires entre les bas estrans et le domaine subtidal proche sont méconnus. D'autre part, certains havres, comme celui du Thar, de Surville, de Geffosse, voire même de Blainville, ont un rôle minime dans la dynamique sédimentaire locale, car ils ont un fonctionnement très éphémère au cours d'un cycle de marée.

Neanmoins, CE DECOUPAGE SERVIRA, DANS UN PREMIER TEMPS, DE CADRE GEOGRAPHIQUE DE TRAVAIL POUR LES MESURES SUR LE TERRAIN. Il conviendra cependant de confirmer ou de modifier ce schéma en cours d'étude, pour arriver à une délimitation la plus précise possible des unités, et peut-être même des sous-unités sédimentaires en présence sur la côte ouest du Cotentin.

3) METHODOLOGIE D'ETUDE DU FONCTIONNEMENT DES UNITES SEDIMENTAIRES DE LA COTE OUEST DU COTENTIN.

Le cadre géographique initial des unités sédimentaires étant posé comme hypothèse, il convient maintenant d'analyser leur fonctionnement par le biais de diverses techniques.

Les phénomènes d'érosion littorale chronique, observés sur la côte ouest du Cotentin, traduisent une perte de sédiments au sein de chaque unité sédimentaire. Celle-ci doit être considérée comme un système à l'intérieur duquel les sédiments sont en perpétuelle mouvance sous l'action des paramètres dynamiques.

Afin de comprendre, d'expliquer et de résoudre le problème de l'érosion des plages et du trait de côte, il convient au préalable de connaître comment s'effectuent les déperditions de sédiments, déséquilibrant le budget sédimentaire d'une unité côtière.

De ce fait, il est nécessaire de connaître la mobilité des sédiments à l'intérieur de ce cadre pour le moment prédéfini, mais aussi d'évaluer les entrées et les sorties de sédiments dans ce type de système en prenant en compte également les zones de stockage sédimentaire temporaire et de piégeage (havres, éventails deltaïques, massifs dunaires..).

La mobilité sédimentaire et l'évolution morphométrique des plages sableuses de la côte ouest du Cotentin incluent les phénomènes d'érosion des plages et du trait de côte. Cette évolution doit être suivie en parallèle des paramètres hydrodynamiques générateurs des faits.

Il faut rappeler qu'il n'existe aucune donnée sur ce problème actuellement disponible sur la côte occidentale du département de la Manche.

Le fonctionnement des unités hydrosédimentaires devra être déduit de l'analyse simultanée des données de terrain concernant les processus dynamiques et les évolutions morphosédimentaires.

La connaissance de ce fonctionnement hydrosédimentaire des unités, dont les limites ont été hypothétiquement définies au préalable, passe par la mise en place d'un Réseau d'Observation et de Mesure In Situ (ROMIS).

A l'intérieur de ce ROMIS mis en place sur la côte entre Carteret et le bec d'Andaine, les caractéristiques principales des paramètres suivants seront enregistrées:

- les houles au large (par le Service Technique des Phares et Balises),
- les houles et clapots à proximité de la côte,
- les houles et clapots sur l'estran,
- les courants de marée et de houle à proximité de la côte,
- les courants de marée et de houle sur l'estran,
- la marée à proximité de la côte,
- la marée sur l'estran,
- la direction et l'intensité des vents sur la côte,
- la pression atmosphérique sur la côte,

- le recul ou l'avancée de la ligne de rivage,
- les fluctuations altimétriques des estrans,
- les caractéristiques sédimentologiques des sédiments,
- les transports sédimentaires sous l'action des courants, des houles, des courants et des houles conjugués, des courants dans le déferlement et sous l'action des vents.

Le ROMIS sera subdivisé en deux sous-programme de mesures et d'observations, qui seront néanmoins complémentaires:

- Certaines mesures se dérouleront sur une longue période, théoriquement celle de la durée totale de l'étude *in situ*, soit 3 années, avec une fréquence d'acquisition des informations séquentielle, différente selon les paramètres mesurés. Des interruptions seront néanmoins probables, notamment pour l'entretien du matériel ou dans des cas de force majeure. Les méthodes utilisées reposent sur une instrumentation ou un réseau de surveillance fixe. Ce type de mesures concerne les houles au large, les houles, les courants et la marée à proximité de la côte, la marée sur l'estran, les fluctuations de la ligne de rivage et les modifications topographiques de l'estran (fig.1).

- D'autres mesures se dérouleront de manière intensive durant **des campagnes de terrain d'environ 4 à 5 jours**, à une cadence de 10 sites d'expérimentation par année, correspondant aux 10 unités hydrosédimentaires prédefinies. Ces mesures reposent sur la mise en place d'une instrumentation mobile. Ce type de mesures concerne essentiellement les courants et les houles sur l'estran, ainsi que les transports sédimentaires (fig.2).

Après une première année de recherche sur le terrain, les campagnes se dérouleront de manière simultanée à l'intérieur de 2 unités hydrosédimentaires voisines. L'objectif de ce programme est d'améliorer la connaissance des échanges sédimentaires entre les unités aux limites libres prédefinies et d'améliorer la localisation de ces limites correspondant à un transport sédimentaire résiduel parallèle à la côte nul.

La troisième année devra compléter les résultats obtenus précédemment en focalisant notamment sur les sites où les transports sédimentaires sont complexes, nécessitant un **complément de mesures sur le terrain dans des conditions météorologiques et océanographiques différentes** de celles observées auparavant.

4) DETAIL DU PROGRAMME DE MESURES, OBJECTIFS ET FINALITES.

Le programme de mesures et de suivis de l'évolution de la côte ouest du Cotentin peut être subdivisé en deux parties:

- les mesures et observations des paramètres dynamiques,
- les mesures et les observations concernant l'évolution morphométrique et les transports sédimentaires.

4.1) LES PARAMETRES DYNAMIQUES.

Ils sont à l'origine des transports sédimentaires et par conséquent également responsables des phénomènes d'érosion littorale. Il est nécessaire d'apprécier le rôle de chaque agent de transport sur les sédiments, afin de définir de nouvelles lois de transport directement liés aux sites étudiés.

4.1.1) Les houles.

L'objectif des mesures de houles est de connaître les caractéristiques de ce phénomène à proximité et sur les estrans de la côte ouest du Cotentin. En effet, les houles contribuent activement à la mobilité sédimentaire sur les petits fonds et ont un rôle prépondérant dans la stabilité des hautes plages ouvertes de cette côte.

4.1.1.1) Méthodologie d'étude, objectifs et finalité.

La connaissance des caractéristiques générales de la houle sur toute la côte du Cotentin passe par plusieurs étapes successives, qui mèneront à une première approche de la délimitation des unités sédimentaires et de leur fonctionnement.

Les données que nous possédons sur les caractéristiques de la houle sur la côte ouest du Cotentin sont très succinctes. Elles sont disponibles uniquement dans la partie sud du terrain d'étude et ne concernent que les hauteurs et les périodes. Il n'existe aucun renseignement sur les directions de propagation à la côte, alors que ce paramètre conditionne fondamentalement les directions de transport sédimentaire sur les plages.

Ces quelques informations montrent cependant que les houles longues sont quasiment inexistantes. Pour les enregistrements réalisés devant le site de Granville, les houles de période moyenne supérieure à 10 secondes ne représentent pas plus de 8% de la totalité du spectre.

Il convient donc de s'interroger sur le rôle d'obstacle joué par les îles, îlots et archipels présents sur l'avant-côte du Cotentin qui semblent briser la houle longue en provenance du large. En d'autres termes, l'évolution morphosédimentaire de la côte sableuse de l'Ouest Cotentin est-elle strictement influencée par les mers de vent locales, générées par les tempêtes fréquentes dans cette région, ou les houles atlantiques participent-elles à cette évolution et dans quelle mesure?

La recherche d'une réponse à cette interrogation passe par l'intermédiaire d'une analyse qui s'appuiera sur des mesures *in situ* et sur l'utilisation de modèles mathématiques de propagation.

Fig.1

DELIMITATION DES 10 UNITES D'ETUDE SUR LE TERRAIN.

LOCALISATION ET TYPE DE MESURES DU R.O.M.I.S.

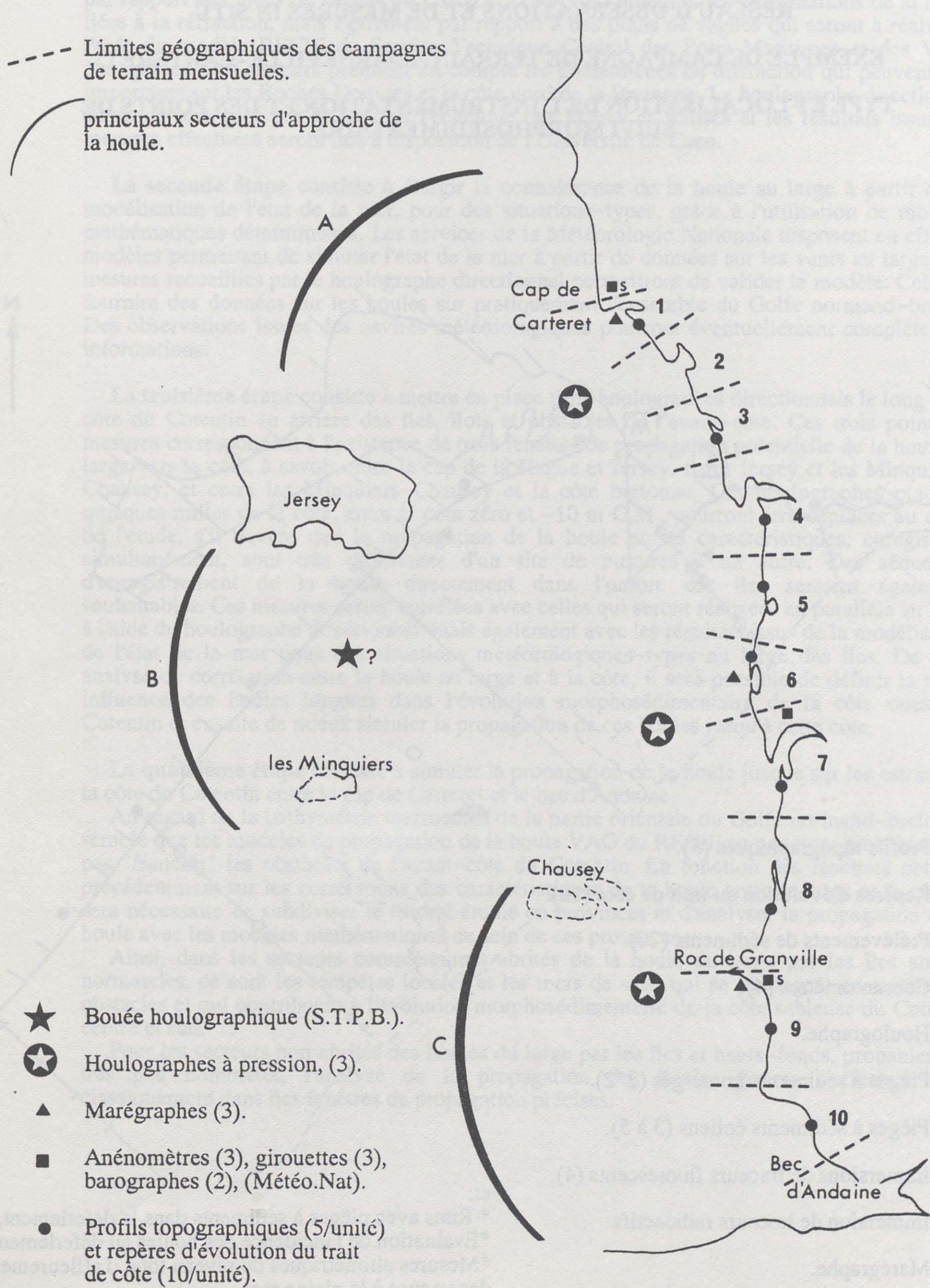
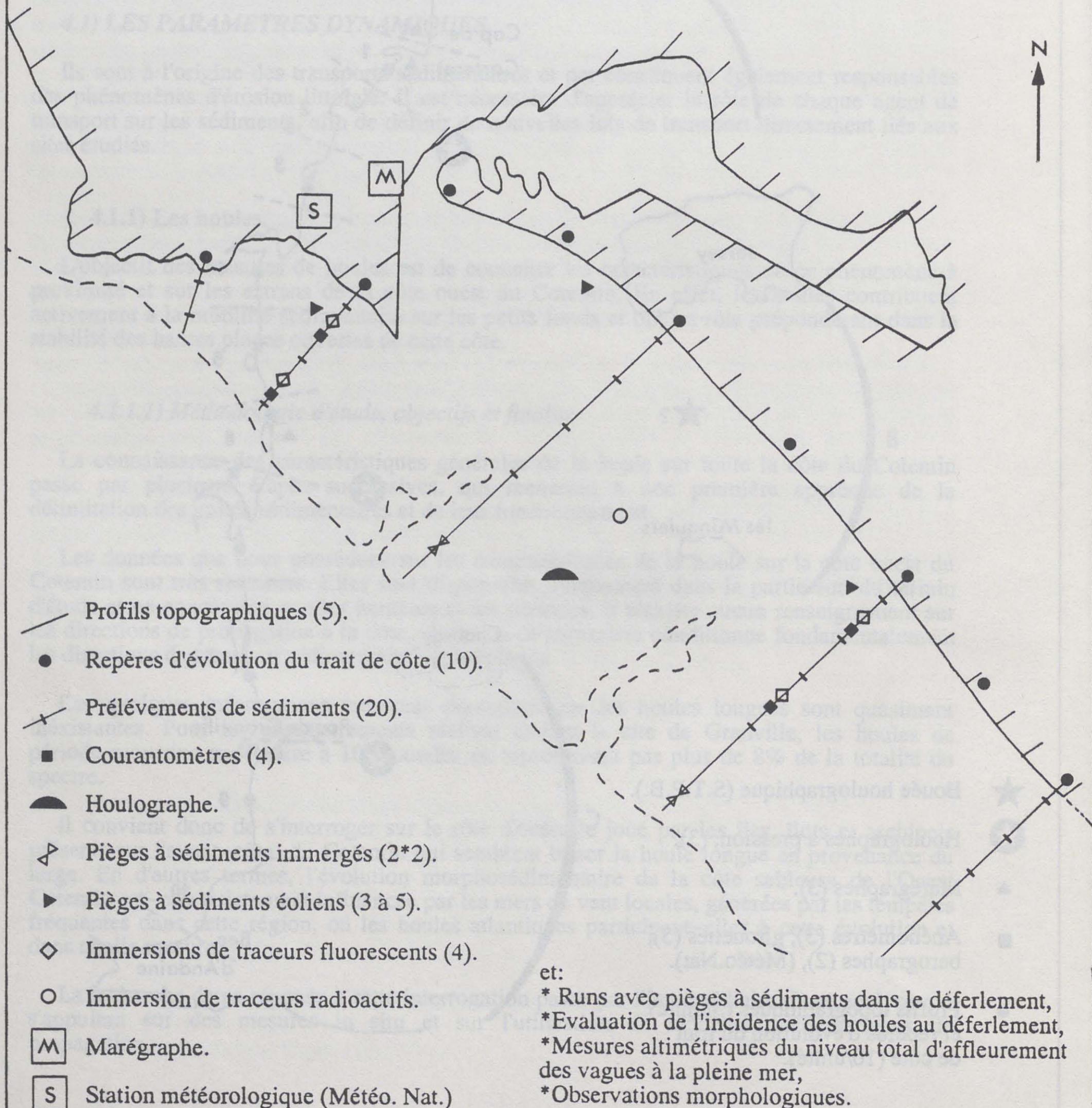


Fig. 2

RESEAU D'OBSERVATIONS ET DE MESURES IN SITU.

EXEMPLE DE CAMPAGNE DE TERRAIN A BARNEVILLE-CARTERET.

TYPE ET LOCALISATION DE L'INSTRUMENTATION ET DES POINTS DE SUIVI MORPHOSEDIMENTAIRE.



La première étape de cette phase consiste à mettre en place, le plus au large possible de la côte du Cotentin, un houlographe directionnel. Son site exact d'implantation sera déterminé par rapport aux plans de vagues du L.C.H.F. (1984) qui intègrent les déformations de la houle liées à la réfraction, mais également par rapport à des plans de vagues qui seront à réaliser à l'aide du modèle RECIF du Service Technique Central des Ports Maritimes et des Voies Navigables. Ces derniers prennent en compte les phénomènes de diffraction qui peuvent être importants sur les Roches Douvres et la côte nord de la Bretagne. Le houlographe directionnel envisagé sera géré par le Service Technique des Phares et Balises et les résultats issus des mesures effectuées seront mis à disposition de l'Université de Caen.

La seconde étape consiste à élargir la connaissance de la houle au large à partir d'une modélisation de l'état de la mer, pour des situations-types, grâce à l'utilisation de modèles mathématiques déterministes. Les services de la Météorologie Nationale disposent en effet de modèles permettant de simuler l'état de la mer à partir de données sur les vents au large. Les mesures recueillies par le houlographe directionnel permettront de valider le modèle. Celui-ci fournira des données sur les houles sur pratiquement l'ensemble du Golfe normand-breton. Des observations issues des navires météorologiques pourront éventuellement compléter ces informations.

La troisième étape consiste à mettre en place trois houlographes directionnels le long de la côte du Cotentin en arrière des îles, îlots et obstacles de l'avant-côte. Ces trois points de mesures correspondent à l'existence de trois fenêtres de propagation potentielle de la houle du large vers la côte, à savoir entre le cap de la Hague et Jersey, entre Jersey et les Minquiers-Chausey, et entre les Minquiers-Chausey et la côte bretonne. Ces houlographes placés à quelques milles de la côte, entre la cote zéro et -10 m C.M., pourront être déplacés au cours de l'étude, s'il s'avère que la propagation de la houle et ses caractéristiques, enregistrées simultanément, sont très différentes d'un site de mesures à un autre. Des séquences d'enregistrement de la houle directement dans l'ombre des îles seraient également souhaitables. Ces mesures seront corrélées avec celles qui seront réalisées en parallèle au large à l'aide du houlographe directionnel, mais également avec les résultats issus de la modélisation de l'état de la mer pour des situations météorologiques-types au large des îles. De cette analyse de corrélation entre la houle au large et à la côte, il sera possible de définir la réelle influence des houles longues dans l'évolution morphosédimentaire de la côte ouest du Cotentin et ensuite de mieux simuler la propagation de ces houles jusqu'à cette côte.

La quatrième étape consiste à simuler la propagation de la houle jusque sur les estrans de la côte du Cotentin entre le cap de Carteret et le bec d'Andaine.

Au regard de la bathymétrie tourmentée de la partie orientale du Golfe normand-breton, Il semble que les modèles de propagation de la houle VAG ou RECIF ne pourront probablement pas "franchir" les obstacles de l'avant-côte du Cotentin. En fonction des résultats obtenus précédemment sur les corrélations des caractéristiques de la houle entre le large et la côte, il sera nécessaire de subdiviser le littoral étudié en provinces et d'analyser la propagation de la houle avec les modèles mathématiques au sein de ces provinces.

Ainsi, dans les secteurs complètement abrités de la houle du large par les îles anglo-normandes, ce sont les tempêtes locales et les mers de vent qui se propagent en arrière des obstacles et qui contribuent à l'évolution morphosédimentaire de la côte sableuse du Cotentin centre et sud.

Pour les secteurs non abrités des houles du large par les îles et hauts-fonds, probablement très peu nombreux, l'analyse de la propagation des houles pourra s'effectuer plus classiquement dans des fenêtres de propagation précises.

La dernière étape de cette phase d'analyse consiste à définir statistiquement les conditions de houle en terme de hauteur, période et direction sur les estrans de la côte ouest du Cotentin. Cette étape comporte deux approches distinctes.

Tout d'abord, l'utilisation des modèles de propagation de la houle jusqu'à la côte, validée par des mesures *in situ* en trois points différents, devra permettre de simuler un maximum de situations houlographiques représentatives tenant compte de la provenance de la houle, de différentes hauteurs, de différentes périodes et de l'épaisseur de la lame d'eau au-dessus du zéro des cartes marines.

La prise en compte des courants de marée comme paramètre modifiant l'incidence de propagation de la houle est nécessaire compte tenu de leur intensité sur le secteur d'étude. L'utilisation du modèle RECIF-COURANT semble appropriée pour tenir compte de ce phénomène. Il devra être alimenté par des données courantométriques issues d'un maillage à pas constant relativement fin. Nous évoquerons les méthodes pour obtenir ces données dans le chapitre traitant de l'étude des courants de marée.

Ensuite, des mesures et une analyse de la houle seront réalisées à l'intérieur même de la zone intertidale, au sein de la zone de déferlement et de la zone de surf. Des capteurs permettront de mesurer la hauteur de la houle, qui sera ensuite directement corrélée avec les observations des houlographes directionnels situés au large. La réalisation de mosaïques de photographies aériennes en complément d'observations visuelles permettra d'analyser les directions d'approche de la houle sur l'estran et de connaître l'angle de déferlement conditionnant directement les directions de transport sédimentaire.

Ces deux approches, l'une théorique et l'autre pratique permettront d'aboutir à une définition précise des caractéristiques de la houle sur les estrans et pourront être par la suite utilisées pour quantifier les transports sédimentaires intertidaux.

En parallèle, la valeur du run-up, conditionnant pour partie l'intensité des phénomènes d'érosion du trait de côte, sera également analysée, notamment au moment des pleines mers, à partir de la comparaison entre les données marégraphiques et la mesure altimétrique du niveau total d'affleurement des vagues. Ces résultats seront traités statistiquement afin d'évaluer leurs caractéristiques extrêmes et d'apprécier leurs corrélations avec la hauteur des vagues à la côte.

Par ailleurs, compte tenu de la quasi absence de houle longue sur la côte du Cotentin entre Carteret et le bec d'Andaine, il sera intéressant de corrélérer les données houlographiques à la côte (notamment la direction de propagation) avec la vitesse et à la direction des vents sur la côte ouest du Cotentin.

La définition de corrélations renforcera la nécessité d'étudier principalement la propagation de la houle à partir de modèles dont l'origine sera localisée en arrière des îles anglo-normandes. Cette analyse devra révéler également le rôle fondamental des tempêtes locales dans l'évolution morphosédimentaire de la côte ouest du Cotentin.

CARTER (1988) propose une méthodologie pour définir et délimiter les unités ou cellules côtières à partir de la modélisation de la propagation des houles jusqu'à la côte.

Les plans de vague réalisés vont indiquer et localiser des zones de convergence et de divergence des orthogonales de houles liées aux phénomènes de réfraction et de diffraction sur l'avant-côte. La direction du courant d'obliquité engendré par la houle sera donc fonction de l'angle de déferlement, lui-même fonction de l'angle d'approche des houles à la côte. Il sera donc possible d'individualiser des secteurs de côte où le courant d'obliquité sera opposé et même de localiser les secteurs où les houles arrivent normalement à la côte, c'est à dire avec une incidence nulle. Ces secteurs où le courant d'obliquité est nul correspondent à des points d'inversion de la dérive littorale générée par les courants d'obliquité.

Sur la côte sableuse du Cotentin, compte tenu de la bathymétrie des fonds, du tracé de la côte et de ses multiples orientations, et bien évidemment en fonction des caractéristiques de la houles (hauteur, période et direction au large) ainsi que du marnage, les points d'inversion de la dérive littorale changent de localisation fréquemment. La structure de l'unité ou cellule hydrosédimentaire se modifie consécutivement. En se basant sur les statistiques annuelles de houles, la synthèse des différents plans de vague réalisés pour une palette complète de situations océanographiques permettra de définir les caractéristiques de la dérive littorale résiduelle théorique sur la côte du Cotentin et de localiser ses points d'inversion avec une assez grande précision.

Les résultats de ces calculs seront calibré par des indicateurs de la direction résiduelle de la dérive littorale comme certains indices morphologiques, les accumulations sédimentaires de part et d'autre des épis ou comme nous le verrons par la suite par les résultats issus des expériences de traceurs.

Ainsi, les mesures de houles permettront:

- d'une part, d'affiner la connaissance de leurs caractéristiques générales et notamment directionnelles au large et à la côte. Ces données seront donc utilisables directement pour le dimensionnement des ouvrages de protection contre la mer.
- d'autre part, de préciser le rôle de "barrière" des îles, îlots et hauts-fonds sur l'avant-côte du Cotentin, notamment dans l'optique de l'utilisation des modèles de propagation. Enfin, cette dernière étape est fondamentale pour analyser de manière théorique les directions résiduelles de transport sédimentaire et définir plus précisément les limites des unités sédimentaires côtières.

4.1.1.2) les modalités de mesure de la houle.

* Au large, les mesures de la houle se feront à l'aide d'une bouée directionnelle de type WADIBOY ou WAVEC-DATAWELL que doit acquérir le Service Technique des Phares et Balises (annexe 1). Le choix du matériel n'est pas encore arrêté.

Le principe de fonctionnement de ces bouées est à peu près similaire, à savoir la bouée suit les mouvements de la surface de l'eau et mesure à l'aide de capteurs, le roulis, le tangage et le pilonnement, ainsi que le cap magnétique. Le capteur de roulis, tangage et pilonnement est monté au centre de la bouée. Le pilonnement est obtenu par une double intégration de l'accéléromètre vertical, alors que le roulis et le tangage sont obtenus par la mesure d'angle de l'accéléromètre qui reste dans le plan vertical par rapport au corps de bouée. La lecture du compas se fait par l'intermédiaire d'une aiguille s'orientant dans le sens du champ magnétique sur un potentiomètre.

Les données enregistrées, à 2Hz pendant environ 18 minutes toutes les trois heures, sont ensuite stockées par l'intermédiaire d'une centrale d'acquisition à faible consommation. Les informations brutes ou pré-traitées peuvent ensuite être transmises à terre par VHF (150 à 170 Mhz) ou par l'intermédiaire du système ARGOS. Selon les cas, les données sont recueillies, soit par un récepteur VHF connecté à un micro-ordinateur, soit par le centre ARGOS de Toulouse. Il sera alors possible d'interroger ce centre par le biais d'un minitel relié à un micro-ordinateur pour permettre la récupération des données.

Celles-ci seront ensuite traitées par le biais de programmes livrés par les fournisseurs du matériel. Ces logiciels permettent le calcul de spectre de houle directionnelle. Les logiciels fournissent la hauteur significative Hs, la période significative Ts, l'énergie totale et la décomposition du spectre en 32 bandes de fréquences. Des représentations graphiques permettent de visualiser les résultats (annexe 1).

Actuellement, le site de mesure n'est pas précisément défini. Une localisation de la bouée entre Jersey et le plateau des Minquiers ($49,5^{\circ}$ N et $2,10^{\circ}$ W) serait à priori idéale, mais il convient au préalable de connaître l'influence des Roches Douvres situées plus à l'Ouest sur la propagation des houles dans le Golfe et principalement dans cette zone (fig.1). Par ailleurs, d'autres problèmes pratiques, comme le temps de navigation pour atteindre la bouée, peuvent contraindre à une localisation plus côtière.

* A proximité de la côte, entre la cote zéro et -10 m C.M., trois houlographes directionnels seront implantés (fig.1). Leur localisation n'est pas définie avec précision, car elle demande un examen de quelques plans de vague au préalable. Le matériel qui sera mis en place repose sur une technique tout à fait différente de celle évoquée précédemment pour mesurer la houle au large. Le choix du matériel n'est pas encore arrêté (annexe 2).

Cette technique associe un courantomètre électromagnétique et un capteur de pression posé sur le fond. L'eau se déplaçant dans un champ magnétique entre les électrodes du courantomètre produit un voltage proportionnel à la vitesse du courant. La direction de propagation des vagues est donc mesurée grâce à l'analyse de la vitesse et de la direction du courant. Cette analyse permet d'en déduire chaque composante de vitesses orbitales de la houle, alors que la hauteur des vagues est mesurée à l'aide d'un capteur de pression haute résolution. Un algorithme de traitement Fast Fourier Transform (F.F.T.) permet une analyse simplifiée des résultats.

La fréquence d'acquisition des données brutes est de 2 Hz pendant une durée programmable pouvant être équivalente à 18 minutes toutes les trois heures. La récupération des données s'effectue directement à partir de la sortie série du capteur. Cette récupération nécessite de se rendre sur le point de mouillage de l'appareil, de le remonter, de vider sa mémoire et de le remettre en place. L'analyse des houles se traite donc en temps différé.

Le logiciel de traitement permet d'obtenir toute une série d'informations par "burst" (séquence d'enregistrement), notamment:

- la hauteur significative,
- la déviation standart du "burst",
- la période significative,
- l'énergie des vagues en fonction de la fréquence,
- la direction des vagues en fonction de la fréquence,
- l'étalement du spectre,
- le niveau marégraphique moyen,
- les courants de marée moyens.

L'ensemble de ces résultats sont disponibles sur fichiers ou traduits graphiquement (annexe 2). Les spécifications techniques de ce type d'appareil disponible sur le marché sont précisées en annexe .

Les mesures de houles, aussi bien au large, qu'à proximité de la côte se dérouleront durant toute la durée de la phase de mesure *in situ*, c'est-à-dire entre l'automne 1990 et le printemps 1993, sous réserve d'interruptions liées à des cas de force majeure.

* Sur l'espace intertidal de la côte ouest du Cotentin, la mesure de la houle est beaucoup plus contraignante du fait du marnage important, de la largeur des plages sableuses et des risques de détérioration du matériel. Celui-ci étant fragile, les mesures seront donc ponctuelles, avec une période de fonctionnement associée aux campagnes de terrain effectuées mensuellement. Ces mesures seront complémentaires de la mise en oeuvre de nombreuses autres techniques visant à quantifier les transports sédimentaires.

Plusieurs types de matériels peuvent permettre l'enregistrement de la houle sur l'espace intertidal:

- les perches à houles capacitives ou résistives (annexe 3); leur implantation nécessite un support vertical comme l'extrémité d'une jetée. Les musoirs des jetées de Carteret et de Granville pourraient servir de support. Par contre, ce matériel ne peut pas être déplacé en dehors des secteurs de côte où il est fixé. Par ailleurs, ces perches sont très sensibles aux hydrocarbures et aux algues, qui peuvent les mettre en court-circuit. Une protection et un entretien régulier est donc nécessaire.
- les capteurs de pression (annexe 3); ils ont l'avantage de pouvoir être facilement déplaçables en fonction des sites de campagnes. Par ailleurs, ils sont moins sensibles à la salissure que les perches.

L'enregistrement des données se fera par l'intermédiaire d'une centrale d'acquisition qui fonctionnera en phase avec l'enregistrement des houles au large, au moins pendant la durée des campagnes de terrain mensuelles. Le traitement s'attachera à déterminer les caractéristiques principales de la houle sur l'estran: la hauteur significative, la hauteur maximale, la période... La direction de propagation ne sera pas mesurée.

La connaissance de l'angle de déferlement des vagues au cours de ces campagnes de terrain sera déduit de séries de prises de vues aériennes montées en mosaïque, réalisées à l'aide d'un avion de type modèle réduit. Dans la limite des conditions météorologiques de vol, les couvertures photographiques seront effectuées en fonction de la diversité des situations houlographiques sur le secteur d'étude de la campagne de terrain, c'est-à-dire le cadre géographique d'une unité sédimentaire prédefinie. Des observations visuelles compléteront cette approche.

4.1.2) La marée et les courants de marée.

Dans une région où le marnage peut atteindre près de 15 m, la fluctuation du niveau du plan d'eau statique est un paramètre important qui module en intensité et en localisation les transports sédimentaires qui se produisent sous l'action des courants et des houles.

4.1.2.1) la marée.

L'objectif de l'acquisition des données marégraphiques est de pouvoir en permanence, lors des campagnes de terrain, évaluer la hauteur d'eau au-dessus des fonds sédimentaires. Ce paramètre est fondamental dans toute évaluation théorique des transports sédimentaires sous l'action des houles ou des courants de marée.

Par ailleurs, l'enregistrement des données marégraphiques a également pour autre objectif, l'amélioration des prévisions marégraphiques à la côte du Cotentin entre Carteret et le bec d'Andaine. Il sera ainsi possible, d'une part de redéfinir la position précise du zéro marégraphique par rapport au zéro I.G.N.69, d'autre part, d'apprécier les phénomènes de surcotes sur la totalité de la côte.

Trois systèmes d'acquisition sont prévus pour améliorer la connaissance du phénomène de marée dans cette région et intégrer ce paramètre comme modulateur du fonctionnement des unités hydrosédimentaires. Ces données seront complémentaires des résultats, concernant le niveau d'eau moyen, issus des capteurs de pression situés plus au large.

Les marégraphes qui seront utilisés appartiennent à deux catégories différentes:

– un marégraphe offshore à capteur de pression, de type SLS 23, fréquemment utilisé par le Service Hydrographique de la Marine (annexe 4). Il sera implanté sous le niveau des plus basses mers, permettant d'obtenir, après correction de la pression atmosphérique et traitement, la courbe de marée complète. Plusieurs sites de mesures sont prévus afin d'affiner les prévisions marégraphiques le long de la côte ouest du Cotentin et déterminer exactement la position du niveau des plus basses mers et sa dénivellation avec le réseau altimétrique terrestre (I.G.N. 69). La durée des campagnes, de 3 à 6 mois permettra d'envisager au moins 4 postes de mesures, à savoir: au droit de Carteret, Saint-Germain-sur-Ay, Coutainville et Granville. Il est nécessaire de préciser que pour obtenir les résultats escomptés, un second marégraphe doit être en service, en même temps, au port de référence le plus proche, c'est-à-dire à Saint-Malo. En effet, Le S.H.O.M. qui sera chargé du traitement des données a besoin de deux sites d'enregistrements, dont un, où la marée est parfaitement connue, pour appliquer la méthode des concordances. Actuellement, un marégraphe appartenant à l'E.D.F. fonctionne à Saint-Malo, mais ne semble pas donner satisfaction au S.H.O.M. pour permettre d'établir une bonne prévision marégraphique sur la côte ouest du Cotentin. Une autre solution est à rechercher en collaboration avec le S.H.O.M.

– deux marégraphes de quai à capteur de pression ou à flotteur (annexe 4); Ce dispositif moins onéreux permettra d'apprécier la partie supérieure de la courbe de marée et surtout de connaître le niveau de pleine mer observé. Ils permettront de définir les surcotes de pleine mer pour deux sites de la côte ouest du Cotentin, à savoir: Carteret ou Portbail et Granville, où l'infrastructure existe pour installer ce type de matériel. Le système d'acquisition de données numérique Hydrus est largement préférable à un enregistrement de la courbe de marée sur papier (dispositif R.16 classique), car il évite de nombreuses erreurs dues au dépouillement.

4.1.2.2) les courants de marée.

Les courants de marée en-dessous de la cote zéro des cartes marines sont bien connus grâce aux derniers modèles mathématiques de l'IFREMER. Actuellement le modèle Manche précise les courants de marée aux noeuds d'une maille de un mille de coté. A la fin de l'année 1990, les mêmes résultats seront disponibles avec une maille de 500 m.

Pour la zone Blainville-Granville, l'IFREMER prévoit de réaliser en 1990 un modèle côtier de détail avec une maille encore plus fine, d'environ 100 à 200 m de coté, couvrant par conséquent avec une bonne précision l'espace intertidal relativement large dans ce secteur littoral. Il est souhaitable que ce modèle soit étendu à l'ensemble de la côte ouest du Cotentin entre Carteret et le Bec d'Andaine. Une connaissance plus fine des courants de marée permettrait d'améliorer la connaissance de la propagation de la houle réfractée par les courants, notamment sur les estrans, au débouché des havres, en période de vives-eaux.

Les résultats de ce modèle permettraient d'avoir disponibles des données homogènes sur les courants de marée et d'apprécier leur capacité de transport par le biais de formules de calcul de type ENGELUND-HANSEN. Bien évidemment, ces résultats seraient complémentaires du schéma de circulation sédimentaire résiduel obtenu par le biais des plans de vagues. Ces modèles de courants étendus aux transports sédimentaires ne sont probablement plus valables lorsque l'action de la houle se superpose à celle des courants.

Les courants de marée sur l'espace intertidal seront en fait mesurés en parallèle des expériences de traceurs fluorescents ou de piégeages des sédiments dans le déferlement, lors des campagnes de terrain. Cependant, ils serviront également à valider les résultats du modèle de courant de l'IFREMER.

4 courantomètres électromagnétiques seront utilisés lors des campagnes de terrain qui seront menées successivement à l'intérieur des unités hydrosédimentaires prédefinies comme hypothèse de travail. Ils seront directement associés à un point d'immersion de traceurs fluorescents. La mise en place de cette instrumentation s'effectuera sur deux profils de plage perpendiculaires au trait de côte, sur la basse et la haute plage, le plus souvent de part et d'autre de l'embouchure d'un havre.

Compte tenu de leurs spécifications techniques, ces courantomètres, que l'on retrouve sur les systèmes de mesures de la houle directionnelle, sont capables de mesurer les courants générés aussi bien par la houle que par les marées. Ils sont particulièrement bien adaptés aux conditions difficiles d'enregistrement, notamment dans les milieux turbulents, grâce à leur capteur statique. Par ailleurs, ils sont beaucoup moins perturbés par la présence d'algues que les dispositifs électromécaniques à rotor.

Les systèmes actuellement retenus sont au nombre de deux:

- le courantomètre électromagnétique Marsh Mac Birney, modèle 551, couramment utilisé par le Coastal Ingineering Research Center aux Etats-Unis ou au Canada dans le programme C2S2 (GILLIE, 1984), pour les mesures de courants dans la zone de déferlement (annexe 5).
- son homologue anglais, de type annulaire, commercialisé par la société Suber de Brest, qui possède pratiquement les mêmes caractéristiques techniques que le M.M.B. Ce courantomètre est d'ailleurs utilisé dans le dispositif de mesure directionnel de la houle DW 210 C (annexe 2).

L'acquisition des données se fera, soit sur une mémoire de masse interne, soit directement sur une centrale d'acquisition et un micro-ordinateur portable, par l'intermédiaire d'un câble de liaison entre la structure supportant le courantomètre et le haut de plage hors d'eau. La fréquence d'acquisition sera de 4 Hz compte tenu des vitesses dans le déferlement. L'enregistrement se fera en parallèle des expériences permettant d'évaluer les débits solides sur l'estran.

Ces données seront analysées dans le but de comprendre l'action des courants de marée sur les transports sédimentaires intertidaux, par rapport à ceux générés par la houle au niveau du déferlement et qui balaien l'estran au cours d'un cycle de marée. Avec des mesures de houle en parallèle, ils permettront d'apprécier les interactions houle-courant et leurs influences sur les sédiments.

4.1.3) Les vents et la pression atmosphérique.

Les vents (direction et intensité) et la pression atmosphérique sont deux paramètres météorologiques qui agissent sur le plan d'eau statique engendrant les phénomènes de surcotes et la formation des mers de vent ou clapots. Par ailleurs, le vent est directement responsable des transports sédimentaires éoliens sur les estrans, permettant la reconstitution des dunes bordières et l'engraissement des hautes plages quand il provient de la mer.

Ces paramètres sont actuellement enregistrés en permanence aux sémaphores de Carteret et de Granville . Ces données sont donc facilement accessibles et récupérables sur des supports informatiques par le biais du Centre Départemental de la Météorologie Nationale.

Dans le cadre du contrat plan Etat-Région, une station météorologique, incluant un anémomètre et une girouette, devrait être installée sur la côte ouest du Cotentin. La région d'Agon-Coutainville comme site d'implantation, à mi-chemin entre les deux sites de mesures actuels, constituerait un lieu privilégié, parfaitement complémentaire des sémaphores actuellement fonctionnels. Ces données devraient être également facilement accessibles dès 1990 pour être analysées.

La nécessité de mettre en place un capteur de pression atmosphérique sur cette station n'est pas justifiée compte tenu des gradients de pression qu'il est possible d'enregistrer entre Carteret et Granville. Le Centre départemental de la Météorologie Nationale nous a précisé que lors du passage de dépressions particulièrement creusées, le gradient de pression entre les deux sémaphores de la côte ouest du Cotentin ne dépasse pas 3 hectopascals. La dénivellée du plan d'eau marin ne dépasserait pas 3 cm entre ces deux sites, valeur comprise dans l'ellipse d'incertitude des mesures marégraphiques en condition de tempête. Les variations du plan d'eau statique liées à la pression atmosphérique peuvent donc être considérées comme constantes sur la côte ouest du Cotentin. Les deux sites d'enregistrement de la pression atmosphérique dans les sémaphores de Granville et de Carteret suffisent largement.

Les enregistrements concernant la vitesse et la direction des vents sur les sites de Carteret, d'Agon-Coutainville et de Granville serviront:

- à étudier lors d'une série de situations météorologiques représentatives des conditions annuelles, les corrélations avec les données houlographiques (hauteur et direction de propagation) mesurées à proximité de la côte sur les trois points de mesures prévus. L'objectif sera de définir l'orientation des crêtes de houle à proximité de la côte à partir des données sur les vents. L'analyse du phénomène de run-up sera mis également en relation avec la hauteur des vagues, leur provenance et la vitesse et l'orientation des vents.

- à analyser les transports sédimentaires éoliens sur les estrans et notamment à corrélérer les débits solides éoliens avec les caractéristiques des vents. L'utilisation d'un anémomètre et d'une girouette de terrain directement associée au site de mesures des transports éoliens permettra d'évaluer les conditions aérodynamiques locales et de se rattacher, par corrélation, aux stations d'enregistrements fixes. Pour chaque site de mesure des débits solides, il sera possible d'apprécier les transports éoliens annuels à partir de statistiques disponibles pour le site de Granville. Ces mesures locales seront effectuées lors de la mise en place des pièges à sédiments éoliens dans le cadre des campagnes de mesures réalisées mensuellement.

4.2) LE SUIVI DE L'EVOLUTION DES UNITES SEDIMENTAIRES.

L'appréciation de la mobilité sédimentaire sur la côte du Cotentin sera analysée à différentes échelles temporelles. Les mesures et analyses intégreront, selon les cas, des périodes d'évolution pluri-annuelles, annuelles, saisonnières, hebdomadaires ou de l'ordre de quelques heures.

Pour les échelles d'observation de courte durée, inférieures à la durée du programme d'étude *in situ*, ce suivi sera réalisé en parallèle des mesures concernant les paramètres dynamiques. En effet, afin de définir des dispositifs de protection en accord avec le fonctionnement du milieu naturel, il est nécessaire d'étudier la cinématique des formes et des formations sédimentaires, et de la corrélérer avec les agents dynamiques qui seront mesurés comme nous l'avons décrit ci-dessus.

La finalité de cette phase est de définir des relations-clefs et des lois caractérisant l'état d'équilibre dynamique des systèmes sédimentaires côtiers et bien sûr d'affiner la définition des limites de ces unités, ainsi que les caractéristiques des échanges sédimentaires avec leur environnement immédiat.

4.2.1) Caractéristiques morphodynamiques et sédimentologiques.

Avant d'essayer de comprendre comment et dans quelle proportion les sédiments de la côte du Cotentin sont mobilisés sous l'action des paramètres dynamiques, il convient de définir leur caractéristiques sédimentologiques et le contexte morphologique dans lequel ils s'inscrivent.

L'étude morphologique des estrans de la côte ouest du Cotentin a déjà été amplement effectuée par l'E.P.H.E.(1986). Les documents réalisés, couvrant le secteur d'étude entre le cap de Carteret et le bec d'Andaine, sont à l'échelle du 1/8000 ème, retrançrits au 1/25000 ème.

Il convient de compléter ces documents, en indiquant la signification dynamique des différents indices morphologiques. Les cartes, ainsi détaillées, seront véritablement morphodynamiques, précisant la circulation sédimentaire sur ce littoral de manière résiduelle. Ce type d'approche sera comparé aux résultats obtenus par d'autres méthodes pour préciser le fonctionnement des unités hydrosédimentaires côtières.

Pour les réaliser, l'utilisation de photographies aériennes de terrain prises à différentes dates, ainsi que des reconnaissances de terrain permettront d'affiner l'interprétation morphologique.

La connaissance des caractéristiques des sédiments présents sur la côte ouest du Cotentin est tout à fait fondamentale pour expliquer les transports sédimentaires en fonction des énergies libérées par les processus dynamiques.

La synthèse bibliographique montre qu'il existe de nombreuses données sur ce sujet, aussi bien sur le domaine subtidal proche que sur les estrans.

Néanmoins, il faut rappeler que les prélèvements de sédiments superficiels effectués sur l'ensemble de cette côte correspondent à un échantillonnage dans des conditions hydrodynamiques toujours très particulières et probablement différentes selon les sites.

Afin d'éviter ce problème, et pour mieux comprendre les relations entre les transports sédimentaires, dont les matériaux possèdent une certaine granulométrie, et les caractéristiques des agents dynamiques, les prélèvements de sédiments s'effectueront lors des campagnes de terrain.

Ainsi, cette démarche permettra d'associer les volumes de matériaux transportés, les caractéristiques de ces matériaux et l'intensité des processus qui génèrent les transports (courants et houles).

Les prélèvements s'effectueront directement sur l'estran ou sur les fonds du domaine subtidal proche. Leur positionnement précis permettra, au cours des années successives de terrain, de refaire l'échantillonnage aux mêmes endroits, pour percevoir les modifications sédimentologiques qui pourront intervenir. Par ailleurs, les sédiments recueillis dans les pièges utilisés aussi bien sur le platier que dans le déferlement, seront également analysés et leurs caractéristiques seront comparées à celles des stocks sédimentaires en place. Au total, environ une vingtaine d'échantillons sera prélevée au cours de chaque campagne de terrain.

L'analyse de ces sédiments permettra de définir:

- les spectres granulométriques,
- les paramètres caractéristiques essentiels (médiane, indices centraux, indice de dispersion, indice de dissymétrie),
- les taux de CaCO₃,

En outre, ces résultats pourront être utilisés dans le calcul des débits solides à l'aide de formule de type ENGELUND, MEYER-PETER...

4.2.2) Suivi des évolutions morphométriques.

Cette analyse intéressera à la fois les domaines supra, inter et subtidaux. Diverses techniques auront pour objet de quantifier la mobilité sédimentaire à l'intérieur de ces domaines, à des échelles de temps différentes.

4.2.2.1) Evolution morphométrique du trait de côte.

L'évolution du trait de côte de l'Ouest Cotentin sera analysée à partir des photographies aériennes verticales de l'I.G.N. telle que cela a été décrit dans le paragraphe 1.1) du programme d'étude joint en annexe de la convention établie entre le Département de la Manche et l'Université de Caen. La comparaison des tracés du rivage à plusieurs dates depuis 1947, voire 1927 pour certaines zones, permettra d'apprécier les secteurs en engrangissement et ceux en érosion. Elle permettra également de quantifier approximativement les volumes de sables qui ont été piégés dans la formation de nouvelles dunes et ceux qui ont été, au contraire, arrachés au stock de sédiments dunaires mis en place à l'Holocène et qui peuvent alors participer au fonctionnement des unités sédimentaires côtières.

Les techniques utilisées seront très simples. Après le report cartographique à une échelle commune du 1/5 000 ème, les zones érodées ou qui ont progradé seront planimétrées. Ensuite, au regard de l'altitude actuelle des dunes et de profils dunaires anciens, l'estimation des hauteurs érodées ou sédimentées permettra d'apprécier les ordres de grandeur des volumes de matériaux en mouvement entre le domaine supra et intertidal, sur une longue période d'observation.

A une échelle de temps beaucoup plus courte, celle de la durée de l'étude in situ, c'est à dire 3 années, les fluctuations de la ligne de rivage seront mesurées et analysées en parallèle de l'enregistrement des paramètres hydrodynamiques.

Les falaises dunaires sont en effet très évolutives au gré des saisons et il convient d'apprécier soit leur érosion, soit leur engrangissement par l'intermédiaire du suivi de la position du trait de côte qui est matérialisée par une corniche dunaire nette ou par une limite de végétation dans le cas de dunes convexes.

Ces fluctuations révèlent en fait les échanges sédimentaires entre l'estran et l'espace supratidal de manière instantanée par rapport à l'approche résiduelle précédente. Elles intègrent, soit des périodes d'accumulations éoliennes, soit des phases érosives, en tempête.

La quantification de ces échanges sera effectuée à partir de mesures de distance entre la limite des plus hautes eaux précédemment décrite et deux repères fixes implantés sur un profil perpendiculaire au trait de côte (CLANCY, 1983; LEVOY, 1985). Le profil de la dune sera préalablement levé afin de connaître son état topographique initial permettant ensuite une analyse des volumes de sédiments érodés ou accumulés.

100 stations repères seront implantées le long du littoral étudié, soit environ 10 par unité sédimentaire pré définie. L'espacement entre les sites de mesures sera le plus régulier possible, mais dépendra de la configuration du terrain et de l'intérêt à suivre certaines zones très évolutives comme le montrera au préalable l'analyse de l'évolution historique du trait de côte à partir des photographies aériennes. L'évolution régressive de certains secteurs où des biens sont menacés à court terme sera également à suivre en priorité.

6 relevés seront effectués annuellement, soit avec une périodicité de deux mois. Néanmoins, en cas de tempête érosive, la date des relevés pourra être modifiée afin de connaître exactement l'impact de ces événements en terme de volume de sédiments érodé contribuant brutalement à l'alimentation des systèmes sédimentaires côtiers. Les résultats seront présentés sous une forme graphique par station de mesures et par période pour différentes stations.

Les résultats de ces analyses permettront, d'une part d'affiner l'évolution prévisionnelle du trait de côte déduite de l'analyse historique des fluctuations de la ligne de rivage, d'autre part de quantifier les échanges sédimentaires entre l'estran et l'espace supratidal bordier en parallèle du suivi altimétrique du plan d'eau statique. Ces dernières informations sont tout à fait indispensables pour préciser le fonctionnement des unités sédimentaires côtières et notamment dans le cas présent, les échanges –entrées ou sorties de sédiments– entre un espace véritablement fonctionnel, l'estran, et un espace fossile, les réservoirs de stockage sédimentaires que constituent les massifs dunaires.

4.2.2.2) Evolution morphométrique des estrans.

Les estrans de la côte ouest du Cotentin possèdent une topographie particulièrement évolutive notamment sous l'influence des tempêtes. Ces fluctuations altimétriques sont le reflet d'une importante mobilité sédimentaire.

Le suivi des variations topographiques des estrans constitue un moyen de quantifier les transports sédimentaires et d'en déduire des bilans sur la période d'étude considérée (WEBER, 1978; C.E.R.C., 1981 et 1982; LEVOY, 1986).

Sur la côte ouest du Cotentin, 50 profils de plage seront suivis à raison de 3 levés par an. La périodicité des levés ne sera pas régulière car elle s'efforcera de prendre en compte des conditions évolutives particulièrement significatives, à savoir des évolutions marquées suite à des périodes de tempête.

La répartition des profils le long de la côte ne sera pas régulière. Les profils seront plus serrés dans les secteurs fortement évolutifs, où la morphologie de détail est dense, alors qu'au contraire, ils seront plus espacés sur les estrans où les indices morphologiques de transport sédimentaire sont absents.

Par ailleurs, l'emplacement de ces profils de plage sera directement associé au réseau de stations permettant d'évaluer le recul ou l'avancée du trait de côte. Les repères de ces stations serviront également de point-origine pour la réalisation des profils de plage.

Cette dernière opération sera effectuée grâce à l'utilisation d'un théodolite électronique associé à un distancemètre infrarouge. Ce matériel permet d'effectuer un positionnement précis et de déterminer les coordonnées du point visé à une distance de plusieurs centaines de mètres par rapport à la station de mesure. Les spécifications techniques de ce type de matériel sont précisées en annexe 6. Le déplacement des réflecteurs du signal infrarouge se fera par l'intermédiaire d'un petit engin utilitaire tout-terrain permettant de parcourir rapidement des estrans sableux parfois larges de plusieurs kilomètres au débouché des havres.

Les données recueillies sur un support informatique seront directement transférées sur un ordinateur portable et traitées par l'intermédiaire d'une série de logiciels permettant de gérer les fichiers d'informations, de procéder aux calculs topométriques (triangulation, polygonation...), de tracer les profils de plage, de les comparer à des dates différentes, de construire éventuellement les courbes de niveau pour des levés serrés et d'effectuer des sorties graphiques sur une table traçante.

L'objectif est, par le biais de cette technique, de quantifier le bilan sédimentaire annuel au sein de chaque unité côtière prédefinie. Ce suivi sera mis en parallèle et corrélé avec les enregistrements de houles qui seront effectués à proximité de la côte, afin de définir d'éventuelles relations entre les caractéristiques des houles et la topographie générale des estrans. Ces résultats seront pris en compte pour essayer d'utiliser les modèles mathématiques américains en matière de simulation d'évolution des profils de plage et de position du trait de côte sur le littoral de l'Ouest Cotentin (C.E.R.C., 1980, 1987 a, 1987 b, 1989).

4.2.2.3) Evolution morphométrique du domaine subtidal proche.

La connaissance de l'évolution morphométrique des espaces sédimentaires de la côte ouest du Cotentin se prolongera logiquement en-dessous du zéro des cartes marines, afin d'évaluer les échanges de matériaux possibles entre l'intertidal et le subtidal.

Au travers d'une recherche des zones subtidales côtières en érosion ou en sédimentation, l'objectif est de savoir si le stock sédimentaire subtidal côtier contribue à l'équilibre dynamique et à la stabilité des estrans. Cette approche constitue un moyen de mettre en évidence les échanges de matériaux entre les deux domaines.

Sur une période de temps comparable à celle prise en compte pour évaluer les échanges sédimentaires dunes-estrans à partir des photographies aériennes verticales, il est possible de comparer la topographie du domaine subtidal proche à partir de cartes bathymétriques du S.H.O.M. à grandes échelles (1/10000 au 1/20000 ème) levées entre 1936 et 1939, avec de nouveaux documents du même type, soit déjà réalisés comme entre Blainville et Bréville ou qui seront à réaliser.

Compte tenu de l'existence d'un platier rocheux de bas estran presque continu sur la côte du cotentin, véritable obstacle aux transits sédimentaires, les levés bathymétriques seront principalement effectués au droit du débouché des havres et aux endroits où le platier est absent. Les deltas de marée de jusant constituent les principales entités de stockage sédimentaire qui peuvent dans certains cas s'étendre en dessous du zéro des cartes marines comme à Portbail, Saint-Germain, Regnéville. Les échanges, avant-côte/estran, sont probablement à ce niveau très importants.

Par ailleurs, l'absence d'un platier de bas estran peut permettre aux sédiments de circuler librement entre le domaine subtidal proche et le domaine intertidal. Des modifications altimétriques des fonds à proximité de ces estrans sans platier sont donc envisageables.

Une première comparaison de la topographie de l'avant-côte entre Blainville et Bréville, à l'aide de documents qui seront disponibles en 1990, permettra de préciser l'ordre de grandeur des évolutions, ainsi que leur localisation par rapport à l'environnement morphologique intertidal.

Les moyens d'investigation mis en oeuvre pour effectuer des levés bathymétriques seront ceux du C.N.R.S. avec son navire Le Côte de Normandie. A proximité de la côte, un positionnement précis est nécessaire. Il sera assuré par l'intermédiaire d'un théodolithe et d'un distancemètre à infrarouge qui déterminera la position du navire régulièrement (annexe 6).

La comparaison des documents sera réalisée par des moyens informatiques, permettant également de quantifier les volumes sédimentés et érodés, et ainsi de calculer pour une zone donnée un bilan sédimentaire.

D'autres techniques complémentaires seront utilisées pour permettre d'affiner la connaissance de l'environnement sédimentaire juste en-dessous du zéro des cartes marines. La réalisation de prises de vues aériennes au moment des plus basses mers de vives-eaux permettra peut-être d'individualiser certaines structures sédimentaires indiquant un transport des matériaux.

La réalisation d'images vidéo sous-marines pourra affiner la connaissance de la morphologie du domaine subtidal proche et déboucher sur une cartographie complémentaire des données existantes sur le sujet et réalisées à l'aide de la technique du sonar latéral. Si cela s'avère nécessaire, d'autres campagnes de mesures du même type pourront être mises en oeuvre dans le cadre des recherches que l'Université de Caen mène avec le C.N.R.S.

4.2.3) Evaluation directe des transports sédimentaires sur la côte ouest du Cotentin.

insérer les analyses morpho et sédimento qui seront réalisées.

Afin de quantifier les volumes et directions des transports sédimentaires au sein des unités sédimentaires prédefinies, mais également dans l'optique d'améliorer la délimitation de ces systèmes et de vérifier les résultats obtenus par les modèles de houles et de courants sur les directions de transports, une série d'expériences *in situ* sera mise en oeuvre pour apprécier la circulation sédimentaire en fonction des processus dynamiques.

L'objectif de ces expériences est de corrélérer les débits solides et l'intensité des agents dynamiques, houles, courants et vents. Cette analyse affinera l'estimation des bilans sédimentaires annuels déduits des analyses morphométriques.

4.2.3.1) Utilisation de traceurs fluorescents.

Sur les estrans, la technique des traceurs fluorescents sera principalement utilisée pour évaluer les directions et les volumes de sédiments transportés.

Cette technique consiste à immerger sur la plage des sables naturels colorés à l'aide d'une peinture glycéroptalique fluorescente, et à suivre leur dispersion au cours de plusieurs cycles de marées. Chaque point d'immersion est constitué d'environ 20 kg de sables traités, mais la quantité de matériel immergé dépend surtout de l'intensité des conditions hydrodynamiques observées et de la durée souhaitée d'expérimentation.

La détection des sables s'effectuera à l'aide d'un dispositif de comptage automatique des grains fluorescents. Ce système utilise une caméra vidéo CCD qui par l'intermédiaire d'un filtre interférentiel ne prend en compte que le signal émis par les grains peints. Une interface de comptage permettra ensuite de définir le nombre de grains fluorescents visibles dans le champ de la caméra et d'apprécier sa concentration grâce à des abaques pré-établis. L'épaisseur des remaniements sédimentaires permettant d'apprécier les volumes de matériaux déplacés sera mesuré par carottage.

Cette technique facilement mise en oeuvre permet d'avoir une bonne estimation des principales directions de transport sédimentaire et, si l'épaisseur des remaniements est bien appréciée, des volumes de sédiments mobilisés. Néanmoins, la dispersion des sables traités, compte tenu des quantités habituellement immergées, est relativement rapide, de l'ordre de quelques jours. Par conséquent, ce type d'expérience sera réalisé lors des campagnes de terrain qui se dérouleront sur 4 à 5 jours. La dispersion des taches fluorescentes pourra alors être corrélée aux mesures de courants et de houles effectuées en même temps lors de ces campagnes. Cette méthodologie permettra de définir de nouvelles lois de transport propres aux sites étudiés.

Au total, il est prévu d'effectuer au minimum 80 immersions de traceurs fluorescents sur l'ensemble du secteur d'étude. Ces immersions seront au nombre de 4 par campagne et par unité géographique de travail. Il sera ainsi possible de revenir au moins 2 fois sur un site donné pour analyser la dispersion des sables dans des conditions hydrodynamiques différentes des premières expérimentations. Si cela s'avère nécessaire d'autres immersions seront effectuées.

Durant une campagne de mesures, les 4 points d'immersion seront localisés respectivement sur le haut et le bas estran sur deux profils distincts, dont l'altimétrie sera suivie au cours des expériences. Généralement, dans le cas des 8 unités géographiques prédefinies entre Carteret et Granville, les deux profils avec leurs points d'immersion, seront réalisés, au cours des premières campagnes, de part et d'autre de l'embouchure des havres. L'objectif est d'apprécier la circulation sédimentaire aux entrées latérales potentielles des unités prédefinies. Au cours des secondes campagnes, la deuxième année de mesures, en fonction des conditions océanographiques, les deux profils et leurs immersions de traceurs fluorescents seront implantés à l'intérieur de deux unités sédimentaires distinctes mais contigues, afin de valider les résultats concernant les limites des systèmes hydrosédimentaires issues des résultats des modèles de propagation de la houle à la côte.

Ces expériences permettront d'affiner le schéma de circulation sédimentaire de la côte ouest du Cotentin et de valider, voire d'améliorer les résultats concernant les transports de matériaux déduits des modèles mathématiques.

4.2.3.2) Utilisation de pièges à sédiments immergés.

Afin d'apprécier les échanges sédimentaires entre l'estran et le domaine subtidal proche, plusieurs techniques seront utilisées.

Quand le contact entre ces deux zones côtières s'effectue par l'intermédiaire d'un platier rocheux, soit sur près de 35 km de long, des pièges à sédiments seront implantés sur le platier afin de mesurer les volumes de sédiments transportés en suspension à proximité des fonds dans le sens off-shore/on-shore ou inversement (C.E.R.C., 1988). Les courants de marée seront déduits des enregistrements issus du courantomètre électromagnétique le plus proche et les houles seront également mesurées en parallèle, au large de la zone d'étude grâce, aux 3 houlographes immergés, et sur l'estran à proximité du site d'expérimentation.

Les pièges utilisés sont construits en acier galvanisé. Leur hauteur est d'environ 1.40 m au-dessus du substrat rocheux. Un série de 5 trappes de 15 cm de large et 10 cm de haut constituant des collecteurs en toile de 0.1 mm seront vissées sur la structure de base à différentes hauteurs (annexe 7). L'ensemble du dispositif sera haubané sur le platier.

Au cours d'une campagne de terrain, deux séries de deux pièges à ouverture opposées seront implantées sur l'axe des profils sur lesquels les points d'immersions des traceurs fluorescents seront réalisés. La récolte des sédiments piégés s'effectuera quotidiennement à marée basse. Séchés et pesés, les échantillons indiqueront directement le volume de matériaux qui transitent au-dessus des platiers au détriment ou à la faveur de l'estran.

4.2.3.3) Utilisation des traceurs radioactifs.

Quand la zone de contact entre le domaine subtidal et le domaine intertidal est matérialisée par des fonds sableux, la technique la mieux appropriée pour évaluer la circulation sédimentaire entre ces deux domaines est celle des traceurs radioactifs.

Cette technique est complémentaire de la technique des traceurs fluorescents, dans la mesure où le suivi de la dispersion des sables radioactifs peut s'étendre sur plusieurs mois. L'appréciation des débits solides sur une période aussi longue, intégrant une large palette de conditions océanographiques, permet d'apprécier correctement les mouvements sédimentaires en volume et en direction. Néanmoins, deux détections successives peuvent être réalisées avec un intervalle de temps d'une semaine, durée compatible avec celle des campagnes de terrain qui auront lieu mensuellement par unité géographique d'étude.

La technique des traceurs radioactifs dont seul le Commissariat à l'Energie Atomique possède la maîtrise en France est basée sur l'immersion d'un sable artificiel composé de billes de verre dont le diamètre est équivalent à celui du site d'étude. Ce sable est irradié à l'aide d'iridium 192 de période 74 jours. Immergé sur l'estran ou éventuellement sur les fonds du domaine subtidal proche (annexe 7), la dispersion de ce sable artificiel sera suivie par l'intermédiaire de détections dont la fréquence est fonction des conditions océanographiques. Le rayonnement gamma émis par les sables sera mesuré à l'aide de scintillateurs. Ce type de capteur peut aussi bien être traîné derrière un bateau pour des détections sous-marines, que par un engin tout-terrain sur l'estran.

Au cours de chaque détection, le positionnement précis du bateau ou de l'engin tout-terrain est assuré respectivement par un dispositif de radio-positionnement de type syledis ou par un système de mesures au théodolite couplé à un distancemètre infrarouge.

L'interprétation des mesures pour des déplacements sédimentaires sur les fonds conduit à un lot de résultats qualitatifs et quantitatifs (CAILLOT, 1989):

- la ou les directions du mouvement,
- les vitesses maximales et moyennes des déplacements horizontaux,
- la quantité de sédiments transférés par charriage,
- la remise en suspension ou le recouvrement éventuel du traceur.

Deux campagnes de mesures d'une durée de 3 à 6 mois chacune selon les conditions météorologiques et océanographiques seront réalisées. Pour chaque campagne, 6 points d'immersion sont prévus. Au moins 1 immersion sera donc mise en oeuvre par unité sédimentaire prédéfinie. Pour chaque immersion, les détections, 6 au total, devront s'étendre sur la plus longue période d'observation possible. Néanmoins, il sera nécessaire d'effectuer une détection au début et à la fin de chaque campagne de mesures regroupant en parallèle les expériences de traceurs fluorescents et la mesure des paramètres hydrodynamiques. Les 4 détections restantes pourront être étalées dans le temps, mais s'attacheront à évaluer principalement les transports sédimentaires au cours de périodes de tempête.

De cette façon, l'analyse des débits solides mesurés par la technique des traceurs radioactifs mènera à une interprétation des transports sédimentaires à différentes échelles de temps:

- sur une période de plusieurs mois, celle de la durée totale du suivi du traceur,
- sur 4 à 5 jours, en complément des traceurs fluorescents et surtout en parallèle de l'enregistrement des paramètres dynamiques.

Le choix précis de la localisation des points d'immersion se fera à partir d'une inspection sur le terrain. Néanmoins, par rapport aux expériences de traceurs fluorescents qui seront réalisées, il paraît opportun de localiser les immersions sur le bas estran, pour permettre d'évaluer les entrées et les sorties de sédiments à la jonction des domaines subtidaux et intertidaux. A ce propos, il faut rappeler que l'un des avantages des traceurs radioactifs est d'être détectable même sous l'eau. Par ailleurs, cette localisation permettra d'analyser les transports sédimentaires sous l'action conjuguée des houles et des courants, qui peuvent être importants sur cette partie de l'estran.

La connaissance des champs de courant et la modélisation de la propagation de la houle à la côte, les mesures de la houle et des courants à proximité de la côte et sur l'estran permettront une interprétation précise des transports sédimentaires mesurés par la technique des traceurs radioactifs. Elle devra déboucher sur la mise en évidence de relation-clefs et de corrélations entre les phénomènes afin de compléter la définition précise et le fonctionnement des unités hydrosédimentaires de la côte ouest du Cotentin.

4.2.3.4) Utilisation de pièges à sédiments dans le déferlement.

Afin d'évaluer les transports sédimentaires qui s'effectuent à l'intérieur du déferlement, des pièges à sédiments seront utilisés pour quantifier les volumes de matériaux qui se déplacent en suspension.

Une fois de plus, l'objectif de ces expériences est d'avoir un vue synoptique des mesures de débits solides, des courants par l'intermédiaire des courantomètres électromagnétiques, des houles, de la marée, de la topographie du site et de sa sédimentologie. KRAUS (1987) a estimé que ce type d'approche était la meilleure pour obtenir des données compatibles avec la précision et le détail requis pour simuler des modèles mathématiques d'évolution des plages.

Actuellement, les formules de transport sédimentaire calculant la dérive littorale dans la zone de surf, n'incorporent pas la taille des grains de sables, le type de déferlement, les turbulences induites par les vagues, les caractéristiques des vagues et du courant d'obliquité ou l'influence de la topographie. Les résultats obtenus par ces méthodes sont approximatifs.

Les études déjà réalisées sur les transports sédimentaires dans la zone de surf ont montré que les taux de transport étaient variables en fonction des emplacements considérés à l'intérieur même de cette zone, et qu'ils dépendaient considérablement de l'environnement local. Les mesures *in situ* sont donc parfaitement appropriées pour prendre en compte la variabilité du taux de transport selon les caractéristiques des différents sites.

La technique utilisée a été développée par les japonais (KATORI, 1982) et reprise par les ingénieurs du C.E.R.C (1989). Au niveau de leur conception, les pièges sont similaires à ceux qui seront mis en oeuvre sur les platiers de bas estran (annexe 7). Ils sont constitués d'une structure en barres métalliques galvanisées d'1.80 m dont les pied d'environ 0.40 m s'enfoncent dans le sable. Cette structure de base supporte 5 trappes positionnées à des hauteurs réglables, dont l'ouverture métallique mesure 0.15 m de long sur 0.10 m de large. Un collecteur en toile de 0.1 mm d'une longueur d'1 m est fixé sur chaque ouverture afin de recueillir les sables en mouvement. Du fait de sa conception, ce type de piège permet de mesurer la distribution verticale des débits solides.

La mise en oeuvre de ce système portable sur le terrain nécessite une personne par piège pour le tenir verticalement dans le déferlement. En fonction du moment de la marée, 2 à 4 pièges seront maintenus dans le déferlement afin d'analyser la distribution des transports sédimentaires sur un profil perpendiculaire au trait de côte. A un signal, les pièges sont enfoncés dans le sable jusqu'à hauteur de la première trappe, et orientés dans le sens du courant préalablement déterminé. Le temps de déploiement du matériel est d'environ 5 à 15 minutes en fonction des conditions d'agitation. Ce type de "run" sera répété plusieurs fois en fonction du niveau marégraphique au cours des campagnes de terrain pour chaque unité hydrosédimentaire prédéfinie.

Les sables collectés et ensuite séchés permettent d'obtenir directement le poids ou le volume de sédiments transportés par unité de temps, aussi bien sur un profil vertical que longitudinal.

Cette technique simple est complémentaire des techniques de traceurs. En plus, comme pour ces dernières, il n'y a pas de suppositions sur la granulométrie des grains à prendre en compte. Elle apparaît mieux adaptée que les formules de transport, qui dans certaines conditions combinant des houles obliques et des courants de refend ou de retour, sont inopérantes. Néanmoins, l'utilisation de cette technique est limitée par les conditions d'agitation. Quand la hauteur de déferlement atteint environ 1 m, il devient très difficile de tenir les pièges en place.

4.2.3.5) Utilisation des pièges à sédiments pour les transports éoliens.

Afin de quantifier les débits solides engendrés par les vents quand ils soufflent du large sur les estrans, des pièges à sédiments seront mis en place sur la haute plage et sur les dunes bordières.

Cette technique simple permettra d'apprécier les volumes de matériaux soustraits à l'estran par voie éolienne et ainsi de déterminer un bilan des échanges sédimentaires entre l'estran et les massifs dunaires grâce à la comparaison des résultats obtenus avec ceux déduits des calculs permettant de définir les volumes érodés en tempête.

La conception de ces pièges est issue de divers travaux de recherche sur les transports des sédiments éoliens (SVASEK et TERWINDT, 1974; LEATHERMAN, 1978; SARRE, 1988).

Chaque piège est composé d'un tube en pléxiglas d'environ 0.80 m de hauteur possédant 2 fentes longitudinales opposées de 0.01 m et 0.025 m de largeur respective. La fente la plus large est recouverte d'un filet nylon de maille 0.100 mm, permettant la capture des sables. Chaque tube est équipé d'un aileron permettant d'orienter automatiquement la fente ouverte dans l'axe du vent. Les sables piégés tombent ensuite dans un réservoir enterré sous le niveau de la plage.

Au cours de chaque campagne de terrain, 3 à 5 pièges à sédiments, selon le linéaire de côte et éventuellement son tracé, seront déployés sur les sites étudiés, si les conditions de vent permettent un transport des sables.

En parallèle, des mesures concernant la direction et la vitesse du vent seront effectuées à l'aide de capteurs mobiles, afin de corrélérer les débits solides éoliens aux conditions météorologiques. Ensuite ces données seront comparées à celles enregistrées à la station météorologique la plus proche pour permettre, à partir des statistiques annuelles concernant les vents sur ces sites d'enregistrements permanents, d'extrapoler les débits solides éoliens annuels et de définir un bilan sédimentaire pour ce type de transport. Ce dernier permettra ultérieurement d'évaluer la capacité de recharge naturel des dunes de la côte ouest du Cotentin.

CONCLUSION GENERALE.

La synthèse bibliographique des données géologiques, géomorphologiques, sédimentologiques et concernant les paramètres hydrodynamiques sur la côte ouest du Cotentin présente de nombreuses lacunes.

Les transports sédimentaires, associés aux paramètres dynamiques qui les génèrent, sont mal connus sur les estrans, ainsi que les échanges de matériaux avec le domaine subtidal proche.

La stabilité des plages et du trait de côte du littoral ouest du département de la Manche repose pourtant sur ces phénomènes.

La connaissance des équilibres hydrosédimentaires des plages, compte tenu de leur complexité, passe au préalable par la mise en oeuvre d'expérimentations de terrain. Peu développées en France pour le moment, ces méthodologies d'étude ont été mises au point dans plusieurs pays anglo-saxons comme les Etats-Unis, le Canada, l'Angleterre, l'Australie..., où les problèmes d'érosion côtière sont particulièrement intenses. D'une manière plus globale, l'aménagement des côtes de ces pays s'effectue, fréquemment, avec le souci de préserver les équilibres naturels en jeu. Par ailleurs, ils se sont aperçus rapidement qu'une meilleure connaissance préalable de ces phénomènes constituait un gage de rentabilité économique, évitant de nombreuses erreurs d'aménagements, qu'il fallait ensuite réparer.

Le programme d'étude proposé pour améliorer la connaissance des phénomènes d'érosion littorale de la côte ouest du Cotentin et les résorber, est largement inspiré de ces références étrangères. Il se base sur une bonne connaissance des évolutions du milieu côtier en multipliant la présence et les diverses opérations sur le terrain. Actuellement, seule cette méthode permet d'appréhender les modifications que peuvent subir les paysages littoraux sableux, constamment évolutifs sous l'action des processus dynamiques.

Ce programme est basé sur la mise en place sur le terrain d'un Réseau d'Observations et de Mesures In Situ (R.O.M.I.S.). Il regroupe notamment de l'instrumentation océanographique et des expériences de suivi de la mobilité sédimentaire à différentes échelles de temps (Fig.3).

Il est néanmoins possible de distinguer deux types de mesures et de suivis sur le terrain:

- durant une période aussi longue que possible, c'est-à-dire au plus 3 années, des mesures de houles seront effectuées sur plusieurs sites de l'avant-côte. Les caractéristiques de la houle conditionnent directement l'évolution des plages et du trait de côte. En parallèle, les fluctuations altimétriques des estrans seront mesurées sur 50 profils de plage et la mobilité du trait de côte sera évaluée en 100 points singuliers du littoral considéré. Les marées seront mesurées en 3 points distincts entre Carteret et Granville. Les données sur les vents seront issues des enregistrements gérés par la Météorologie Nationale.

- durant des campagnes de terrain de 4 à 5 jours, qui se répéteront mensuellement dans une unité géographique à chaque fois différente, dont 10 au total ont été définies préalablement. L'instrumentation mise en place sera déployée sur l'estran pour mesurer les courants, les houles, les vents et les transports sédimentaires grâce à l'utilisation de traceurs fluorescents ou radioactifs et de pièges à sédiments.

Fig. 3: RESUME DU PROGRAMME DE MESURES ET DE SUIVI DES EVOLUTIONS MORPHOSEDIMENTAIRES.

EVOLUTION MORPHOSEDIMENTAIRE et TRANSPORTS DES SEDIMENTS:

- * Fluctuations de la ligne de rivage: 100 repères, 6 levés/an.
- * Variations altimétriques des estrans: 50 profils, 3 levés/an.
- * Observations morphosédimentaires à chaque campagne.
- * Prélèvements de sédiments: 20/campagne, 200/an.
- * Traceurs fluorescents: 4/campagne, 40/an.
- * Traceurs radioactifs: 10–12 immersions, 6 détections/point.
- * Pièges à sédiments immergés: 2*2/campagne.
- * Pièges à sédiments dans le déferlement: 8–10 runs/campagne.
- * Pièges à sédiments éoliens: 3–5 pièges/campagne.
- * Campagnes de bathymétrie, vidéo sous-marine, sonar latéral: à préciser en cours d'étude.

MESURES DES AGENTS DYNAMIQUES.

- * Houlographe directionnel au large des îles: 1 site (S.T.P.B.).
- * Houlographe directionnel à proximité de la côte, courants de marée et niveau marégraphique moyen: 3 sites.
- * Niveau marégraphique à la côte: 3 sites (2 à quai + 1 offshore).
- * Courantomètres électromagnétiques: 4 par campagne.
- * Houlographe sur l'estran: 1 capteur par campagne ou 2 perches fixes.
- * Evaluation de l'angle de déferlement par observations visuelles et photographies aériennes verticales à chaque campagne.
- * Anémomètres, girouettes: 3 (Météorologie Nationale) + anémomètre et girouette portable: 1 par campagne.
- * Baromètres: 2 (Météorologie Nationale).

L'objectif, il est nécessaire de le rappeler, est d'enregistrer, en même temps (simultanéité), les caractéristiques des transports sédimentaires et celles des processus qui les engendrent. D'autre part, seule la reconduction des mesures et des enregistrements ou leur étalement dans le temps (répétitivité), permettra d'apprécier l'impact de la variabilité des conditions météorologiques et océanographiques sur les évolutions morphosédimentaires. La méthodologie d'étude définie ci-dessus s'y emploiera, en analysant en particulier les tempêtes, conjuguant une marée de vive-eau et une forte agitation liée à des vents de mer.

Les données recueillies serviront à alimenter des modèles mathématiques existants, ou qui seront développés, pour cerner la circulation sédimentaire globale sur la frange côtière occidentale du Cotentin et comprendre les phénomènes d'érosion. Cette approche permettra de prendre en compte et définir l'impact réel des actions anthropiques telles les extractions d'agrégats marins sur la destabilisation des systèmes hydrosédimentaires côtiers, révélée par les phénomènes d'érosion littorale.

Le PLANNING des opérations qui seront menées sur le terrain débutera à l'automne 1990, après une période de test du matériel qui s'effectuera sur l'estran ou au large de Luc-sur-mer, à proximité des infrastructures du Centre Régional d'Etudes cotières. Au cours de la première année, c'est-à-dire jusqu'à la fin de l'été ou le début de l'automne 1991, 10 campagnes de terrain de 4 à 5 jours, au rythme de une par mois, permettront de couvrir, une première fois, l'ensemble du littoral de l'ouest Cotentin divisé en 10 unités géographiques correspondant aux unités hydrosédimentaires déduites de l'interprétation morphologique.

Au cours de la seconde année, entre l'automne 1991 et l'automne 1992, 10 nouvelles campagnes seront menées sur un espace géographique différent de la première année. En effet, chaque campagne couvrira deux unités hydrosédimentaires juxtaposées préalablement définies. L'objectif est, au travers cette démarche, de mieux cerner les échanges sédimentaires d'un système à un autre, et de préciser leurs frontières probablement mobiles. Pour un secteur de côte donné, avec une orientation particulière, les conditions météorologiques et océanographiques d'expérimentation devront être si possible différentes de l'année précédente. De ce fait, la localisation des campagnes de terrain se fera, au fur et à mesure, dans un ordre directement influencé par l'orientation du secteur de côte par rapport aux conditions météorologiques et océanographiques du moment.

Au cours de la troisième année de terrain, qui s'arrêtera à la fin du printemps 1993, l'accent portera sur les sites où les phénomènes de transport sédimentaire apparaissent complexes, nécessitant un complément de mesures. Par ailleurs, sur d'autres sites, des mesures dans des conditions météorologiques et océanographiques différentes de celles observées précédemment seront nécessaires.

Il convient de préciser que malgré ce planning et compte tenu de la méthodologie d'étude, il conviendra constamment de s'adapter, d'une part aux contraintes de terrain, d'autre part aux résultats obtenus, mais aussi aux aléas imprévisibles de force majeure qui peuvent perturber et modifier le déroulement des opérations.

PRINCIPALES REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.

- ALLEN H. (1982) – Mesures de houles en différents sites du littoral français. Ed. n°5. L.N.H. Directions des Etudes et Recherche, E.D.F. 424 p.
- CAILLOT A. (1989) – Les apports des techniques nucléaires à la sédimentologie dynamique, bilans et références. C.E.A./O.R.I.S.
- CARTER R.W.G. (1988) – Coastal environments, an introduction to the physical, ecological and cultural systems of coastlines. Academic Press. 617 p.
- C.E.R.C. (1980) – Prediction of shore retreat and nearshore profile adjustments to rising water levels on the Great Lakes. Technical paper n°80-7. 58 p.
- C.E.R.C. (1981) – Analysis of coastal sediment transport processes from Wrightsville beach to Fort Fisher, North Carolina. Miscellaneous report n°81-6. 97 p.
- C.E.R.C. (1982) – Beach Profile Analysis System (BPAS), System overview. Technical report n°82-1(I). 68 p.
- C.E.R.C. (1987) – Analytical solutions of one-line model of shoreline change. Final report. Technical report 87-15. 72 p.
- C.E.R.C. (1987) – Feasibility study of quantitative erosion models for use by the federal emergency management agency in the prediction of coastal flooding. Final report. Technical report 87-8. 82 p.
- C.E.R.C. (1988) – Superduck nearshore processes experiment, summary of studies, CERC field research facility. Final report. Technical report 88-12. 82 p.
- C.E.R.C. (1989) – Duck85 surf zone sand transport experiment, Final report. Technical report 89-5.48 p.
- C.E.R.C. (1989) – SBEACH: numerical model for simulating storm-induced beach change, empirical foundation et model development. Report 1. Technical report 89-9. 256 p.
- CLANCY R.M. (1983) – Low-cost measurements of shoreline change. Reprinted of the U.S. Army, Coastal Engineering Research Center, p 717-726.
- ELHAI H. (1963) – La Normandie occidentale entre la Seine et le Golfe normand-breton. Etude morphologique. Thèse. Bière imp.,Bordeaux.
- GILLIE R. D. (1984) – Canadian Coastal Sediment Study, C²S², site maintenance contract. N.R.C.C., 109 p.
- IFREMER (1986) – Etude régionale intégrée du Golfe normand-breton.
- LAFOND L.R. (1986) – La carte morphosédimentaire des zones intertidales du Golfe normand-breton au 1/25000: Côte ouest du Cotentin et baie du Mont-Saint-Michel. IFREMER. Atlas.
- LARSONNEUR C. et WALKER P. (1986) – Contribution à la connaissance de la dynamique sédimentaire dans le Golfe normand-breton par exploration des fonds au sonar latéral. Contrat C.N.E.X.O. 83/7557.

L.C.H.F. (1982) – Synthèse des connaissances actuelles sur l'hydrologie et les mouvements sédimentaires dans le Golfe normand-breton. Rapport général. 77 p.

L.C.H.F. (1984) – Golfe normand-breton. Etude du régime de l'agitation. Approche des agitations du large. C.N.E.X.O./C.O.B. 59 p.

LEATHERMAN S.P. (1978) – a new sand trap design. *Sedimentology*, 25, p 303–306.

LEVOY F. (1985) – Les risques naturels en milieux littoraux sableux. Côte ouest du Cotentin. Havre de Regnéville et de Portbail. Ed. CREGEPE. 266 p.

LEVOY F. (1986) – Dynamique sédimentaire et aménagement contre l'érosion du littoral de Portbail. CREGEPE. 128 p.

LEVOY F. (1986) – Projet d'études des phénomènes d'érosion littorale de l'Ouest Cotentin. Rapport de D.E.A. Université de Caen. 49 p.

METEOROLOGIE NATIONALE (1986) – Eléments climatologiques concernant les côtes de France. n°8. Fasc II.

ORBI A (1986) – Circulation de marées dans le Golfe normand-breton. Thèse. Université de Bretagne occidentale.

SARRE R.D. (1988) – Evaluation of aeolian sand transport equations using intertidal zone measurements, Saunton Sands, England. *Sedimentology*, 35, p 671–679.

SOGREAH (1972–1973) – Côte ouest du Cotentin. Etude de l'évolution du littoral. D.D.E. de la Manche.

SVASEK J.N. et TERWINDT J.H.J. (1974) – Measurements of sand transport by wind on a natural beach. *Sedimentology*, 21, p 311–322.

WEBER O. (1978) – Transits sédimentaires et évolution saisonnière de la zone littorale à la Salie (Gironde). Thèse de 3 ème cycle. Université de Bordeaux I.

ANNEXES.

**ANNEXE 1:
BOUEES HOULOGRAPHIQUES DIRECTIONNELLES.**

**ANNEXE 2:
HOULOGRAPHES DIRECTIONNELS A PRESSION.**

**ANNEXE 3:
PERCHE A HOULE ET HOULOGRAPH A PRESSION.**

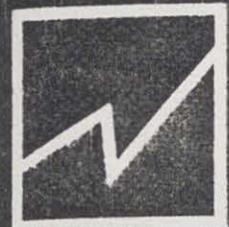
**ANNEXE 4:
MAREGRAPHES;**

**ANNEXE 5:
COURANTOMETRES ELECTROMAGNETIQUES.**

**ANNEXE 6:
THEODOLITE ET DISTANCEMETRE.**

**ANNEXE 7:
PIEGES A SEDIMENTS (IMMERGES OU DE DEFERLEMENT).
DEROULEMENT DES EXPERIENCES DE TRACEURS RADIOACTIFS
(C.E.A.).**

**ANNEXE 1:
BOUEES HOULOGRAPHIQUES DIRECTIONNELLES.**



WAVE DIRECTIONAL BUOY REAL TIME TRANSMISSION

WADIBUOY

The WADIBUOY System provides a very detailed analysis of the sea state in real time through the determination of the directional energy spectrum.

The WADIBUOY System is based on a very fine wave slope measuring buoy. Its shape, weight, dimensions, sensors, and mooring have been designed flat bottom toroidal buoy to provide a very flat transfer function over the full range of the spectrum from 2.5 sec. to 18.6 sec.

It is also a highly reliable system that can withstand severe ocean conditions. Built around a sturdy buoy structure (XM 25) and CMOS technology it is constructed to provide the user with full historical wave data throughout heavy storms.

Thanks to its performant data acquisition system, the WADIBUOY can be equipped with meteo and oceano sensors.

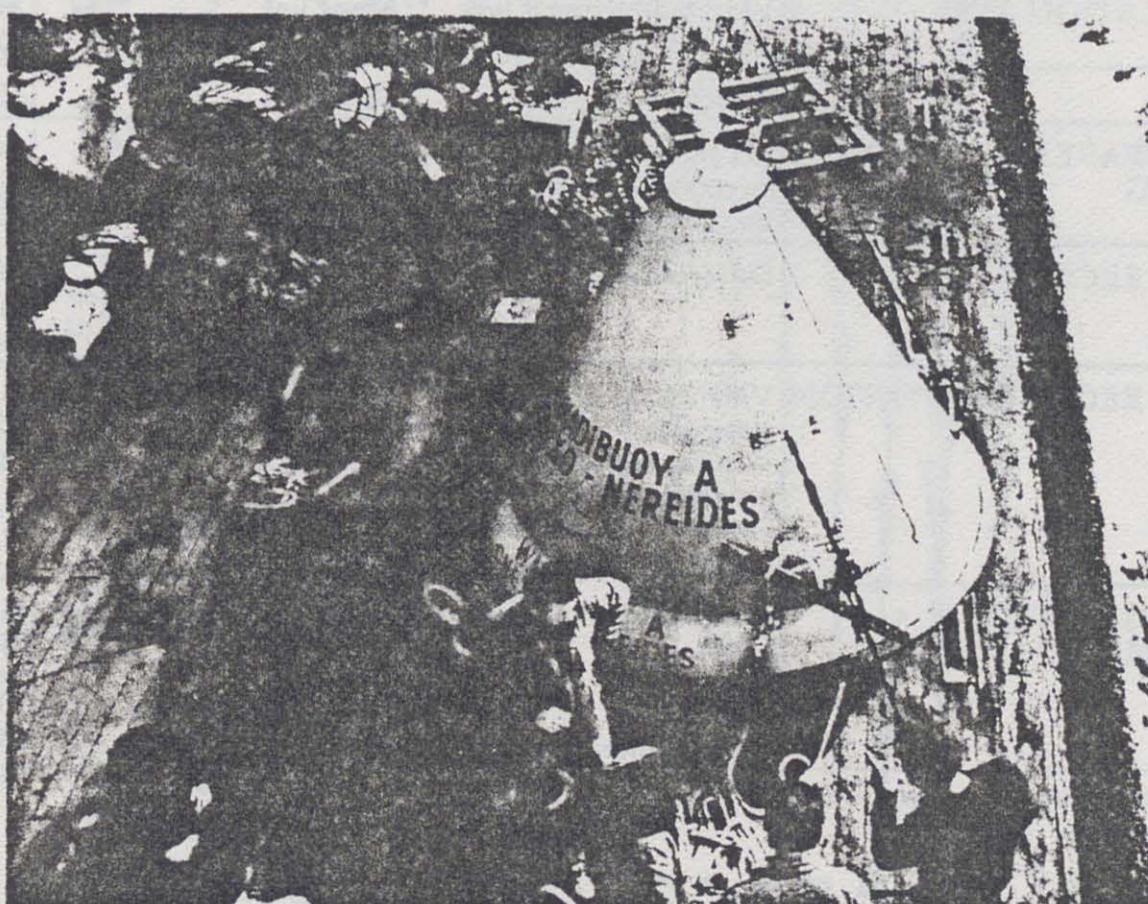
WADIBUOYs are being used for a wide range of applications and may be deployed anywhere from near shore to the open ocean.

VHF and ARGOS

Applications

- Weather forecasting and hindcasting
- Design of embankments
- Harbour installation and construction
- Coastal studies and developments
- Statistical studies of marine environment
- Design and performance of offshore structures
- Modelization and correlation

The WADIBUOY System has been designed in collaboration with and validated by IFREMER (French Federal Agency for Oceanographic Research, formerly CNEXO).



WADIBUOY JUST BEFORE DEPLOYMENT

WADIBUOY

MAIN CHARACTERISTICS

CONSTRUCTION

- Amagnetic, stainless steel mainframe
- Closed cell foam filling
- Glass reinforced plastic (GRP)
- Unsinkable
- Flasher, radar reflectors
- Protective fender
- Yellow color

DIMENSIONS

- Hull diameter : 2.5 m
- Anticapsizing device height : 1.8 m
- Weight \approx 550 kg unequipped
- Buoyancy : 3000 kg

MOORING

- Free floating, non elastic
- Option : Mooring line failure detector

WAVE SENSOR :

DATAWELL HIPPY 40

- Heave : $+/- 10$ m, $+/- 2\%$
- Pitch, Roll : $+/- 60^\circ$, $+/- 0.6\%$
- Heading : $0-360^\circ$, $+/- 3^\circ$
- Option : Fluxgate compass : $0-360^\circ$, $+/- 1^\circ$

WAVE DATA ACQUISITION

- 2 Hz, 2048 pts
- Antialiasing filter

TECHNOLOGY : CMOS

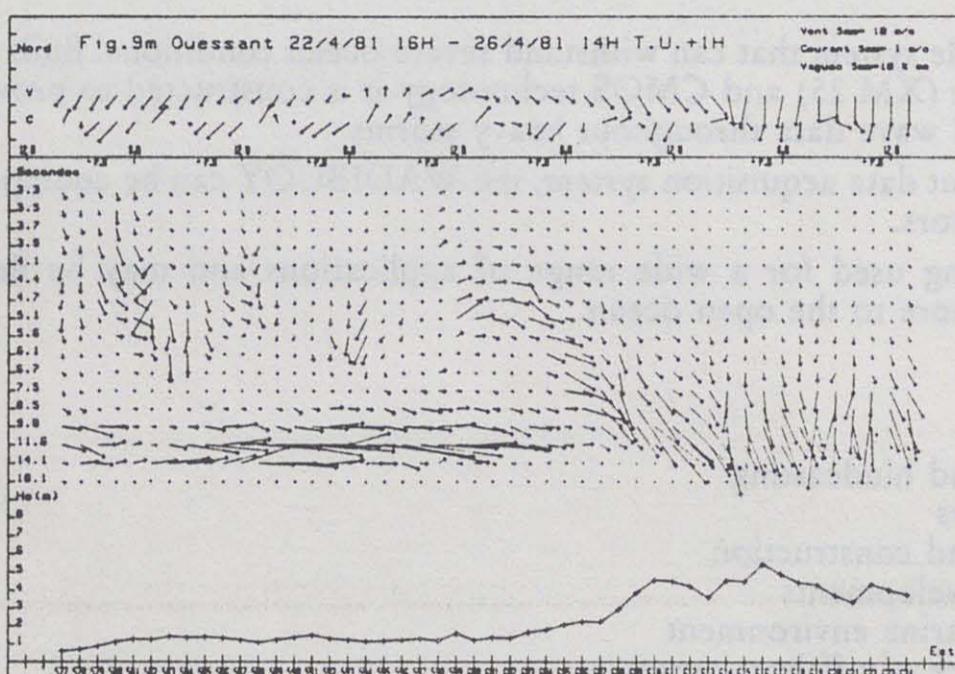
- Built-in test and correction factors

POWER SUPPLY AND AUTONOMY

- Dry-cell : 6 months
- Lithium : 18 months
- Solar panel and aerogenerator coupled to self rechargeable battery

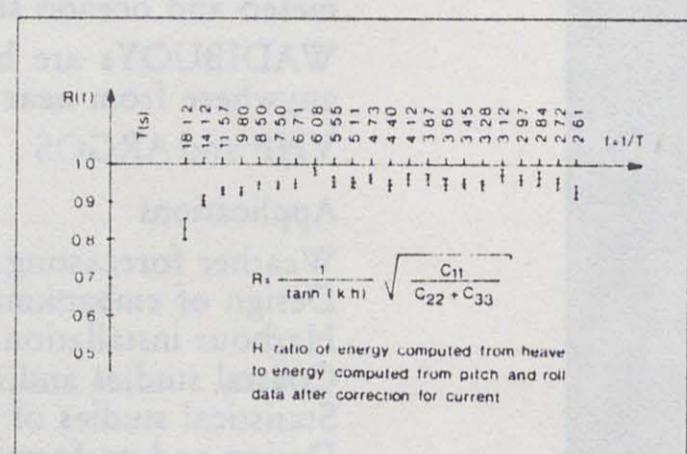
SENSOR OPTIONS

- Marine meteo sensors
- Sea surface static current meter



Graphic representation of WADIBUOY
Directional Wave Spectrum with wind and current

Source IFREMER, 1981, Brittany, France

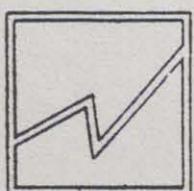


Transfer function of WADIBUOY
moored at sea with anticapsizing device

THREE VERSIONS

	WADIBUOY R	WADIBUOY A1	WADIBUOY A2
COMMUNICATION TYPE	VHF bidirectional link 150-174 MHz, 1200 bauds	Argos link 401,65 MHz	Argos link 401,65 MHz
RANGE	coastal *	Unlimited	Unlimited
REAL TIME WAVE SPECTRUM PROCESSING	On shore : directional energy spectrum in 32 bands	On board : energy spectrum in 32 bands	On board : directional energy spectrum in 32 bands
ON BOARD RECORDING	Buffer memory	directional raw data Option : meteo, current data	Option : directional raw data meteo, current data
REAL TIME RECEIVING STATION	VHF station and user's computer — full access to buoy programmation — network capability (up to 15 buoys)	Argos Center User's receiving station	Argos Center User's receiving station
DATA TRANSMITTED IN REAL TIME	Directional wave data Clock Status report Option : meteo, current data	energy spectrum Status report Option : meteo, current data	directional energy spectrum Status report Option : meteo, current data

* Range depending on the height of antenna.



NEREIDES

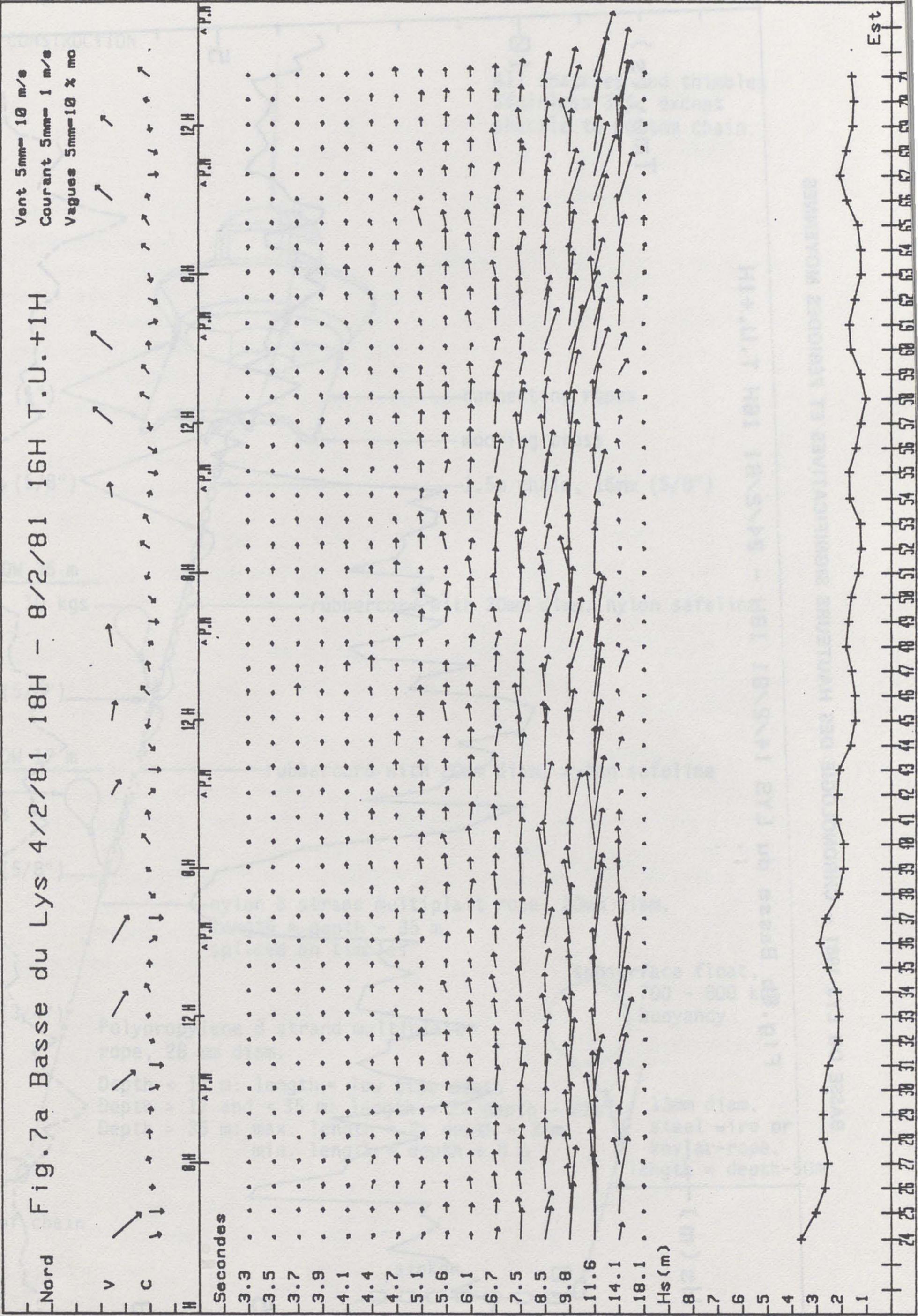
66, boulevard de Mondétour
91400 ORSAY-FRANCE
Tél. : (1) 69.07.20.48 Tlx : 691 518 F NERED



Export : C.S.I.

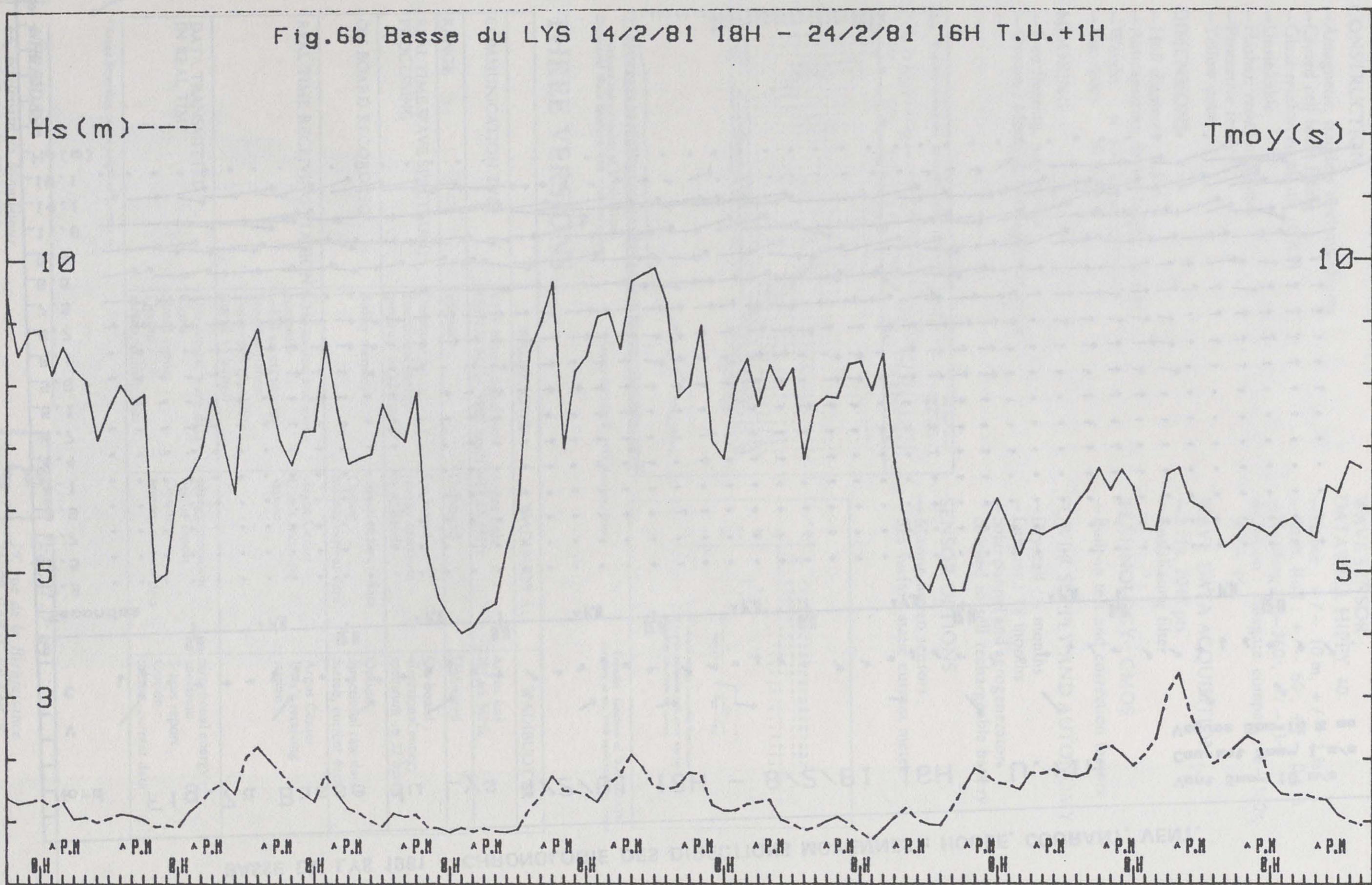
39, rue de la Bienfaisance
75008 PARIS-FRANCE
Tél. : (1) 45.62.32.68 Tlx : 648 205 F CSIEXP

BASSE DU LYS 1981 - CHRONOLOGIE DES DIRECTIONS MOYENNES : HOULE, COURANT, VENT.

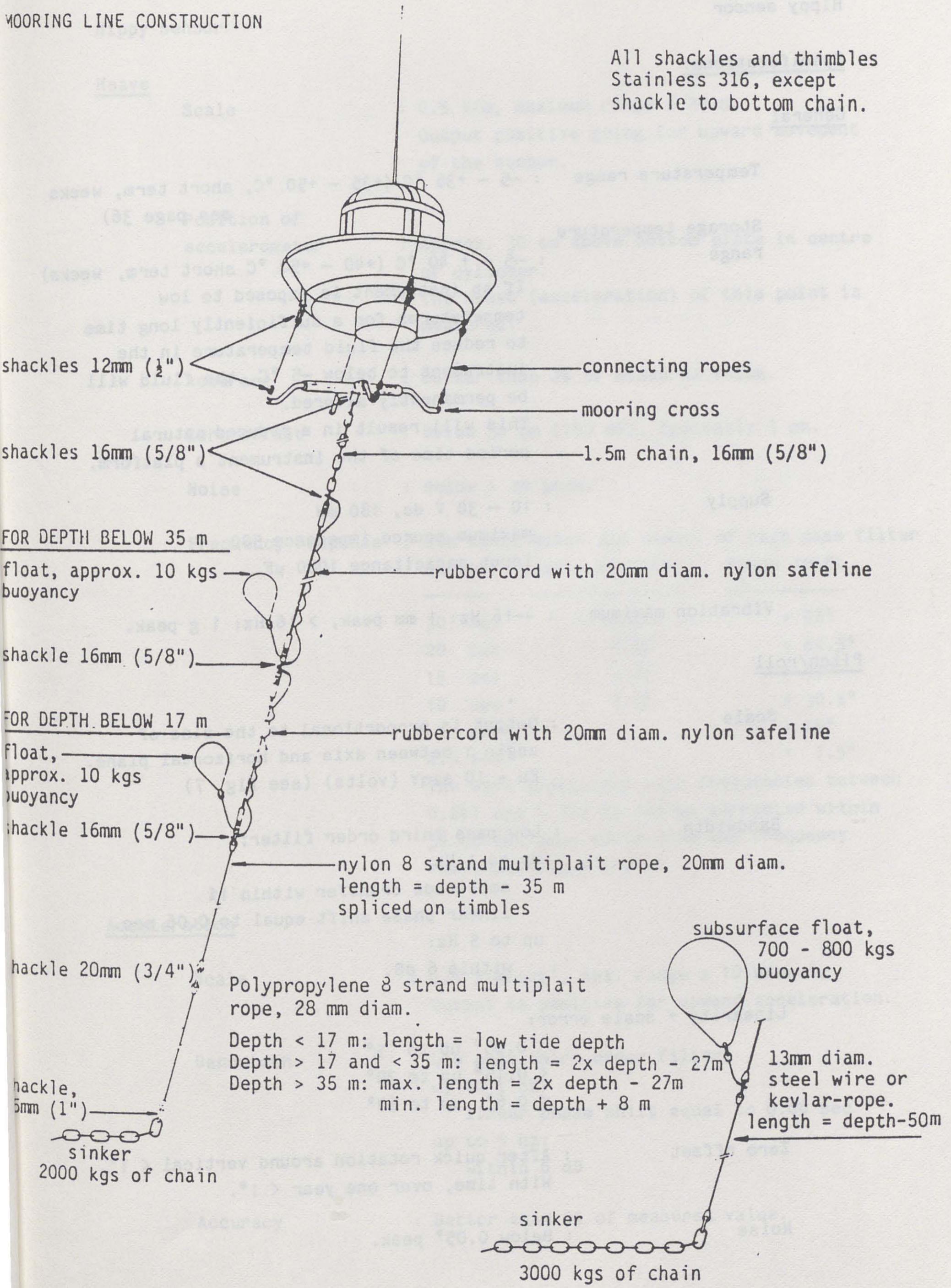


BASSE DU LYS 1981 – CHRONOLOGIE DES HAUTEURS SIGNIFICATIVES ET PÉRIODES MOYENNES

Fig. 6b Basse du LYS 14/2/81 18H - 24/2/81 16H T.U.+1H

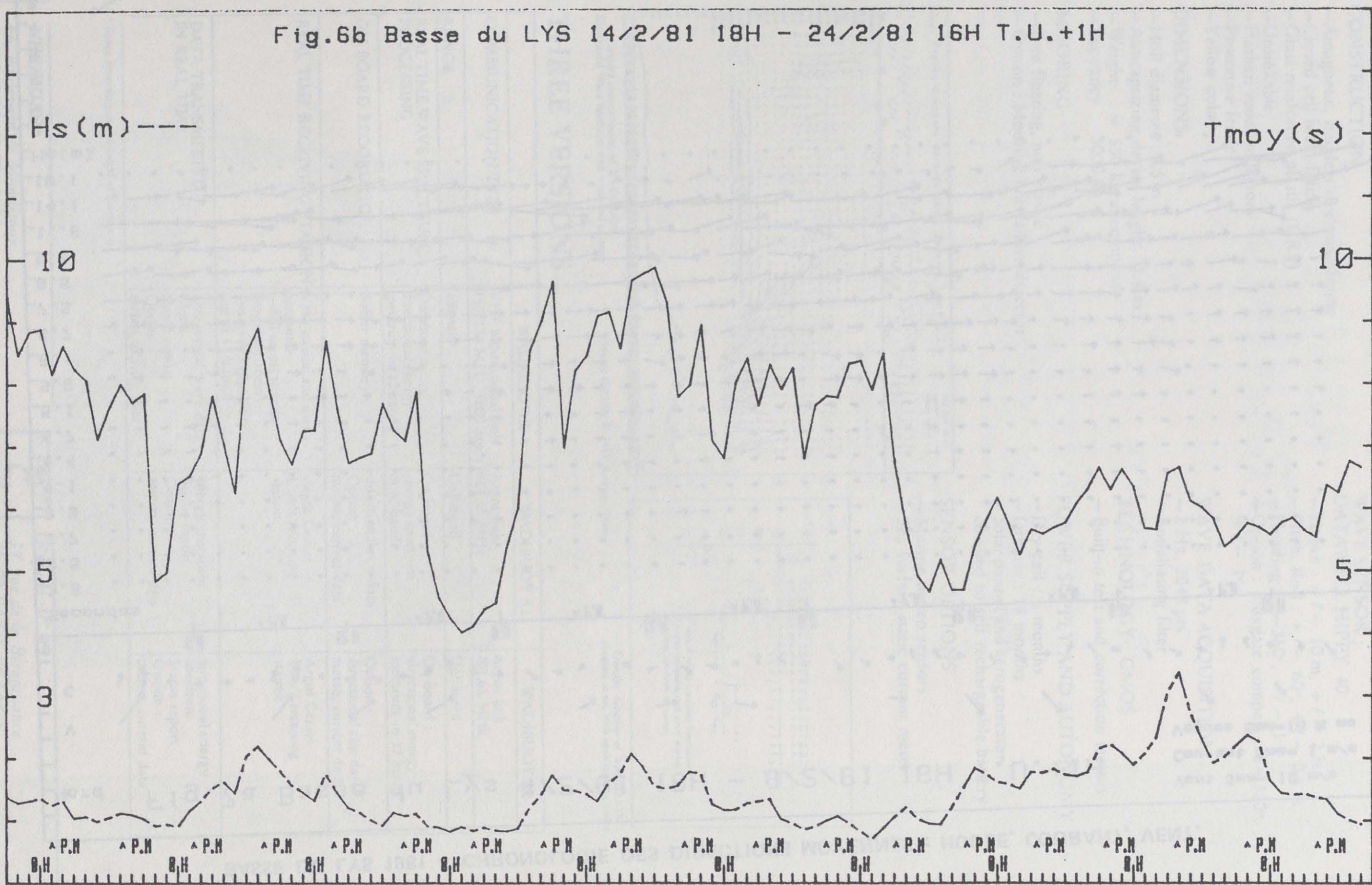


MOORING LINE CONSTRUCTION



BASSE DU LYS 1981 – CHRONOLOGIE DES HAUTEURS SIGNIFICATIVES ET PÉRIODES MOYENNES

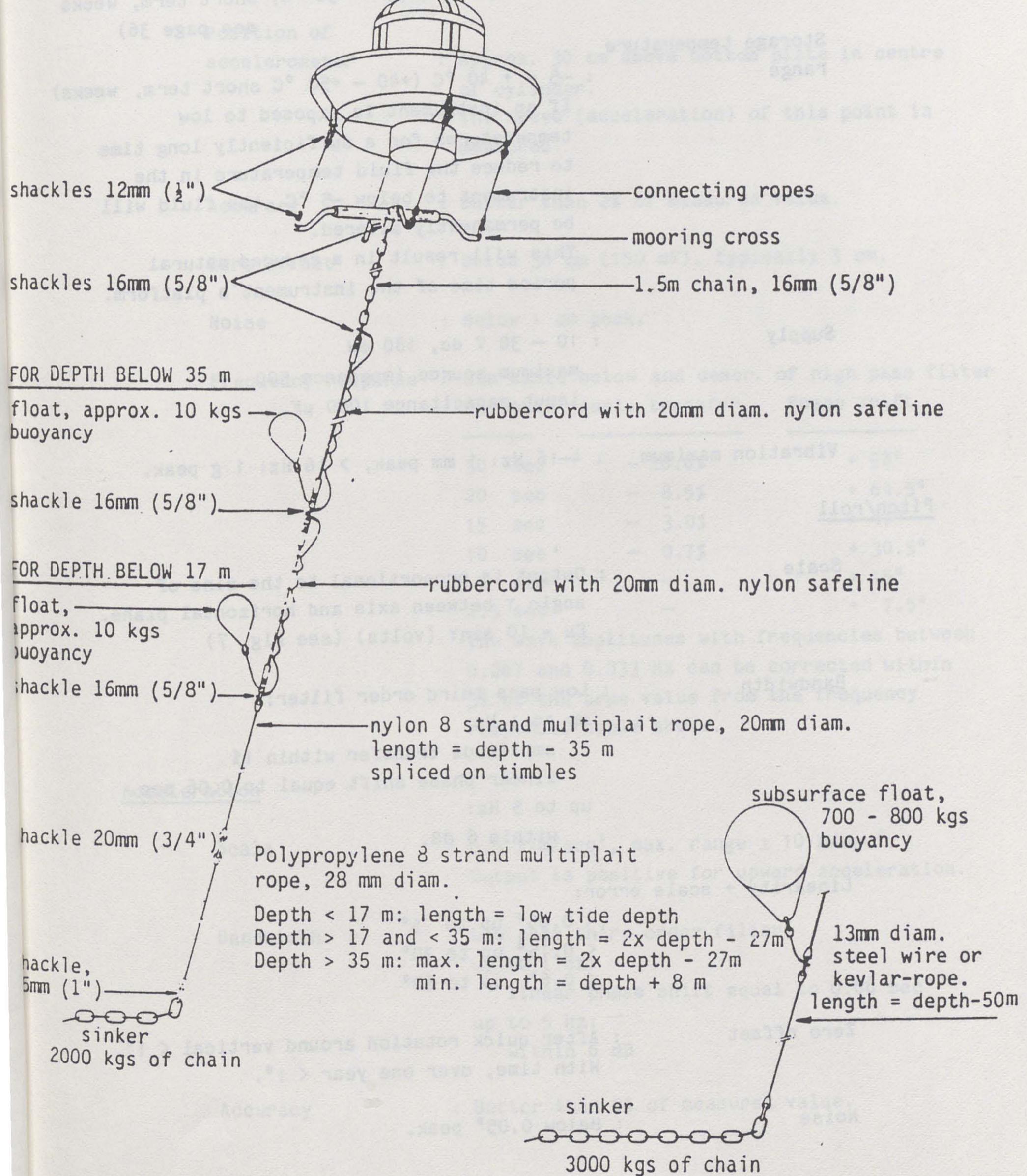
Fig. 6b Basse du LYS 14/2/81 18H – 24/2/81 16H T.U.+1H



MOORING LINE CONSTRUCTION

HOISTING POINT

All shackles and thimbles
Stainless 316, except
shackle to bottom chain.



Hippy sensor

Specifications:

General

Temperature range : -5 - +35 °C (+35 - +50 °C, short term, weeks
see page 36)

Storage temperature
range : -5 - + 40 °C (+40 - +50 °C short term, weeks)
If an instrument is exposed to low
temperatures for a sufficiently long time
to reduce the fluid temperature in the
instrument to below -5 °C, the fluid will
be permanently altered.
This will result in a reduced natural
period time of the instrument's platform.

Supply : 10 - 30 V dc, 180 mW
maximum source impedance 50Ω
input capacitance 1000 μF.

Vibration maximum : 4-16 Hz: 1 mm peak, > 16 Hz: 1 g peak.

Pitch/roll

Scale : Output is proportional to the sine of
angle Y between axis and horizontal plane.
 $E_u = 10 \sin Y$ (volts) (see fig. 7)

Bandwidth : Low pass third order filter;
up to 1 Hz:
amplitude transfer within 1%
linear phase shift equal to 0.06 sec.
up to 5 Hz:
within 6 dB.

Linearity + scale error:
< 0.05° up to 5°
< 0.15° up to 30°
< 0.6° up to 60°

Zero offset : After quick rotation around vertical < 1°.
With time, over one year < 1°.

Noise : Below 0.05° peak.

Hippy sensor

Heave

Scale : 0.5 V/m, maximum range \pm 20 m.
Output positive going for upward movement of the sensor.

Position of accelerometer : Approx. 30 cm above bottom plate in centre of cylinder.
The heave (acceleration) of this point is measured.

Accuracy : Better than 2% of measured value.

Zero offset : Below 30 cm (150 mV), typically 3 cm.

Noise : Below 1 cm peak.

Frequency response : See table below and descr. of high pass filter

Period	Ampl. transfer	Phase shift
30 sec	- 28.6%	+ 98°
20 sec	- 8.5%	+ 64.5°
15 sec	- 3.0%	+ 47°
10 sec	- 0.7%	+ 30.5°
5 sec	-	+ 15°
2.5 sec	-	+ 7.5°

The wave amplitudes with frequencies between 0.067 and 0.033 Hz can be corrected within 3% of the true value from the frequency response, table above.

Acceleration

Scale : 0.5 V/m/sec², max. range \pm 10 m/sec².
Output is positive for upward acceleration.

Bandwidth : Low pass third order filter;
up to 1 Hz:
linear phase shift equal to 0.06 sec
up to 5 Hz:
within 6 dB

Accuracy : Better than 2% of measured value.

Hippy sensor

Extended temperature range (+35 - +50 °C),
allowed for short term (weeks) only.

For an operating temperature range of +35 - +50 °C the following specifications apply:

Pitch/roll

Linearity +	
scale error	: < 2% of measured value
Zero offset	: < 1.5°

Heave

Accuracy	: Better than 3.5% of measured value
----------	--------------------------------------

Acceleration

Accuracy	: Better than 3.5% of measured value
----------	--------------------------------------

Directional Wave Measurement With the S4DW

S4DW

With the InterOcean Systems "WAVE" applications software and the S4DW, which includes high resolution sensors, and one mega-byte memory, the user can process and display all the parametric data for wave analyses.

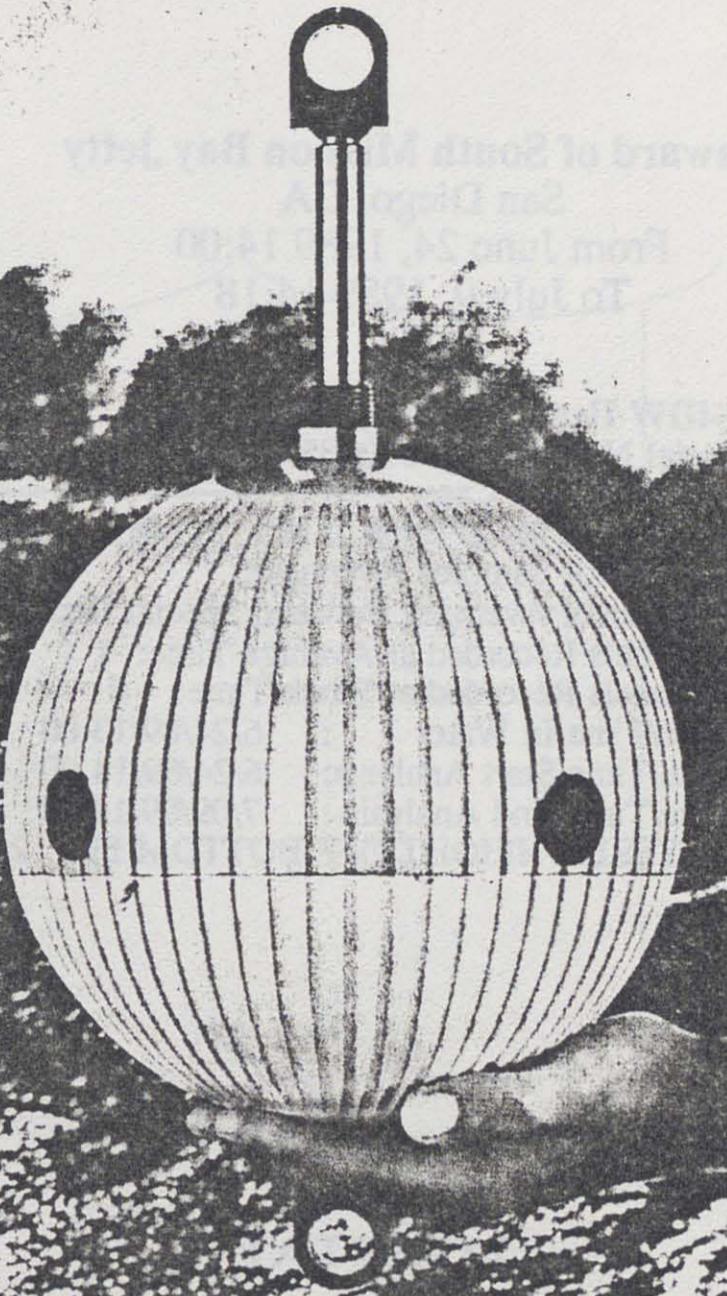
Graphic and Tabular Output Includes:
Significant Wave Height,
Period of Significant Waves,
Wave Energy as a Function of Frequency,
Wave Direction as a Function of Frequency,
Period of Peak Energy of Spectrum,
Period of Zero Crossing Components,
Period of Crest Peaks,
Time Series of Sea Surface Elevation,
Mean Water Depth.

See printouts of data on the following pages.

Directional wave applications include:
Sea State Analysis,
Wave/Sea-Bed Interaction,
Wind/Wave Interaction,
Sediment Transport,
Shore Erosion,
Structure Dynamics,
Effluent Migration,
Plankton Transport.

Directional waves are measured using the principle of analyzing the current speed and direction record to determine the orbital velocity components of particular frequency bands and combining that information with wave height as measured by the pressure sensor with automatic depth attenuation correction. The data is converted from the time domain to the frequency domain and analyzed using Fast Fourier Transform (FFT) techniques.

Optional software provides salinity, density, and sound velocity data. Other options include three choices of current speed range and conductivity range, and three temperature options.



Seaward of South Mission Bay Jetty
 San Diego, CA
 From June 24, 1989 14:00
 To July 9, 1989 14:18

B# - Burst Number
 D - Date
 Eps - ε (spreading function)
 Hs - Significant Wave Height (m)
 RMS - Root Mean Square (m)

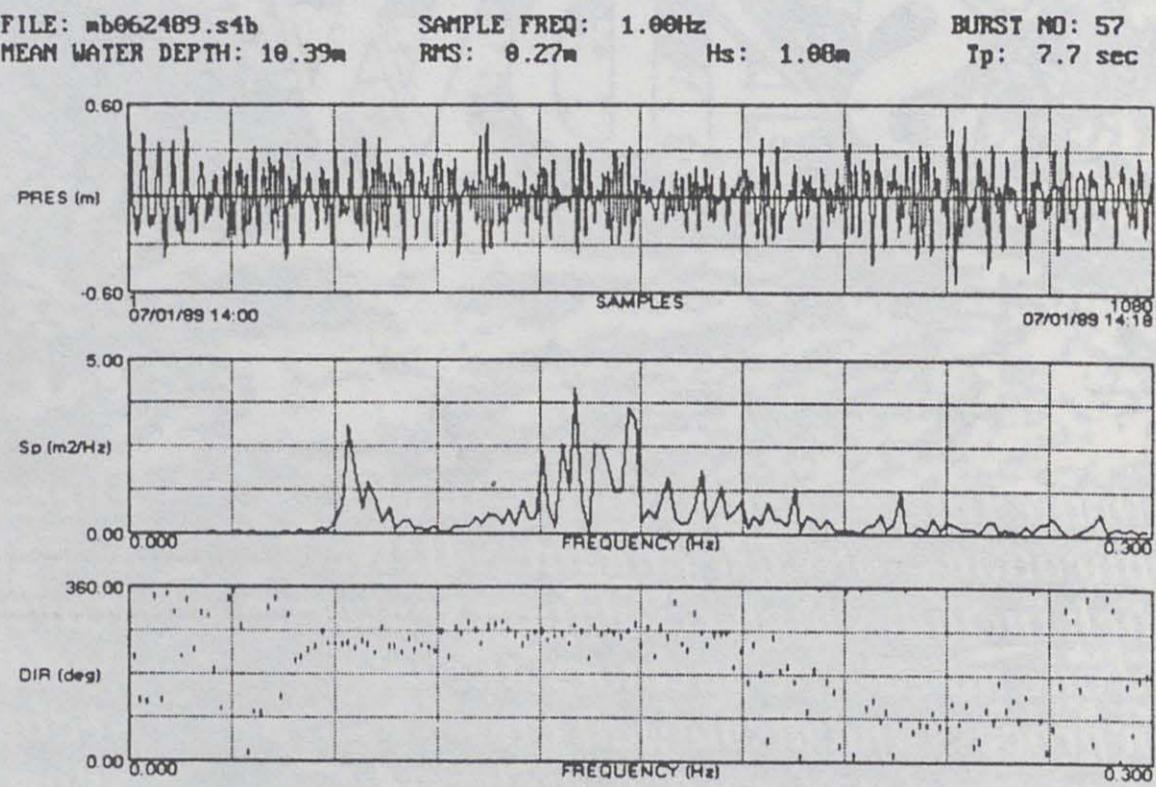
T - Time
 Tc - Period of Crest Peaks (sec)
 Tp - Period of Peak Energy Spectrum (sec)
 Ts - Period of Significant Waves (sec)
 Tz - Period of Zero Crossing Components (sec)

S4DW Header (Setup) Information

Serial Number: 04590905
 Header: Test Case
 Cycle: On for 0 Days 0 Hrs 18 Mins Every 0 Days 3 Hrs 0 Mins
 Number of Samples Averaged: 2 (1.0 Seconds)
 Number of Averages Between Special Record Blocks: 216
 Channels Recorded at Average Time: 1
 Channels Recorded at Block Time: 0
 Date/Time In Water : 6/24/89 13:00
 Date/Time Start Analysis: 6/24/89 14:00
 Date/Time End Analysis: 7/09/89 14:18
 ENTERED HEIGHT OFF BOTTOM IS 2 M

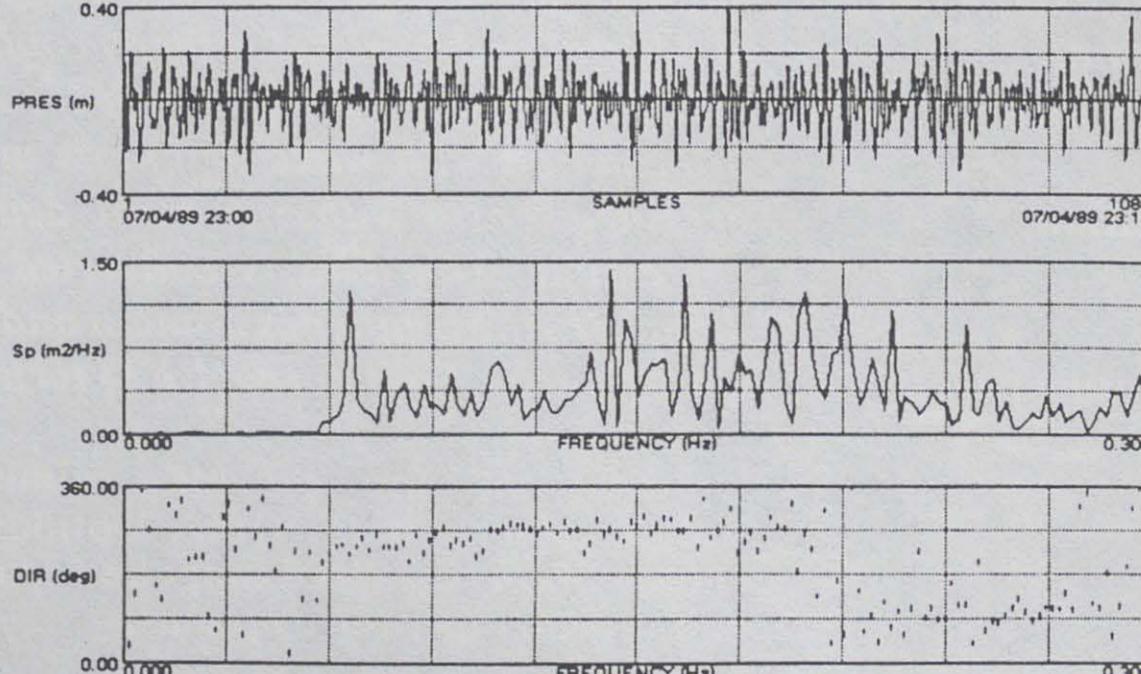
S4 CM Serial Number
 User Designated Data File Name
 Sample Time/Cycle 18 mins every 3 hrs
 2 half-second samples/second for 18 minutes
 Date/Time Stamp Every 216 Averages
 Analog Channels Recorded (Pressure)
 Optional Sensor Analog Channels
 Date CM first deployed
 Date/Time Data Collection Begun
 Date/Time Data Collection Ended
 Moored Depth of CM from Bottom

BURST DATA



B#	D	T	Hs	Ts	Tz	Tc	Tp	DIR
56	07/01/89	11:18	.95	6.59	6.09	4.86	15.17	240
57	07/01/89	14:18	1.17	6.45	6.04	4.85	7.67	281
58	07/01/89	17:18	1.11	6.45	5.95	4.63	15.17	237

FILE: mb062489.s4b SAMPLE FREQ: 1.00Hz BURST NO: 84
 MEAN WATER DEPTH: 11.56m RMS: 0.22m Hs: 0.87m Tp: 7.0 sec



B#	D	T	Hs	Ts	Tz	Tc	Tp	DIR
83	07/04/89	20:18	.95	5.83	5.49	4.55	7.56	277
	07/04/89	23:18	.98	5.43	5.14	4.39	6.11	268
85	07/05/89	02:18	.84	6.06	5.70	4.77	4.58	77



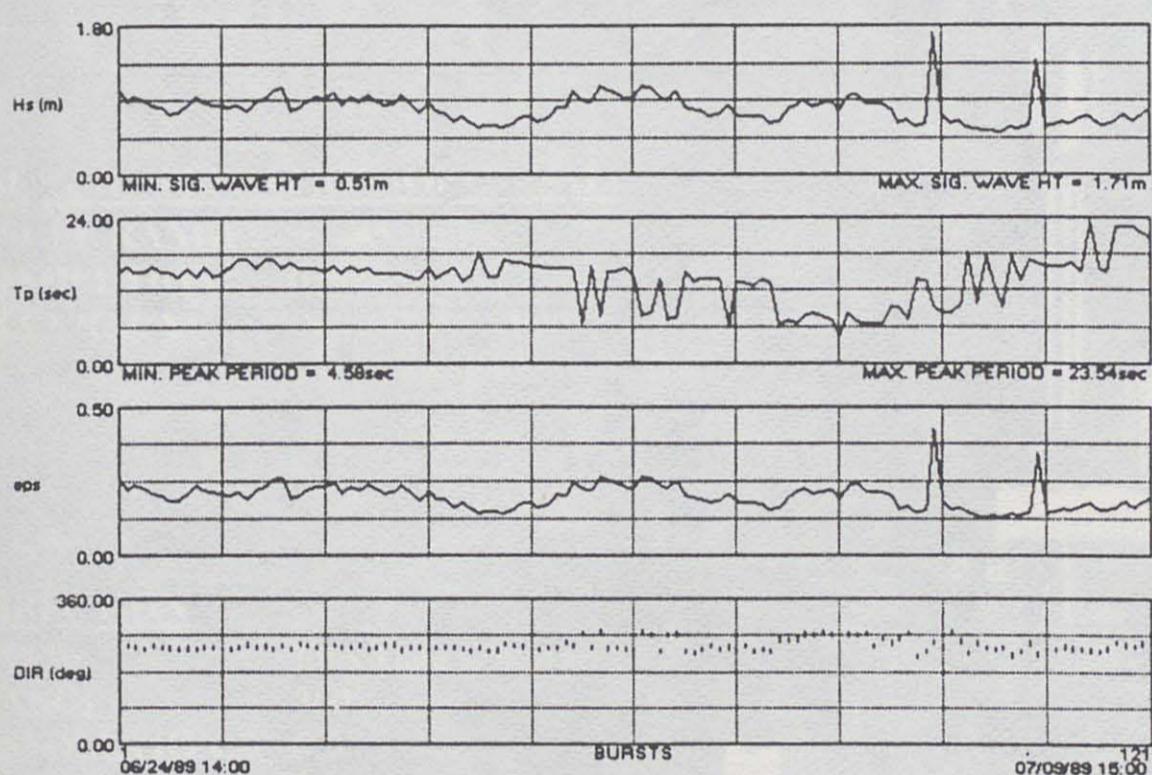
InterOcean
systems, inc.

Directional Wave Data
Copyright 1989

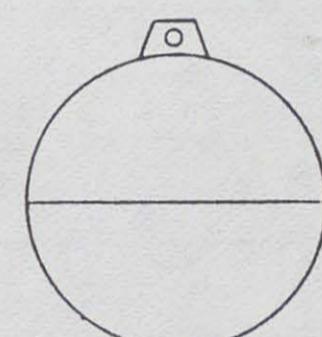
SPACERAD SOLID STATE SENSORS CURRENT METER
ENGINEERING DATA & SPECIFICATIONS

**S4DW moored 2 meter off bottom,
 sampling interval is vector averages
 every second for 18 minutes every
 three hours**

WAVE PARAMETERS



Model
1800
Buoy



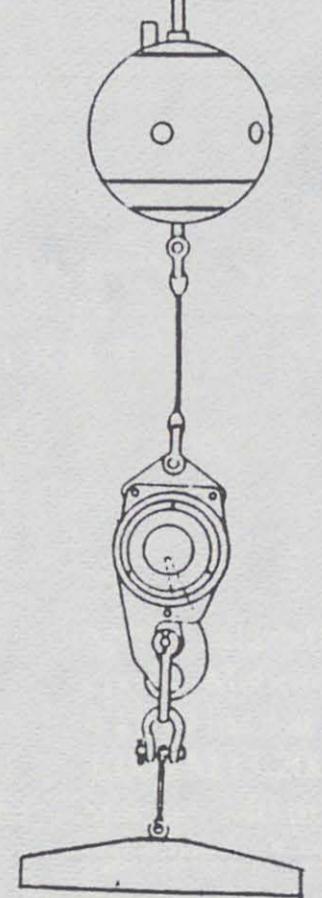
10-12M

WAVE PERIOD ESTIMATES



S4DW

Model
1090E
Release



2M

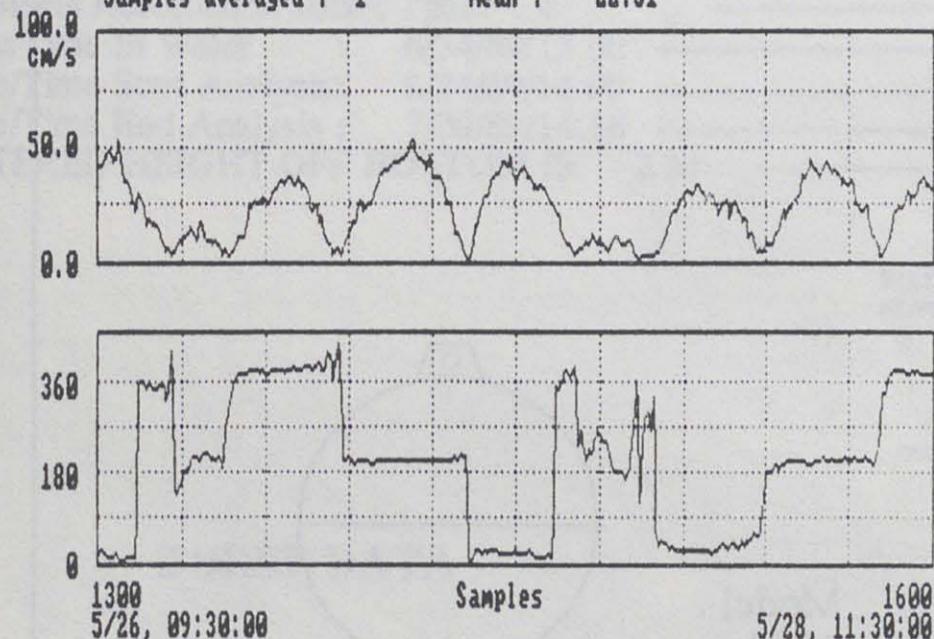
Data Available with S4DW Options

With the standard S4 Application Software and optional conductivity and temperature sensors added to the S4DW, the data normally gathered could provide information such as that shown in the unrelated tabular and graphic sample data below.

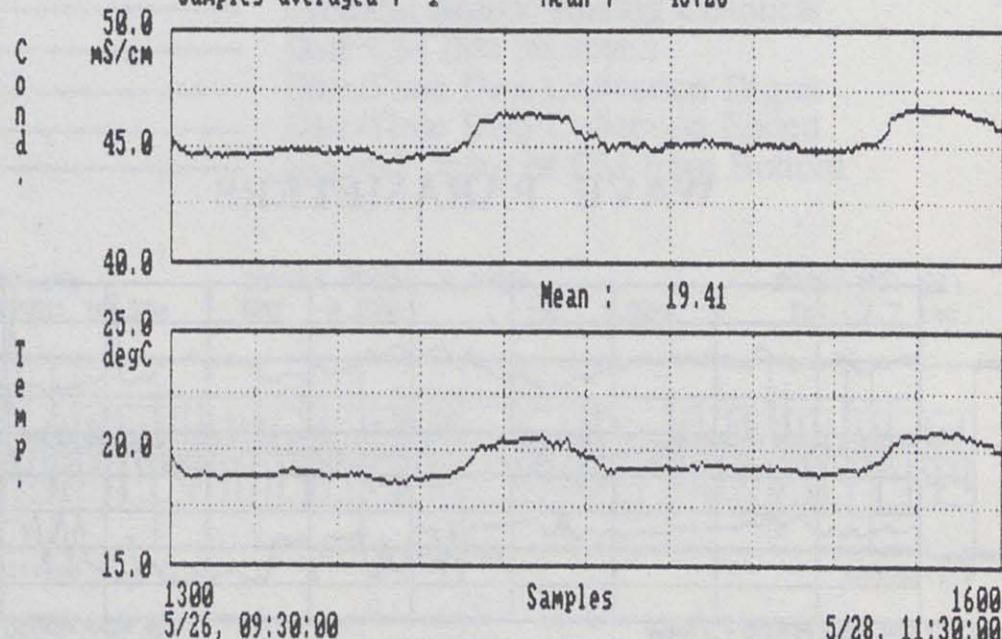
Speed (cm/s)	Dir (deg)	Vr (v)	Hdg (deg)	Cond (mS/cm)	Temp (degC)	Depth (dBar)	Tilt (deg)	Salin (psu)	Density (Kg/M ³)	SV (M/s)
5/26, 9:51			14							
46.1	10			44.90	19.19	162.27		33.12	1030.85	1519.8
49.1	11			44.80	19.00	162.27		33.19	1030.95	1519.3
43.8	9			44.70	18.90	162.27		33.19	1030.96	1519.0
45.7	14			44.60	18.80	164.22		33.18	1031.06	1519.8
53.5	8			44.50	18.70	164.22		33.18	1031.08	1518.8
43.2	1			44.60	18.80	165.20		33.18	1031.10	1518.8
5/26, 10:51			7					33.18	1031.15	1518.8
35.2	3			44.60	18.80	166.18				



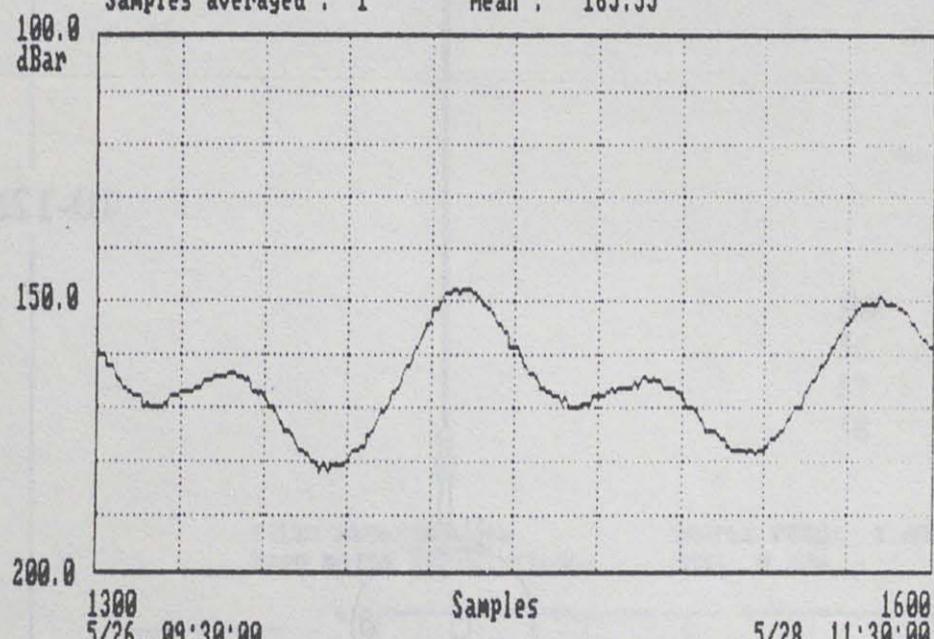
InterOcean Systems, Inc. Model S4 Current Meter #04430794
--Std S4-- File : BAYSTD2.S4B
Samples averaged : 1 Mean : 22.51



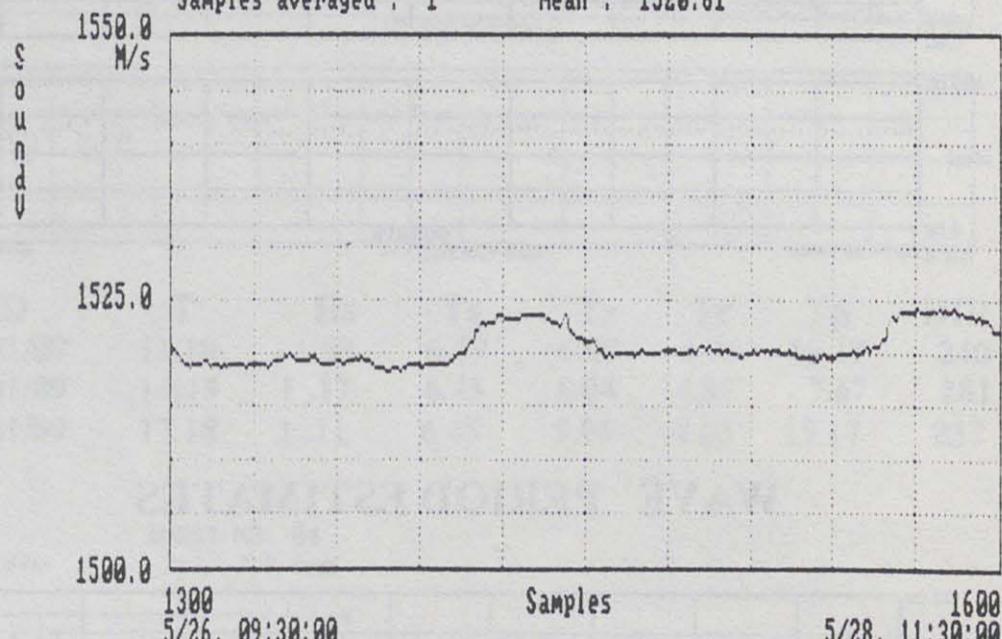
InterOcean Systems, Inc. Model S4 Current Meter #04430794
--Std S4-- File : BAYSTD2.S4B
Samples averaged : 1 Mean : 45.28



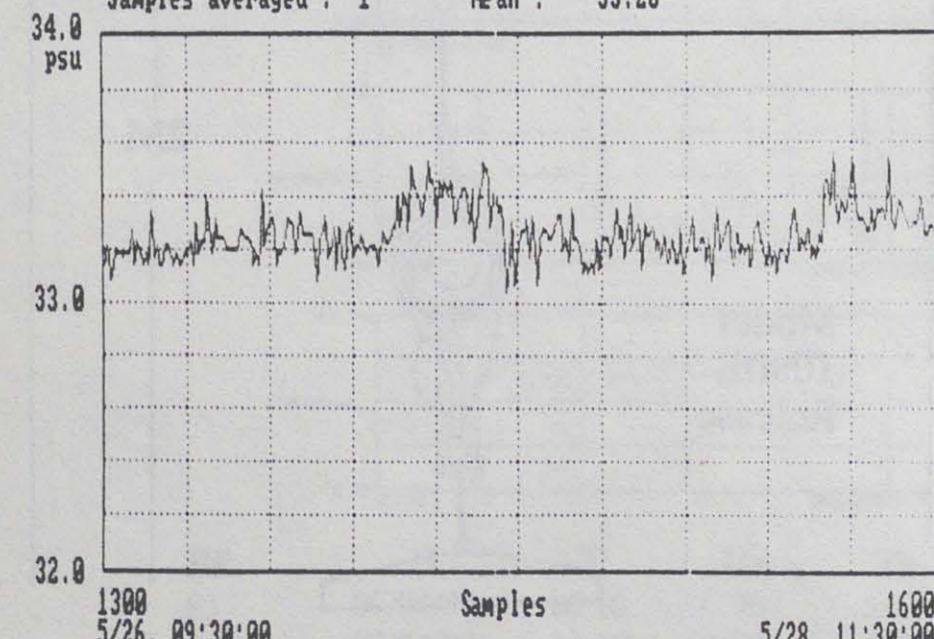
InterOcean Systems, Inc. Model S4 Current Meter #04430794
--Std S4-- File : BAYSTD2.S4B
Samples averaged : 1 Mean : 165.55



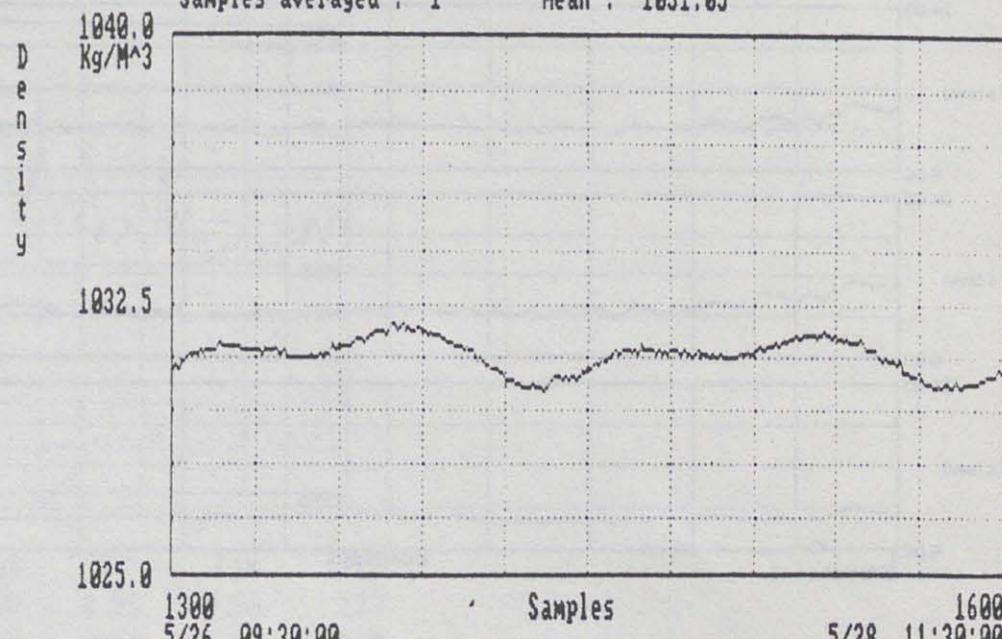
InterOcean Systems, Inc. Model S4 Current Meter #04430794
--Std S4-- File : BAYSTD2.S4B
Samples averaged : 1 Mean : 1520.61



InterOcean Systems, Inc. Model S4 Current Meter #04430794
--Std S4-- File : BAYSTD2.S4B
Samples averaged : 1 Mean : 33.26



InterOcean Systems, Inc. Model S4 Current Meter #04430794
--Std S4-- File : BAYSTD2.S4B
Samples averaged : 1 Mean : 1031.05



SPHERICAL SOLID STATE SENSOR CURRENT METER

ENGINEERING DATA & SPECIFICATIONS

CURRENT SPEED

TYPE: Electro-Magnetic, 2 Axis
RANGE: 0-350 cm/sec (standard)
 0-50 and 0-100 cm/sec (optional)
RESOLUTION: 0.2 cm/sec (standard)
 0.03 cm/sec (0-50 range)
 0.06 cm/sec (0-100 range)
ACCURACY: 2% reading +/- 1 cm/sec (0.03 ft/sec)
NOISE: Same as resolution for average of 1 minute or longer
 0.05 cm/sec rms for 10 second averages
 0.25 cm/sec rms for 2 second averages
 0.75 cm/sec rms for burst sampling (0.5 sec rate)
THRESHOLD: Limited only by resolution and noise
VERTICAL RESPONSE: True cosine response (Internally software corrected with Tilt Option)

TIFF COMPENSATION (OPTIONAL)

ANGLE RANGE: +/- 45 degrees
RESOLUTION: 0.06 degrees
ACCURACY: (Speed Correction) +/- 1% of reading
 (Angle Output) +/- 0.25 degrees

DIRECTION

TYPE: Flux-Gate Compass
RANGE: 360°
RESOLUTION: 0.5°
ACCURACY: 2°
TILT: +/- 25° for specified accuracy

MEMORY

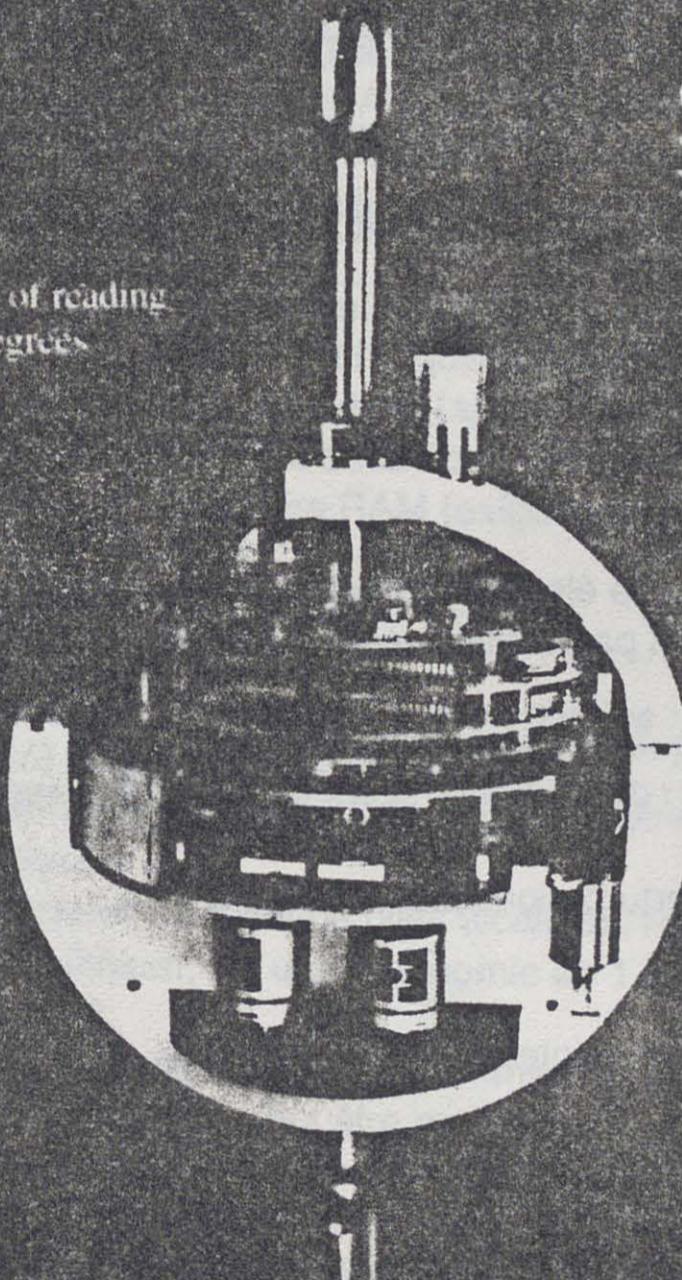
TYPE: CMOS static RAM
 (Non-restricted Lithium battery protected)
BATTERY LIFE: 5 years
CAPACITY: 64K Byte (128K or 256K Byte optional)
 >87,000 vector averages may be stored with 256K bytes

SIZE:

WEIGHT: Sphere, 25 cm (10 in.) diameter
 Air, 11 kg (24 lbs.); Water, 1.5 kg (4 lbs.)

ANCHORING:

THROUGH LOAD: In-line
AD EYES: 4,500 kg (10,000 lbs.) working
 Insulating liner, accepts 1.6 cm (5/8 in.) shackle pin



TIMEKEEPING

TYPE: Temperature stable Quartz oscillator
ACCURACY: +/- 12 minutes/year
POWER: Non-restricted Lithium battery (5 year life)

POWER SUPPLY

TYPE: Internal batteries (6 Alkaline "D" cells)
 (Lithium optional)
ENDURANCE: Lithium option—2400 hours continuous logging. Five years deployment, with on-time less than 2000 hours
 Alkaline Cells—480 hours continuous logging. One year deployment with total on-time less than 480 hours.

OPTIONAL SENSORS

TEMPERATURE

TYPE: Semiconductor (Thermistor or Platinum optional)
RANGE: -5 to +45°C
RESOLUTION: 0.05°C
ACCURACY: +/- 0.2°C
RESPONSE TIME (63%): 1 minute (1.5 sec. Thermistor or 60 m/sec. Platinum)

CONDUCTIVITY

TYPE: Conductive
RANGE: 5-70 mS/cm
RESOLUTION: 0.1 mS/cm
ACCURACY: +/- 0.2 mS/cm

PRESSURE

TYPE: Semiconductor
RANGE: 0-1000 dBar (70 M option)
RESOLUTION: 1 dBar (4 mm with 70 M option)
ACCURACY: +/- 0.25% fs

MECHANICAL

MATERIAL:

Sphere: glass-filled cycloaliphatic epoxy
Mooring rod: titanium 6 AL-4V
DRAG: 4 kg (9 lbs.) at 250 cm/sec (8 ft/sec)
DEPTH: 1,000 M (3,200 ft.) maximum
TEMPERATURE: Storage, -40 to +50°C; operating, -5 to +45°C



S U B E R S . A .
SAINTE ANNE DU PORTZIC
29200 BREST
FRANCE

Tél. : 98.45.85.10.
Fax : 98.45.70.71.
Télex : 940631 SUBER

Brest, le 24 novembre 1989

N/Réf. : T/1107/GG -

HOULOGRAPH DIRECTIONNEL

PAR MESURE DE PRESSION

MODELE DW 210 C

=====

SPECIFICATIONS PRELIMINAIRES

1. Fonction courantomètre

Courantomètre annulaire électromagnétique deux axes.

Ce type de capteur est particulièrement bien adapté pour la mesure en milieu turbulent (cas de la houle).

Avec les caractéristiques de mesure suivantes :

- . Gamme de mesure : de +/- 5 mm/seconde à +/- 10 mètres/seconde
- . Linéarité : 1 % F.S.
- . Peu sensible aux perturbations par turbulence

2. Fonction pression

Capteur à jauge de contrainte

Option a) Type TRANSAMERICA

Précision : +/- 0,25 % P.E.

(Gamme de mesure à préciser)

Option b) Type PAROSCIENTIFIC

Précision : +/- 0,01 %

Résolution : 0,0001 %

Gamme de mesure : 0 - 30 mètres

(Autres gammes sur demande).

3. Fonction température

Capteur cuivre précision : +/- 0,05°C

- 5 à + 45°C

4. Fonction cap

Compas magnéto-résistif

Précision : +/- 1°

Angle : +/- 45° d'inclinaison

Mesure d'inclinaison

Précision : +/- 0,5°

Gamme de mesure : +/- 45°

Horloge

Stabilité : 25 ppm, soit 12 minutes/an

Option haute stabilité : 2,5 ppm, soit 1,2 minute/an

5. Mémoire interne standard : 128 Ko

Options : 2 Mo (pour capteur PAROSCIENTIFIC)

et jusqu'à 4 Mo (pour capteur TRANSAMERICA)

Capacité donnée en mesure de houle

2 échantillons/seconde

Séquence de 17,04 minutes toutes les 3 heures (2048 mesures)

Capacité interne : 2 Mo permet l'acquisition de donnée brute

sur une période supérieure au mois (après algorithme de compression de données).

L'option logiciel de traitement de la houle inclus dans l'appareil permet une autonomie de 3 mois avec 1 Mo de mémoire RAM (exige aussi une extension de capacité batterie).

6. Logiciel de traitement

Conforme aux normes IFREMER

20 périodes allant de 3 secondes à 21 secondes : direction et amplitude correspondantes.

Calcul du H 1/3 de la période significative

Logiciel sur compatible IBM PC (sauf option logiciel interne).

Sorties graphiques.

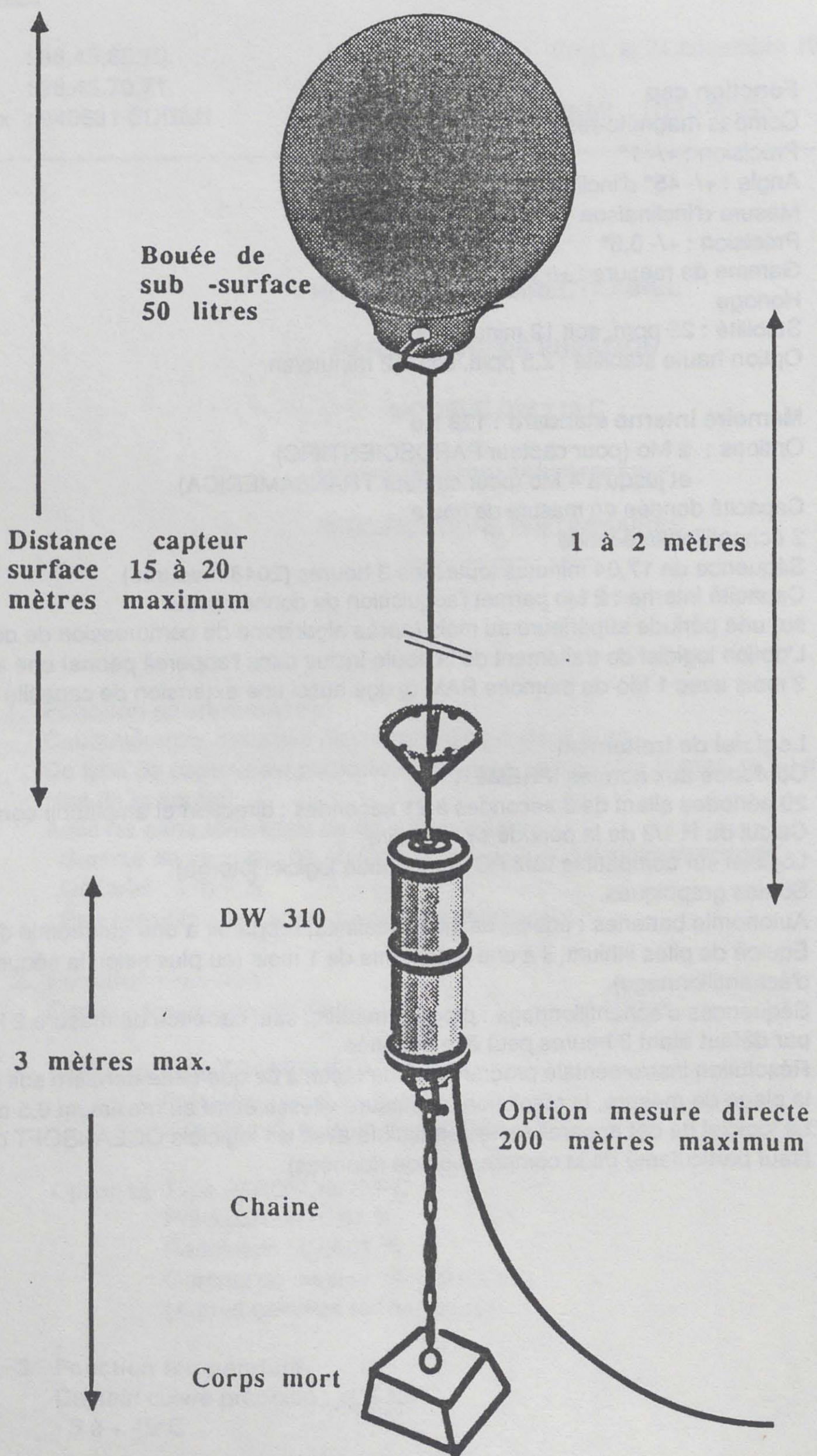
Autonomie batteries : équipé de piles alcalines, l'appareil a une autonomie de 2 semaines.

Équipé de piles lithium, il a une autonomie de 1 mois (ou plus selon la séquence d'échantillonnage).

Séquences d'échantillonnage : programmables, sauf cadence de mesure 2 Hz, la période par défaut étant 3 heures peut être modifiée.

Résolution instrumentale programmée de façon à ce que cette dernière soit optimum dans la plage de mesure, la résolution de mesure vitesse étant au maximum 0,5 cm/s.

Le logiciel de cet appareil reste compatible avec les logiciels OCEANSOFT de SUBER (sauf particularité de la compression de données).



MESURE DE HOULE

- Résolution nécessaire : 0,06 mm sur 30 000 mm, soit 1/500 000, donc 2 ppm ; car le coefficient de correction est de 0,01 pour une houle de 3 secondes (hauteur ≈ 60 cm ; soit un Δ de mesure de 0,6 mm apparent).

Pour une houle de 2 secondes, (hauteur \approx 30 cm), coefficient de correction $\approx 0,001$, d'où une mesure de 0,06 mm.

Le seul capteur possible : 1 ppm : Paroscientific. Nous pouvons également utiliser le capteur 100 psi pour ce type de mesure.

- #### - Quantité de donnée

La houle peut varier de 6 mètres par seconde (houle de plus de 20 mètres) donc une définition de 4 mètres entre échantillons est suffisante.

Soit, en maintenant une résolution de 0,1 mm, un mot de 16 bits = résolution de 0,061 mm.

Nous aurons donc : 1 mot début bloc : 32 bits
hauteur entière
(valeur pression + codage)

- . 2048 mots de 16 bits - pression (hauteur jusqu'à 4 mètres)
 - . 2048 mots de 8 bits - compas (résolution 1,4 °)
 - . 2048 mots de 12 bits - courant (résolution 1 mm/s).

soit 4096 oct. + 2048 oct. + 2048 oct. + 1024 oct.

+ place vierge , soit 9 500 bits/bloc mesure
 55 296 bits/jour
 1 658 880 bits/mois
 soit 2 Mo. soit environ 36 jours.

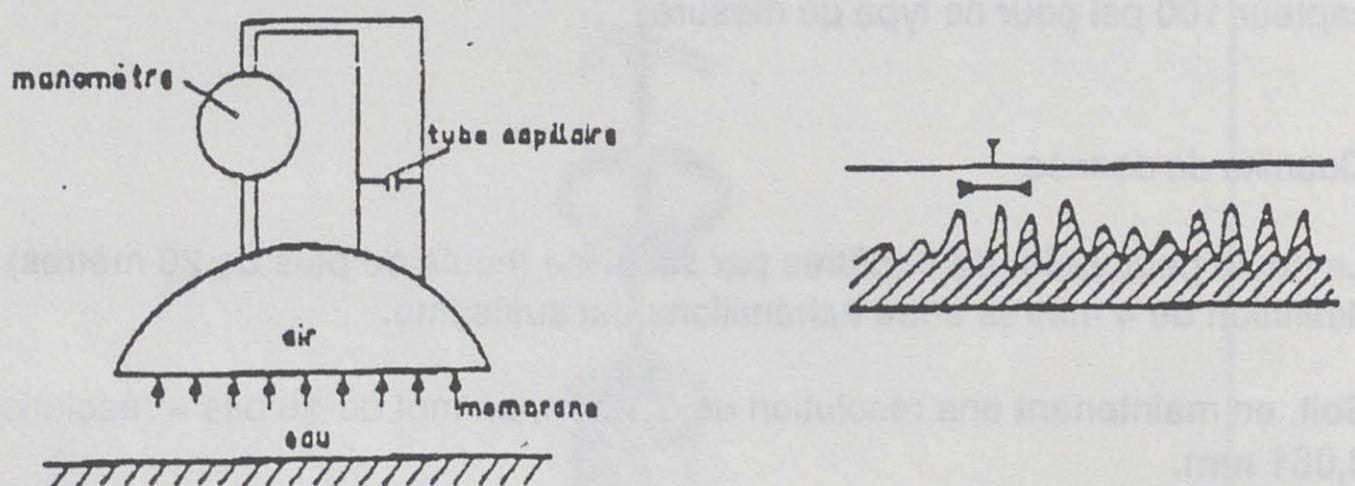
d) Les houlographes à pression. — A la profondeur d , l'amplitude totale de la fluctuation de la pression due à la houle de la hauteur H , exprimée en hauteur d'eau, est :

$$p = \frac{H}{\operatorname{ch} 2\pi \frac{d}{L}} \cos 2\pi \frac{t}{T}$$

L'enregistrement de la pression fluctuante au fond permet de déterminer l'agitation de la surface libre, à condition d'en connaître la période et la longueur d'onde. Si la houle est assez pure, la période peut être déduite directement des enregistrements et la longueur d'onde peut être calculée compte tenu de la profondeur. Mais comme le facteur d'amortissement $\frac{1}{\operatorname{ch} 2\pi \frac{d}{L}}$ croît rapidement, la méthode est surtout valable si $\frac{d}{L}$ est petit,

c'est-à-dire si la houle est longue et si l'appareil n'est pas immergé par trop grande profondeur (10 à 20 m).

L'appareil du Laboratoire National d'Hydraulique comprend essentiellement un manomètre différentiel⁽¹⁾ (Fig. 73). Il reçoit, d'une part, la pression au fond communiquée à de l'air sous pression par l'intermédiaire d'une membrane en néoprène, d'autre part, la même pression après passage au travers d'un filtre constitué d'un tube fin qui empêche la transmission des fluctuations de pression de période de l'ordre de grandeur de celle de la houle. De cette façon, le manomètre n'est pas sensible aux variations de profondeur lentes dues aux seiches ou à la marée. Mais, du fait du coefficient d'amortissement de la pression avec la profondeur, il est peu sensible aux variations rapides de la surface libre ; il atténue les houles courtes. Le manomètre communique des déplacements à un petit miroir, ce qui permet d'avoir sur film une image suggestive de la pression en fonction du temps (Fig. 74).



L'enregistrement a lieu deux fois par jour ou à chaque pleine mer pendant vingt quatre minutes. En cas de tempête, à partir d'un creux donné réglable, l'appareil déclenche toutes les deux heures. L'appareil a une autonomie de un mois environ.

I. J. VALMENOIS, *Les appareils réalisés à Chalon pour la mesure de la houle naturelle*, Fifth Conference on Coastal Engineering, p. 170-176. Grenoble, sept. 1954.

Flexible Wavestaff

The measurement interval can be increased with
longer arms and decreased with shorter ones. According
to the space available, the length of the measuring
rod is a long one, or a short one, according to the
space available.

Such a rod must be made
of high tensile strength
material, such as
steel wire.

AN WAVESTAFF ELEMENT

A device by which waves are measured
with a rod of measure.

Length of 10 centimeters.

Material: steel wire.

ANNEXE 3:

PERCHE A HOULE ET HOULOGRAPHIE A PRESSION.



LE PERCHE A HOULE

Le Perche à Houle est un instrument de mesure des hautes mers. Il consiste en une tige en bois de 10 cm de long et d'un diamètre de 10 mm. La tige est graduée en centimètres. Un crochets sont fixés aux deux extrémités de la tige pour la suspendre. Le Perche à Houle est utilisé pour mesurer la hauteur des vagues dans les mers ou océans.

NEREIDES

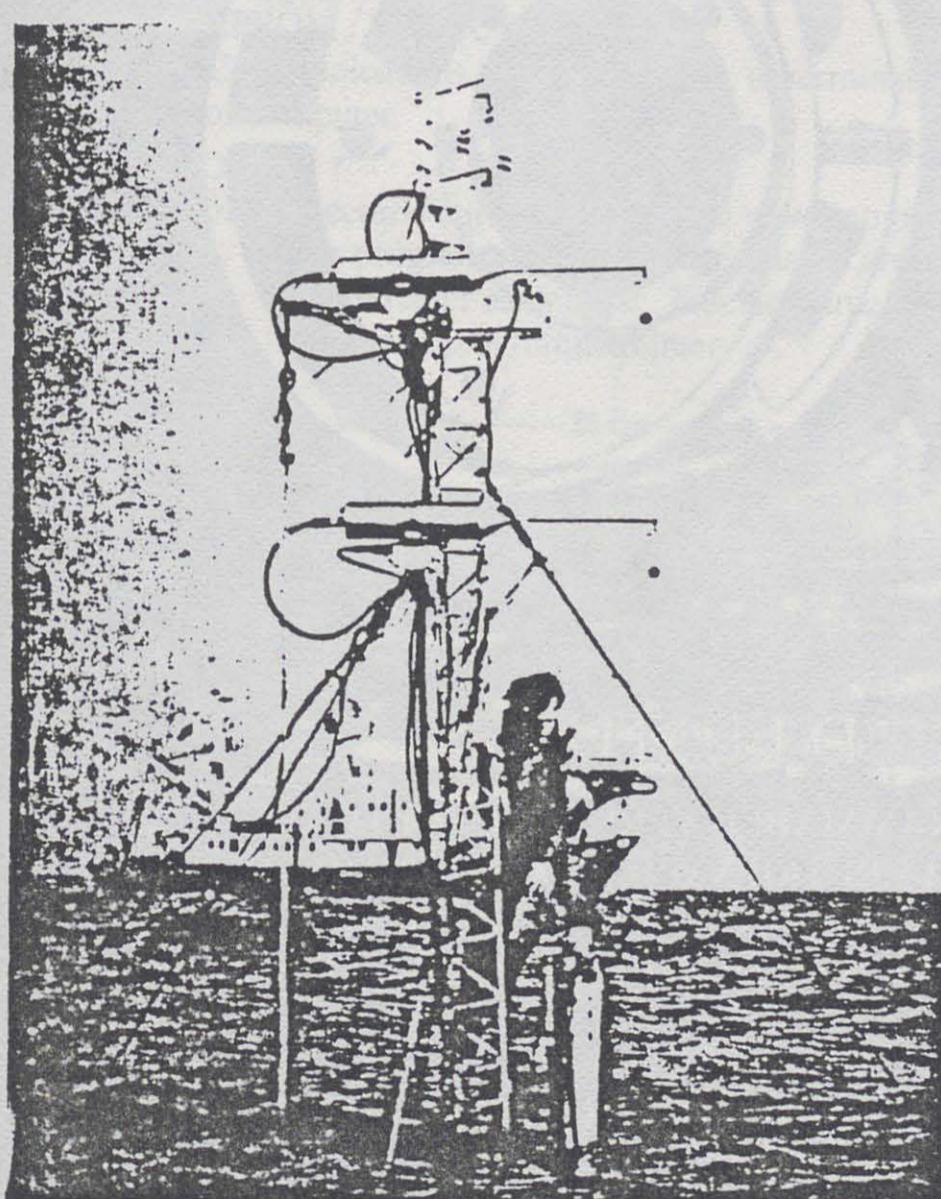
Flexible Wavestaff

Wave measurements interest engineers concerned with ships, harbours and coastal structures as well as oceanographers engaged in wave-climate studies. The resistive wavestaff is a long established device for recording wave profiles.

The Nova Scotia Research Foundation's wavestaff is made up of a tough, flexible, nylon tube grooved to accommodate a spiral resistance wire winding and an insulated return wire. As in the traditional resistive wavestaff, changes in depth of immersion produce linear changes in ohmic resistance.

To operate, a wavestaff must be mounted vertically with its midpoint at mean water level. The fact that the NSRF design uses only a single flexible component rather than coupled lengths of rigid rod means that it is much simpler to transport and mount on site. Resistance to damage from impact or friction, and from the effects of fouling are also design features.

The wavestaff was designed originally for Bedford Institute of Oceanography and has since been supplied to a number of other users. In cooperation with the Bedford Institute, electronics have also been produced which sense changes in wavestaff resistance to produce a DC output which is an analog of the wave profile. An FM output suitable for recording on a low performance tape recorder may also be provided.



A) WAVESTAFF ELEMENT

A transducer in which resistance is inversely proportional to depth of immersion.

Design salinity — 10 ppm minimum

(For fresh water operation consult NSRF)

Design Temperature Range — -2 to + 35°C (Water)

Length standard 20, 30, 40, 60, 80 Feet
special — any

Resistance standard 470 ohms \pm 10%
special — 50 - 1000 ohms

Linearity better than 0.5% of total range

B) ELECTRONICS

For use in conjunction with wavestaff to produce an electrical analog of instantaneous water level.

Format circuit board(s) or small cabinet incorporating AC power supply.

ENVIRONMENT

Temperature

Operating 0 — + 50°C
Non-operating -50 — + 70°C

Rel. Humidity 0 — 95%

INPUT

Wavestaff is energized by 2mA 1500 Hz AC. Connecting cables should not exceed 10 ohms resistance. (Up to 200m is practical.)

POWER REQUIREMENTS

Boards 12 - 30v D.C. < 1/2w

With AC supply 115-240V < 5w

Outputs (1) 0-5V DC low impedance

(2) 30 to 90 Hz FM (other frequencies and ranges available within audio band)

OVERALL LINEARITY

2% of total range

OPTIONS

(1) Circuit board DC supply DC out.

(2) 2nd circuit board provides FM out.

(3) Case with AC supply

(4) Sealed case with AC supply

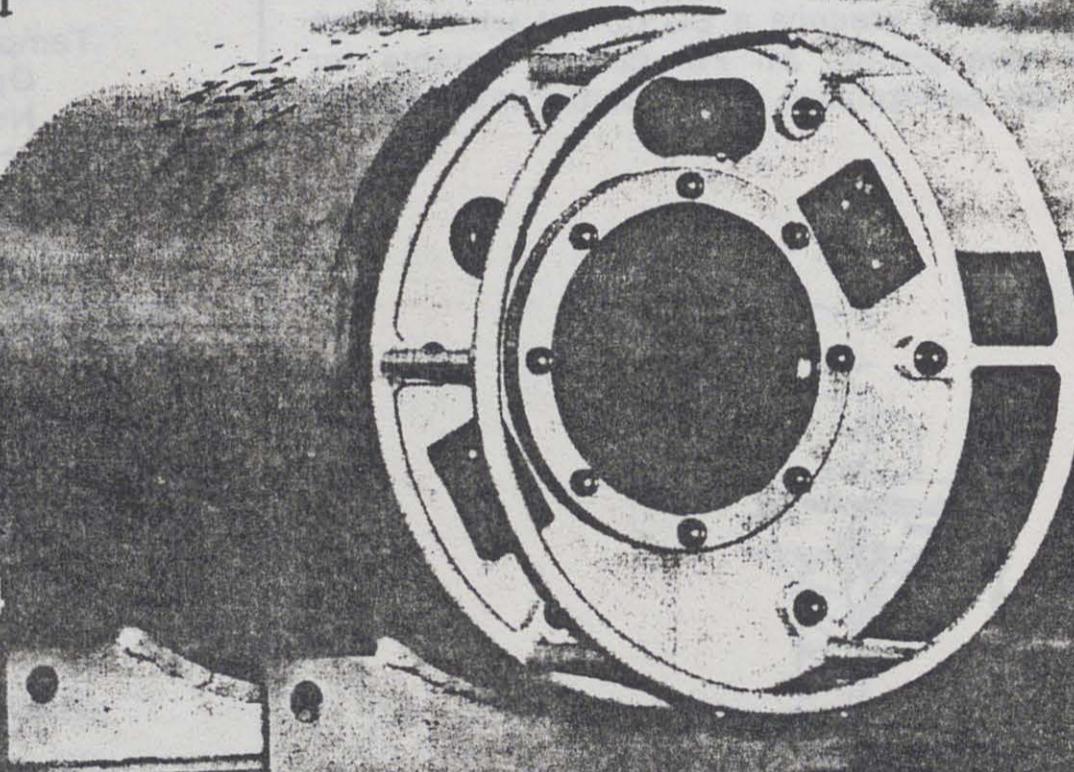
NEREIDES FRANCE
66, Bd de Mondétour-91 400-ORSAY
Tél:(1)907.20.48-Tlx: 69 1518 F

Generation

WAVE & TIDE GAUGE/S4

High Resolution (4mm Tide, 1mm Wave)
Compact (10 × 17 in.)
Light Weight (55 lbs. in air)
Self-Contained

WTG/S4



InterOcean
systems, inc.

3540 aero court san diego, ca. 92123-1799 usa (619) 565-8400 telex 181-701 fax (619) 268-9695

ADVANCED FEATURES

USER PROGRAMMABLE VERSATILE SOFTWARE
INSTANT DATA RETRIEVAL AT 300 TO 19200 BAUD
64K, 128K OR 256K BYTE SOLID STATE MEMORY
TEMPERATURE AND DEPTH COMPENSATED SENSORS

WTG/S4 SPECIFICATIONS

The WTG/S4 series instruments are a new generation of Wave and Tide Gauges incorporating advanced features first introduced in the S4 Current Meter. They are rugged self-contained instruments featuring microprocessor control for ease of adapting to user requirements, self-contained CMOS solid-state memory (up to 256K bytes), and dual pressure sensors for optimum performance of wave and tide measurements.

SENSORS Temperature compensated silicon semi-conductor strain gauge. Tide sensor is a 70 m full-scale sealed reference transducer. Wave sensor is a ± 10 m differential transducer. Sensors are isolated from sea water by oil filled chamber with 10 cm dia. diaphragm. The WTG/S4 is insensitive to clogging, biofouling or silting.

INSTALLATION DEPTH To 20 Meters

MEASUREMENTS RANGE: Tide—0 to 20 Meters;
Wave— ± 10 Meters

RESOLUTION: Tide—4 mm; Wave—1 mm

PRECISION: Tide— ± 2 cm; Wave— ± 5 mm

ACCURACY: Tide— ± 6 cm; Wave— ± 1 cm

HYDRAULIC FILTER Low-pass hydraulic filter. 4 minute time constant. Insensitive to mounting orientation. Filters wave influence on tide sensor. Provides depth compensation for wave sensor.

REAL-TIME CLOCK TYPE: Stable Quartz oscillator. Factory set to GMT. May be reset using terminal.

ACCURACY: ± 12 min/year

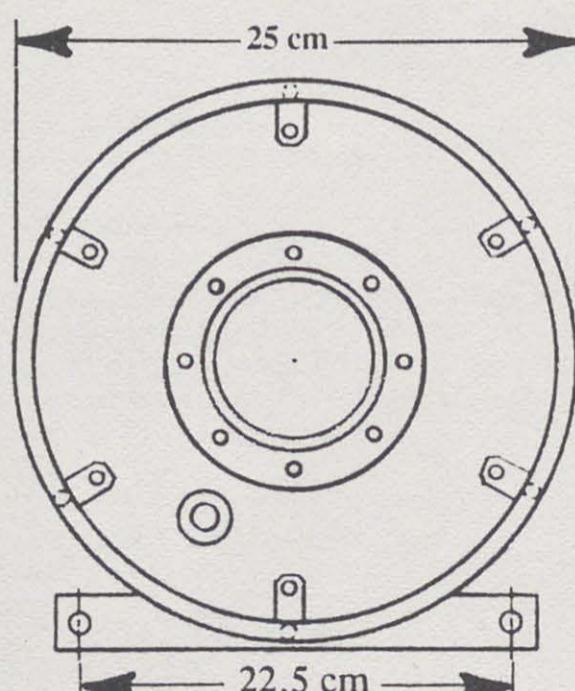
POWER: Non-restricted Lithium battery.
5 year life.

CONTROLLER Low-power CMOS microprocessor and EPROM. 14 bit A/D converter. Communications via RS232C link to terminal or computer.

OPERATING MODES

BURST MODE: Records bursts of $\frac{1}{2}$ second wave samples for programmed duration. Statistics are stored after each burst. Tide and time are stored at programmed intervals.

BOTTOM VIEW



STATISTICS MODE: Records only the statistics for each wave burst and does not save the burst data. Tide and time are stored at programmed intervals.

ADAPTIVE MODE: If the average wave height for the wave burst is below threshold, burst data is not stored in memory. Statistics data, tide, and time are stored at programmed intervals.

USER SELECTABLE FUNCTIONS

WAVE BURST INTERVAL: Time between wave bursts (0-1440 minutes).

WAVE BURST DURATION: Number of $\frac{1}{2}$ second wave samples per wave burst (240-3600 samples, or 2-30 minutes).

TIDE INTERVAL: Time between tide readings (0-1440 minutes).

TIME BLOCK: Frequency of recording date and time.

WAVE THRESHOLD: Minimum wave height for wave to be included in statistics (0-2000 cm.).

ADAPTIVE THRESHOLD: Average wave height threshold to trigger recording in the adaptive mode (0-2000 cm.).

MEMORY TYPE: Static CMOS RAM. Non-volatile, non-restricted Lithium battery.

BATTERY LIFE: 10 years

CAPACITY: 64K standard. Expandable to 256K.

DATA TYPES BURST: Tide, $\frac{1}{2}$ second wave samples.

STATISTICS: Average Wave Height, Maximum Wave Height, Significant Height, and Average Wave Period.

DATE & TIME: Month, Day, Year, Hour, Minute.

COMMUNICATIONS RS232C using model S110 interface.

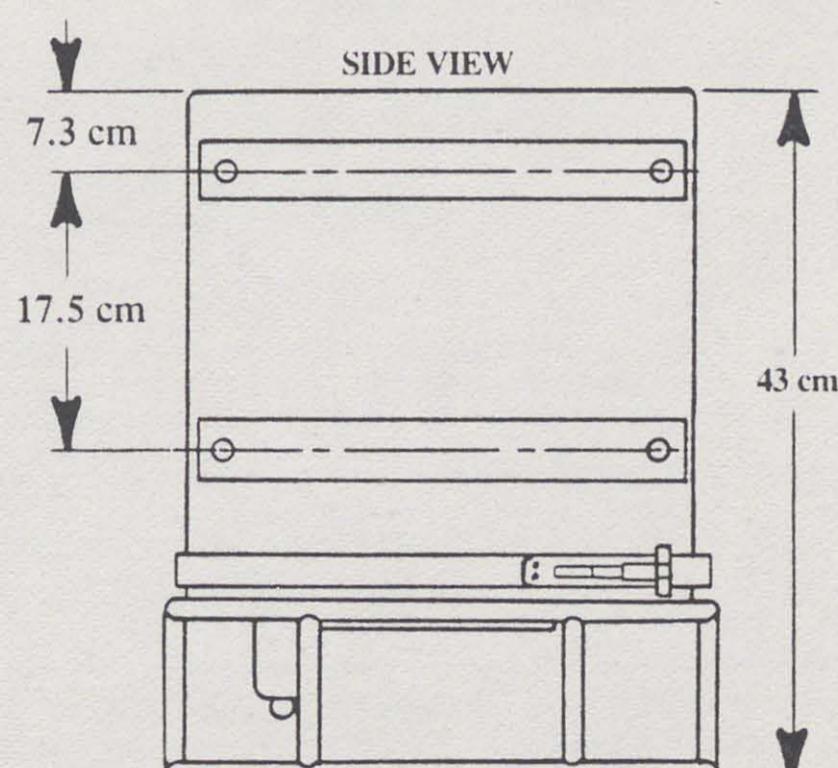
ASCII format. Communication rate selectable from 300 to 19200 BAUD.

POWER SUPPLY TYPE: Internal, 12V sealed lead-acid battery (rechargeable). Charger supplied.

ENDURANCE: Continuous Logging—533 hours on full charge. On-Off Cycling Mode—Up to 6 months with maximum on time of 533 hours.

EXTERNAL: May be powered externally from +9 VDC, 50 ma.

SIDE VIEW



MECHANICAL **CASE MATERIAL:** Aluminum, hard anodized
FINISH: Poly-urethane paint over epoxy primer
DIMENSIONS: 25 cm (10 in.) dia. \times 43 cm (17 in.) long
WEIGHT IN AIR: 25 kg (55 lbs)
WEIGHT IN WATER: 6.4 kg (14 lbs)

CARACTÉRISTIQUES PRINCIPALES

- Immersion maximale 300 m standard
- Précision : 0.01 % PE (3 cm)
- Autonomie des piles 1 an service
- Enregistreur à mémoires C.MOS
- Capacité standard d'enregistrement : 32 K. mesures
- Horloge temps réel
- Totalement programmable
- Extraction des données et programmation sans ouverture de l'appareil.

OBJET

Cet appareil a été conçu pour mesurer la marée depuis le fond de la mer avec grande précision.

DESCRIPTION

Le marégraphe SLS 23 est construit en bronze d'aluminium, il comporte un corps contenant une centrale d'acquisition type SUBER SLS 26 et un pack de piles au lithium.

La tape supérieure supporte le capteur de pression à quartz et le séparateur Mer/Capteur.

CAPTEUR

- La mesure est effectuée par un capteur à quartz dont la fréquence de sortie est fonction de la pression. Le capteur (DIGIQUARTZ) assure la précision finale de la mesure de part ses caractéristiques élevées en précision et stabilité.

PRINCIPE GÉNÉRAL

Les cadences de mesures et durée d'intégration ayant été initialisées par l'opérateur, (ou laissées par défaut), la fréquence du capteur est mesurée selon ces paramètres après un délai de stabilisation des alimentations (fonctionnement en alimentations pulsées pour minimiser la consommation).

Le résultat de la mesure, exprimé en 1/10 de Hz par 2 octets, est stocké en mémoire sauvegardée.

L'appareil se remet ensuite en veille jusqu'à la prochaine mesure.

Dans la configuration normale (64 Koctets de mémoire sauvegardée, 1 mesure/10 minutes), l'appareil peut effectuer 227 jours d'enregistrement.

OPTIONS

- Extension mémoire à 96 Koctets sans carte supplémentaire.
- Mesure de la température du capteur pour correction des variations.

PROGRAMMATIONS/TRAITEMENT

Le marégraphe est muni sur sa tape arrière d'un connecteur étanche par lequel transfert des données et programmation sont effectués (RS232c, sans ouvrir l'appareil).

La programmation des paramètres suivants est assurée simplement par tout opérateur non spécialisé grâce au MONITEUR conversationnel OCEANSOFT :

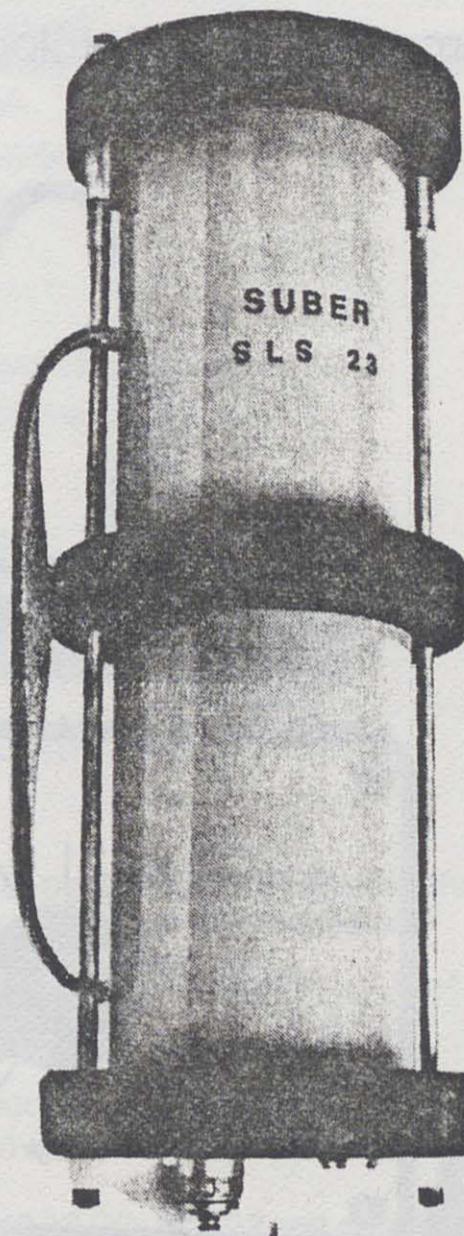
- date de départ et fin de mesure
- cadence d'acquisition par voie de mesure
- durée intégration
- auto-test et contrôles internes
- etc.

Le traitement est assuré grâce au logiciel OCEANSOFT, qui permet le transfert des mesures sur disque, l'édition de listings et l'établissement des principaux diagrammes océanographiques. Ce logiciel est compatible avec certains ordinateurs de bureau (EPSON QX10, IBM PC).

SPÉCIFICATIONS

- Construction : bronze aluminium
- Longueur : 660 mm
- Diamètre : 150 mm
- Poids dans l'air : 27 kg (14 kg immergé)
- Immersion : 270 m (standard)
130 ou 600 m à la demande
6 000 m spécial

MAREGRAPHE OFFSHORE SLS 23



- Alimentation : piles au lithium
- Autonomie piles : 1 an SERVICE
- Précision : 0.01 %
- Résolution : 0.004 %
- Calculateur : SLS 26 C.MOS
- Enregistrement : mémoire statique C.MOS
- Capacité : 32 K mesures standard (227 jours)
- Extension mémoire (option) : 48 K mesures sur la carte 64 K mesures par carte sup
- Programmation/traitement : SUBER OCEANSOFT, RS232C

EMBALLAGE caisse navette 75 x 25 x 25 cm
poids brut : 41 kg

S U B E R

Sainte-Anne du Portzic
29200 BREST - FRANCE
Phone: 98 45 85 10
Telex: 940631F

A company of the
Océano
INSTRUMENTS
group

OCEANO INSTRUMENTS
4, av. Henri-Poincaré
92160 ANTONY FRANCE
Phone: (1) 46 68 66 33
Telefax: (1) 46 68 31 22
Telex: 260850F OCEANO

OCEANO INSTRUMENTS
(UK) Ltd.
9/10 New Broompark
Granton Park Avenue Industrial Estate
EDINBURGH EH5 1RS Scotland
Phone: 031-552 0303
Telex: 728154 OCEANO G

OCEANO INSTRUMENTS
USA INC.
12737-28th Ave. NE
SEATTLE, WA 98125
Phone: (206) 363.0500
Telex: 152156 OCEANO US

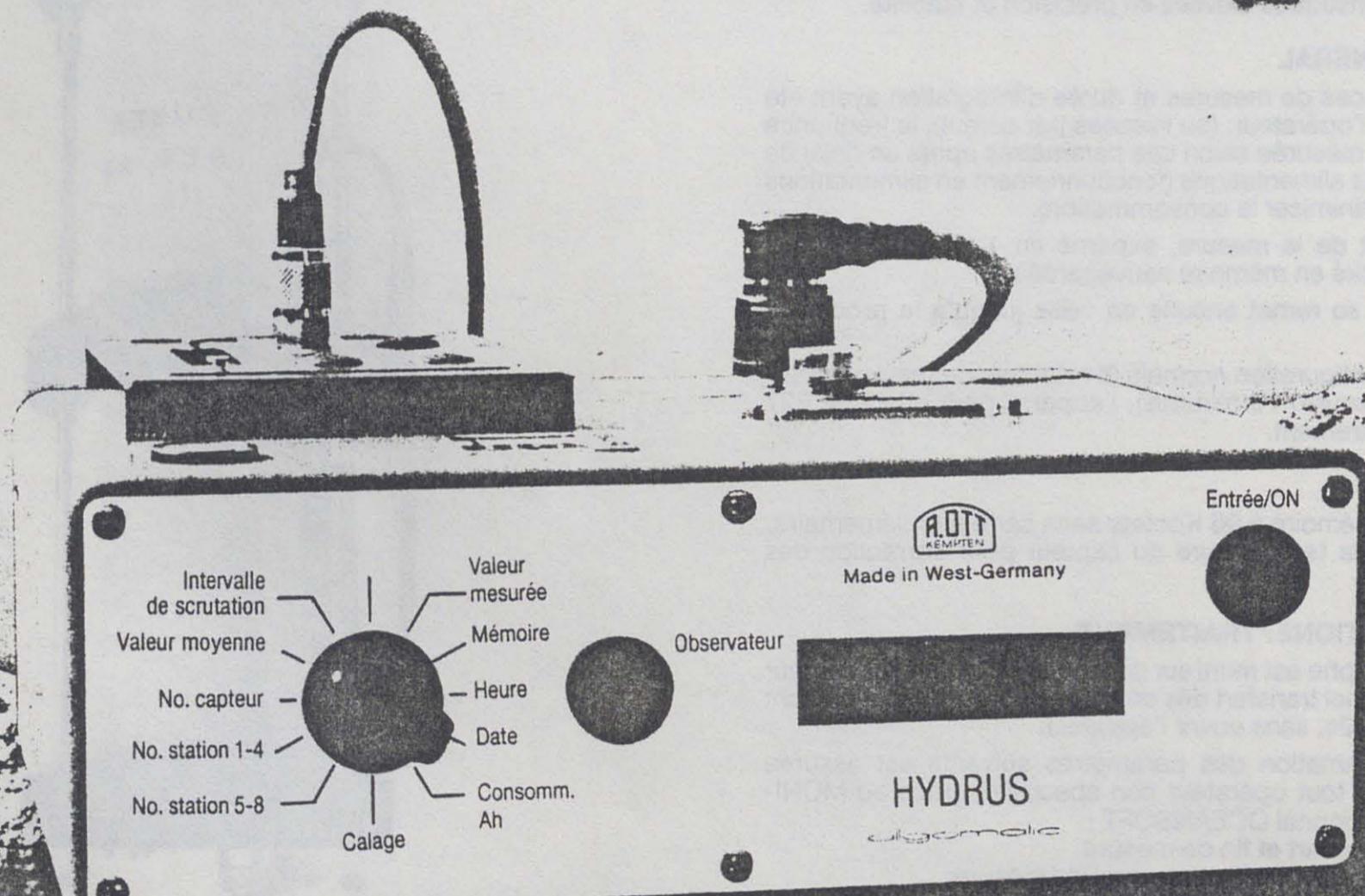
OCEANO INSTRUMENTS
FAR EAST Pte Ltd.
26 Ayer Rajah Crescent
(# 04 - 04)
SINGAPORE 0513
Phone: 779.47.55
Telex: 55888 OIFE

allgomatic



Enregistreur de données OTT

compact et maniable pour la
saisie et la mémorisation de mesures en
hydrométrie • météorologie • protection de l'environnement



Enregistreur de données HYDRUS

Caractéristiques techniques

Construction:	technologie CMOS avec microprocesseur CDP 1802 / RCA et mémoire programme EPROM de 16 koctets.
Mémoire de données:	mémoire cyclique RAM de 24 ou 48 koctets. Une valeur de mesure (ou une valeur moyenne) correspond à 2 octets. 1 koctets est réservé pour l'en-tête c.a.d. No. de station, No. de capteur, etc.
Entrée des mesures:	1 à 4 capteurs peuvent être raccordés*) avec les entrées suivantes: analogique résolution: 10 000 points = 0.1 %; numérique-parallèle 12 à 16 bit; impulsions (max. 32 760). Longueur standard des liaisons capteurs: 10 m; pour de plus grandes distances, prévoir une protection contre les surtensions car les entrées ne sont pas équipées d'isolations galvaniques. Au cas où plusieurs capteurs sont raccordés, veiller pour la même raison à ce qu'il n'y ait pas de masses communes.
Intervalle de scrutation:	réglable individuellement pour chaque capteur intervalle le plus court: 4 secondes intervalle le plus long: 8 heures.
Enregistrement de valeurs moyennes:	après 1 à 32 726 mesures instantanées (les mesures instantanées ne sont alors pas conservées).
Paramétrage de la mesure:	possible individuellement pour chaque capteur, selon une loi: $Y = A \cdot X + B$. Y = mesure paramétrée X = valeur de mesure avant paramétrage A, B = facteurs d'échelle.
Temps réel:	mesuré par base de temps à quartz avec indication des heures, minutes, secondes; précision: 4 sec./mois à 20°C; Influence de la température: 3 sec. par °C et par mois.
Calendrier:	indication des jours - mois - années (tenant compte des années bissextiles).
Touche de contrôle:	A son passage sur la station, l'observateur peut actionner cette touche: l'heure, la date, le No. de station et la mesure instantanée sont alors enregistrés. D'éventuelles corrections sont ainsi signalées.
Alimentation:	tension continue 7 - 14 V.
Autonomie:	avec batterie extérieure 12 V / 6,5 Ah, environ 6 mois pour 1 capteur interrogé toutes les 1 minute; avec pile 9 V / 0,4 Ah logée à l'intérieur, environ 3 semaines pour 1 capteur interrogé toutes les 1 minute, à condition qu'une batterie type VARTA 40 22 DIN 6LF 22 soit employée.
Consommation:	au repos: 200 µA; pendant les phases de travail: 100 mA; durée de ces phases de travail: 400 ms avec les capteurs analogiques; 120 ms avec les capteurs numériques.
Température de travail:	-20°C à +70°C.
Humidité admissible:	jusqu'à 95 % sans condensation.
Boîtier:	matériau plastique
Dimensions:	220 x 170 x 90 mm (l x p x h)
Poids:	1,3 kg

*) actuellement un seul capteur est connectable; l'extension à 4 capteurs doit intervenir mi 1987.

Enregistreurs de données OTT HYDRUS

Application

L'enregistreur de données HYDRUS fait partie de la famille ALLGOMATIC conçue par OTT dans le domaine électronique. Il s'agit d'un appareil dont le champ d'application est très large, pour

- la saisie
 - le conditionnement (calculs de moyenne, mise à l'échelle)
 - la mémorisation
- de mesures.

Sa place est donc sur le site de mesure, quand il s'agit, soit en complément à un enregistreur papier, soit à sa place, d'acquérir des mesures sur un support mémoire électronique.

C'est le cas par exemple:

en hydrométrie pour: niveau d'eau et précipitations

en climatologie pour: pression atmosphérique
humidité de l'air
température
vitesse du vent
précipitations
etc.

pour la protection de
l'environnement pour: paramètres de qualité
de l'eau ou de l'air.

Fonctionnement

Le cœur de l'enregistreur de données HYDRUS est bien entendu un microprocesseur qui gère toutes les fonctions d'entrée, de scrutation et de mémorisation. Les commandes manuelles ainsi que l'introduction des différents paramètres (heure, date etc.) se résument à un commutateur et quelques touches. Tous les paramètres ainsi que les valeurs de mesure sont visualisés sur un afficheur à cristaux liquides à 6 caractères.

L'une des touches, dite de contrôle, permet à l'observateur de signaler son passage et d'introduire certaines corrections aux mesures ou aux paramètres choisis lors de la mise en route, à l'exception toutefois de l'intervalle de scrutation.

La construction est particulièrement compacte et prévoit le raccordement de 1 à 6 capteurs à sortie analogique, numérique ou à impulsions. La capacité de la mémoire RAM est de 24 ou 48 koctets (= 11500 ou 23500 données).

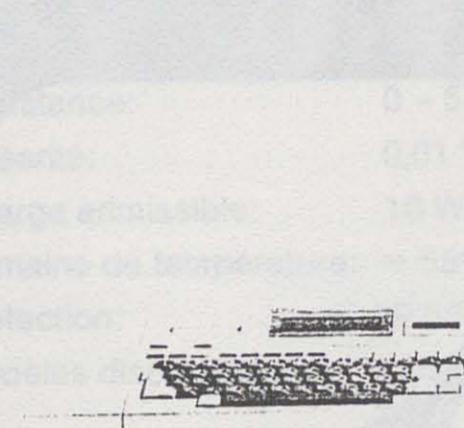
L'alimentation électrique, se fait au choix par le secteur ou par batterie.

L'enregistreur comporte un interface V 24 / RS 232 C pour le raccordement sur place à un ordinateur portable que l'observateur emmène avec lui pour effectuer le transfert des mesures mémorisées.

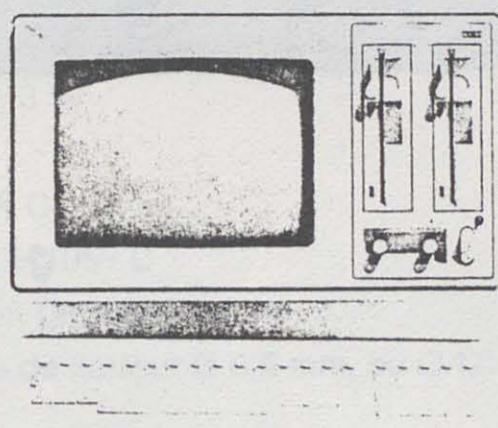
Principales caractéristiques

- Encombrement très faible
- Commandes très simples
- Plage de température de -20° C à +70° C
- Fonctionnement sur batterie avec contrôle de consommation
- Interfaces disponibles pour toutes sortes de capteurs
- Grande sécurité pour les données par batterie tampon
- Touche réservée au contrôle (lors du passage de l'observateur)
- Affichage de l'heure et de la date
- Affichage des mesures antérieures
- Affichage du nombre de jours d'enregistrement encore disponibles
- Intervalle de scrutation réglable
- Mémorisation de valeurs instantanées ou de valeurs moyennes après un nombre réglable de scrutations
- Signalisation automatique d'erreurs
- Interface V 24 (RS 232 C) pour ordinateur

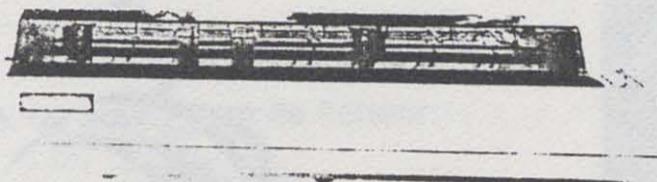
Traitement et sortie des données



EPSON HX-20



compatible avec IBM PC



Imprimante/traceur de courbes

L'enregistreur HYDRUS possède un interface de sortie V24 (RS 232 C) pour la lecture, sur le site même de la mesure, du contenu de la mémoire RAM. Le transfert s'effectue sur un ordinateur portable, sans effacement des valeurs mémorisées.

Le logiciel de transfert et de restitution est pour l'instant disponible pour deux types d'ordinateurs: EPSON HX-20 avec enregistrement sur microcassettes et mini imprimante, et BONDWELL BW8 avec stockage sur disquettes.

L'EPSON HX-20 est particulièrement économique et très commode si la masse de données n'est pas trop considérable. Dans sa version avec mémoire RAM de 32 koctets, il permet de prendre en compte 3700

mesures environ. La durée du transfert est d'environ 25 sec. pour 1000 mesures. L'enregistrement des mesures sur microcassette est plus lent, mais peut être effectué en différé, par exemple pendant le trajet vers la station suivante.

Il faut compter environ 4 minutes pour le transfert de 1000 mesures de la RAM EPSON à la microcassette. Le nombre maximum de mesures ainsi transférable est de 3700.

L'ordinateur BONDWELL BW8 autorise la gestion d'un plus grand nombre de mesures et permet un traitement et une sortie graphique particulièrement confortables. Il est compatible IBM PC et permet donc des traitements ultérieurs au bon nombre de systèmes informatiques.

Impression des contrôles

MESSAGE OBSERVATEUR

Station No. : 00000125

Capteur No.: 0001

Date : 12.08.86

Heure : 11:01:05

Constante d'add. : .01

Facteur d'éch. a: .05

Facteur d'éch. b: 0

Mesure instant. : 3.22

Capteur No.: 0001

Date : 13.08.86

Heure : 09:00:18

Constante d'add. : .01

Facteur d'éch. a: .05

Facteur d'éch. b: 0

Mesure instant. : 1.67

Impression des valeurs extrêmes et moyennes

Station No. : 00000125

Capteur No. : 0001

Intervalle de

scrutation : 00:15:00

Facteur de moyenne: 0004

Constante d'add. : .01

Facteur d'éch. a: .05

Facteur d'éch. b: 0

Date : 12.08.86

Moyenne : 1.94875

Minimum : 1.4

Maximum : 4.63

Impression des mesures

Date : 12.08.86

Heure Mesure

01:00:00 1.4

02:00:00 1.4

03:00:00 1.42

04:00:00 1.4

05:00:00 1.41

06:00:00 1.41

07:00:00 1.41

08:00:00 1.41

09:00:00 1.97

10:00:00 4.17

11:00:00 4.63

12:00:00 3.2

13:00:00 3.19

14:00:00 1.67

15:00:00 1.68

16:00:00 1.68

17:00:00 1.68

18:00:00 1.66

19:00:00 1.66

20:00:00 1.66

21:00:00 1.65

22:00:00 1.68

23:00:00 1.67

24:00:00 1.66

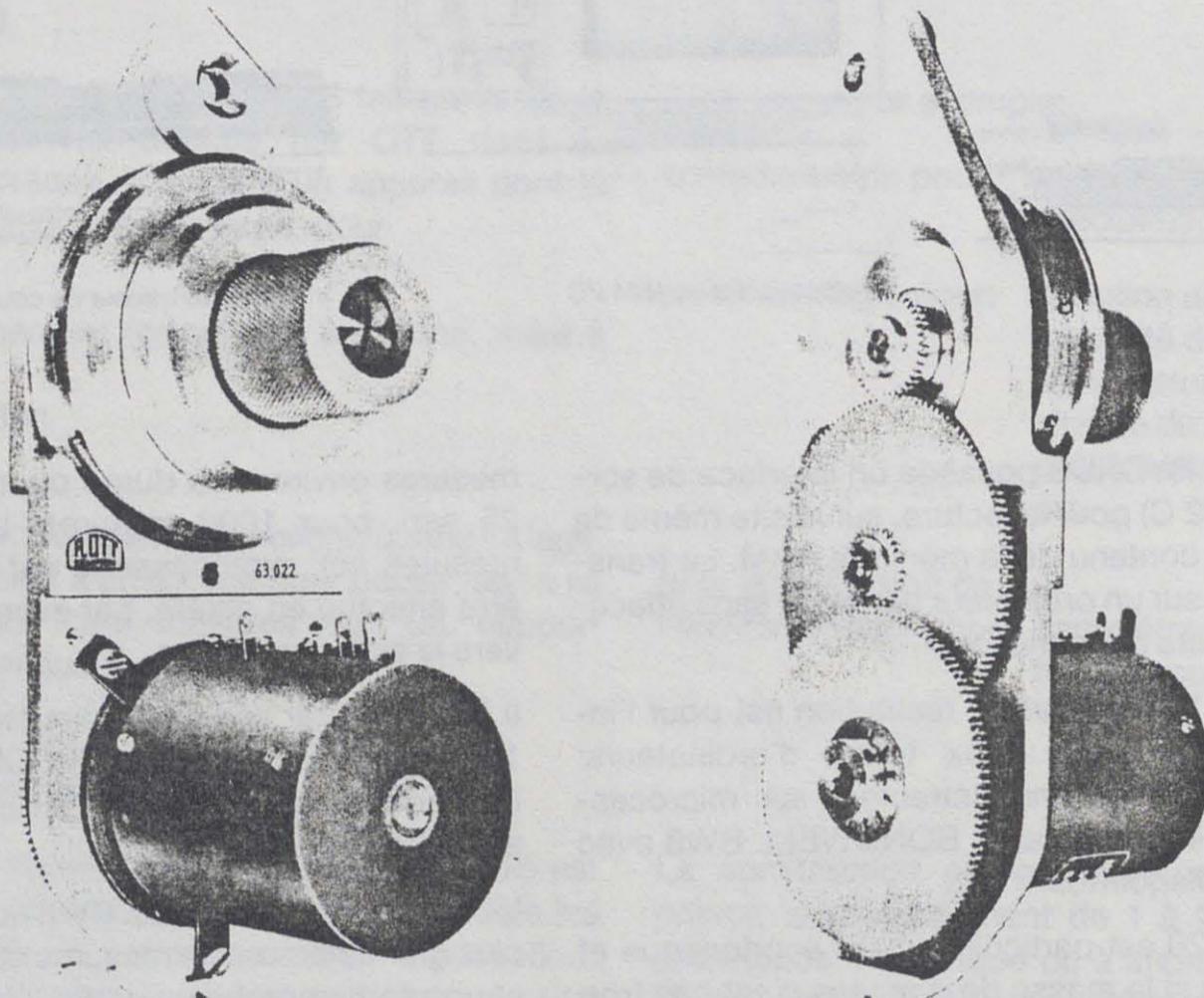
Moyenne : 1.94875

Minimum : 1.4

Maximum : 4.63

Exemple d'impression sur EPSON HX-20

hydrometrie



Capteur de niveau d'eau OTT OPG 1 avec potentiomètre

Application

- Mesure du niveau de l'eau dans les réservoirs, les forages et les rivières équipées d'un puits de mesure
- Utilisation comme unité indépendante ou combinée avec les limnigraphes OTT (modèles X, R 10, R 16, R 20)
- Capteur de niveau d'eau pour les enregistreurs de données
- Capteur de niveau d'eau pour les systèmes de télémesure

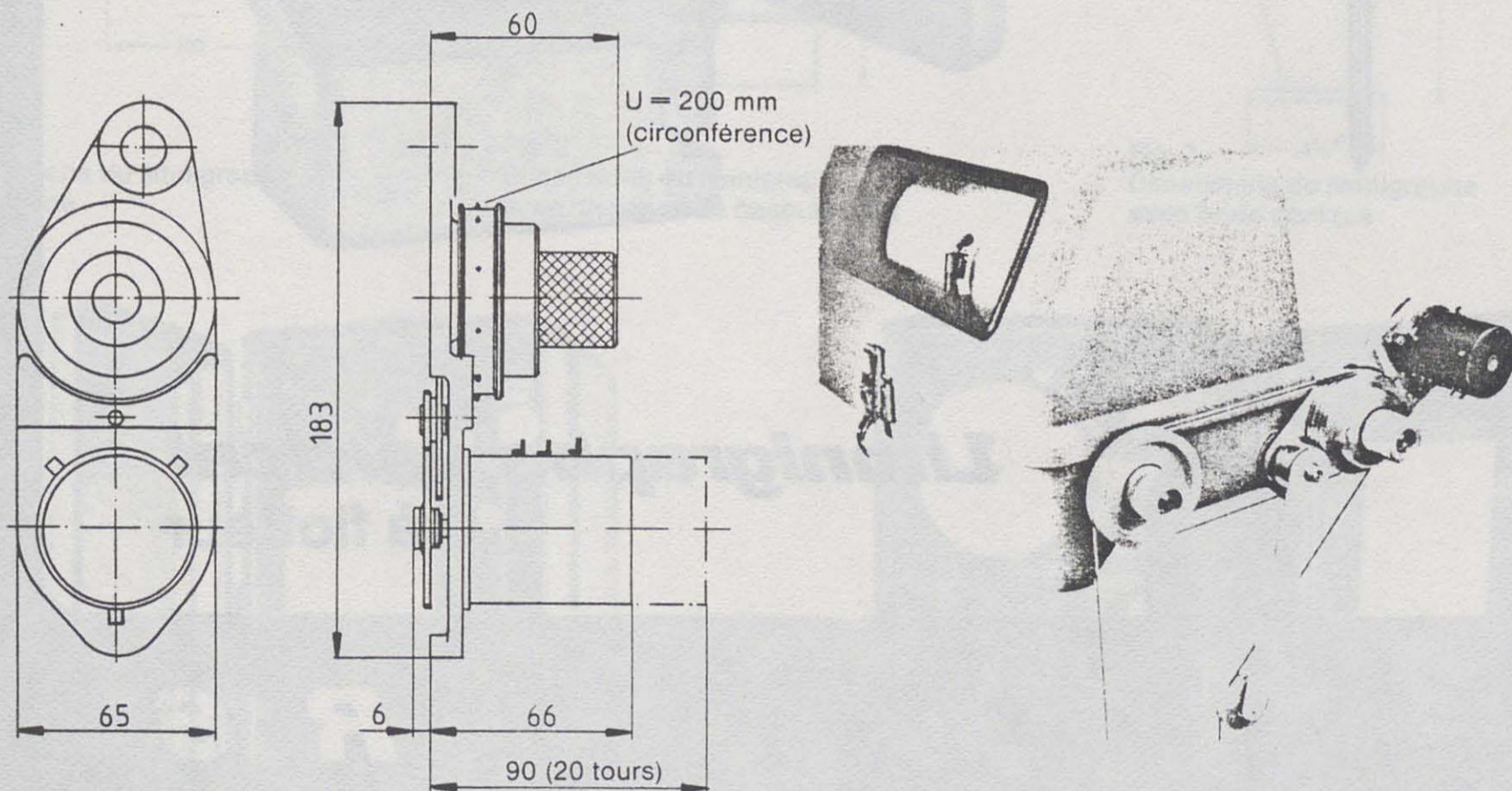
Caractéristiques techniques

Potentiomètre

- Mode de construction: potentiomètre hélicoïdal à 10 tours pour une plage de mesure de 1,25 m à 25 m
potentiomètre hélicoïdal à 20 tours pour une plage de mesure de 50 m à 100 m
- Résistance: 0 – 5 kΩ ± 3 %
- Linéarité: 0,01 %
- Charge admissible: 10 W à 40° C
- Domaine de température: – 55° C à + 105° C
- Protection: IP 53 (selon DIN 40050)
- Modèles disponibles: pour câble de flotteur Ø 0,6 mm, ou Ø 1,0 mm, ou pour ruban de flotteur.

Capteur de niveau d'eau

Plage de mesure x [m]	$\frac{\Delta R}{\Delta x}$ [Ω/m]	Erreur en fonction du diamètre de flotteur ± mm			
		Ø 80	Ø 110	Ø 200	Ø 300
1,25	3793	7,0	4,0	1,5	1,0
2,50	1897	4,0	2,5		1,0
5,00	943,4		1,5		
10,00	471,7	2,5		2,0	1,5
25,00	185,9			3,5	
50,00	92,95			6,0	
100,00	46,42			11,5	



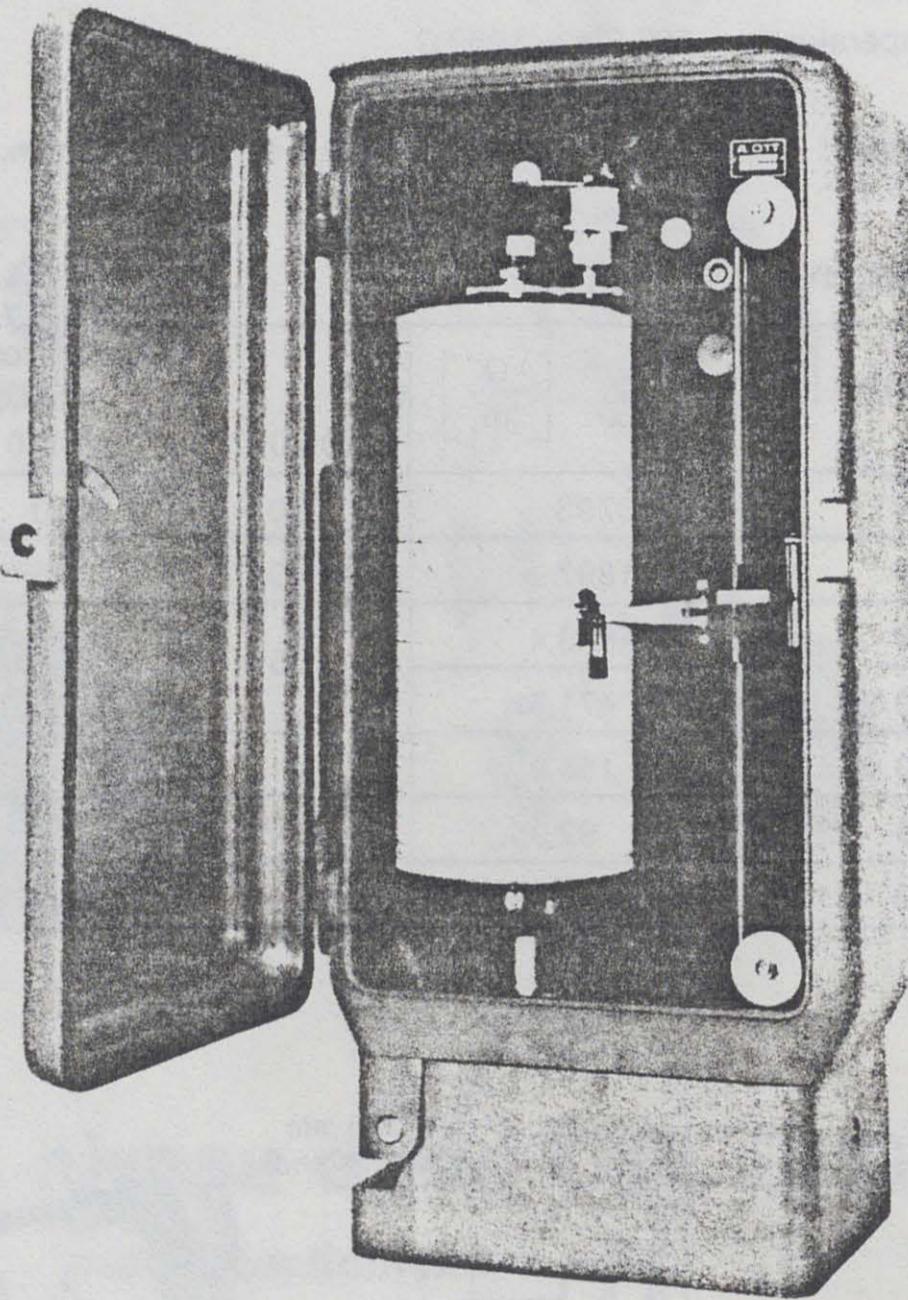
Tous droits de modification réservés.



Appareils hydrométriques · Systèmes électroniques · Instruments de mathématiques

A.OTT GMBH · Jägerstr. 4–12 · B.P. 2120 · D-8960 Kempten (Rép. Féd. d'Allemagne) · Téléphone (08 31) 20 59-0
Télex 54 723 · Télécopie (08 31) 20 59-105

hydrometrie



***Limnigraph vertical
à flotteur***

R 16

Le limnigraphie enregistreur vertical du type R 16 (20.252) sert à la mesure et à l'enregistrement continu des niveaux d'eaux souterraines. Grâce à sa haute sensibilité, il relève les plus faibles variations de niveau. Dans certaines conditions, il peut être mis en œuvre jusqu'à des profondeurs d'environ 100 mètres. Il n'exige aucune guérie de protection spéciale.

Avantages particuliers

Boîtier hermétique en alliage léger.

Portes sans fenêtre d'observation, munies d'auvents qui empêchent la pénétration des gouttes d'eau lors de l'ouverture du boîtier.

Serrures spéciales n'admettant que l'intervention de personnes autorisées.

Tambour enregistreur vertical.

Démontage facile du tambour enregistreur.

Mouvement d'horlogerie à régulateur invar.

Echange aisément des couples de roues dentées définissant la durée de révolution du tambour.

Large étendue de mesure due à huit rapports de réduction différents.

Croquis cotés

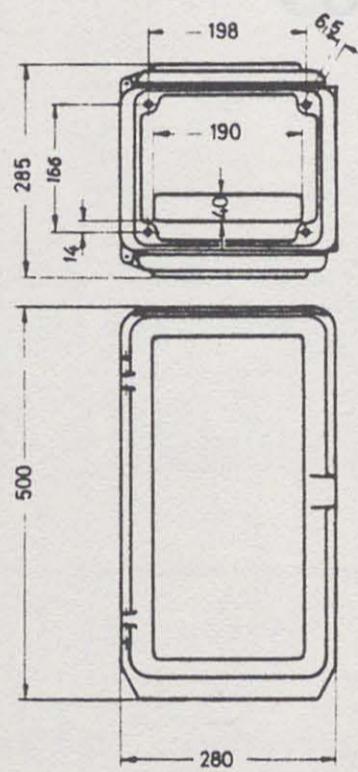


Fig. 1
Dimensions du limnigraphie
sans bride

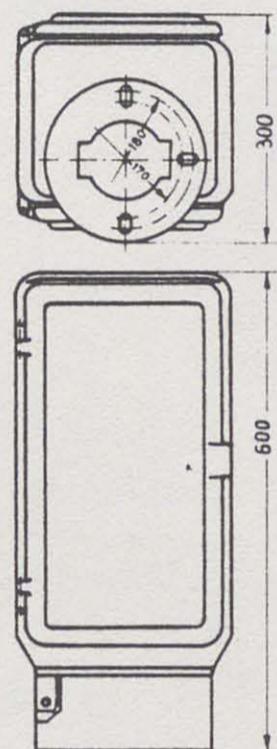


Fig. 2
Dimensions du limnigraphie
avec dispositif de basculement

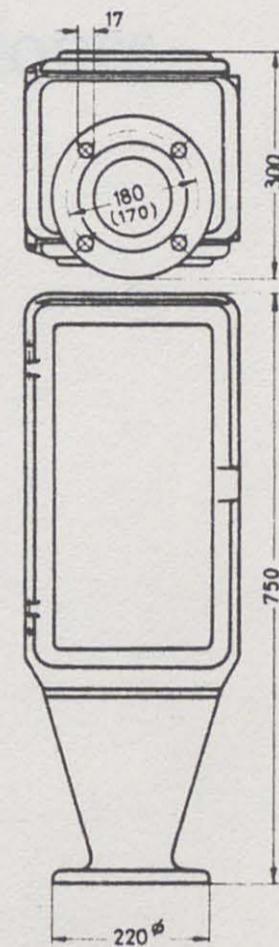
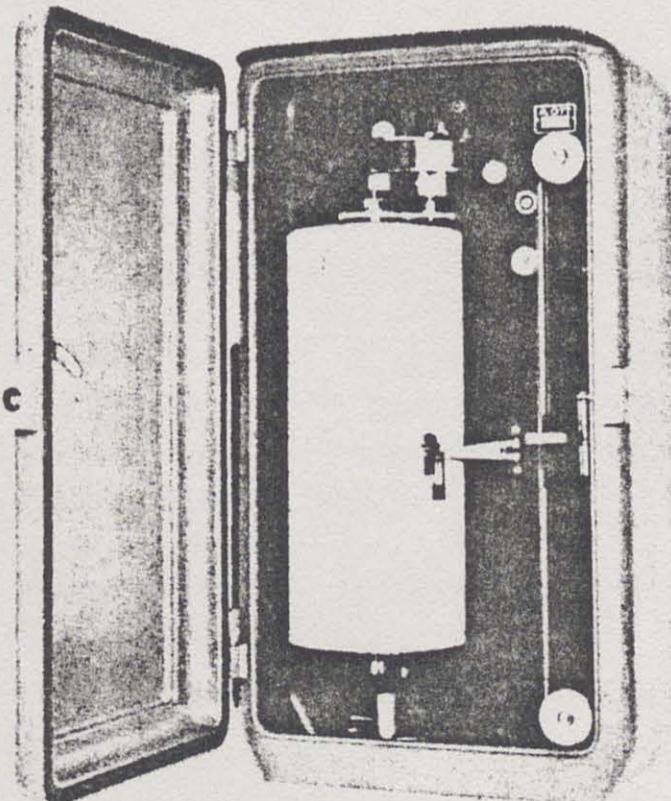
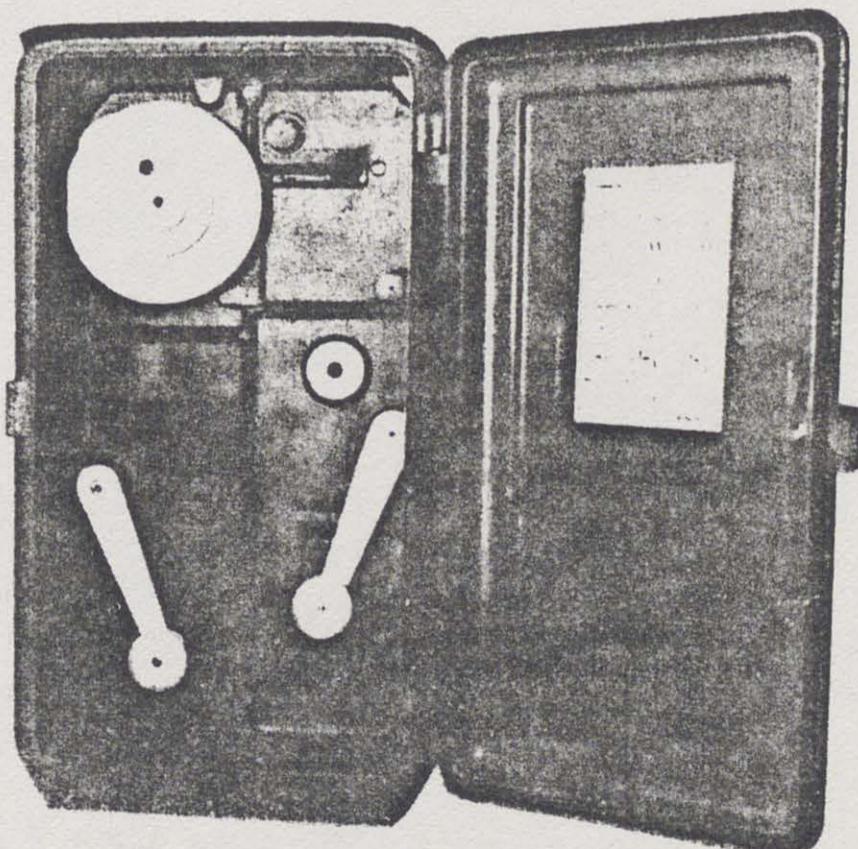


Fig. 3
Dimensions du limnigraphie
avec bride conique



Limnigraphie R 16 (20.252) Face avant



Limnigraphie R 16 (20.252) Face arrière

ANNEXE 5: COURANTOMETRES ELECTROMAGNETIQUES.

NEREIDES FRANCE

66, Bd de Mondétour

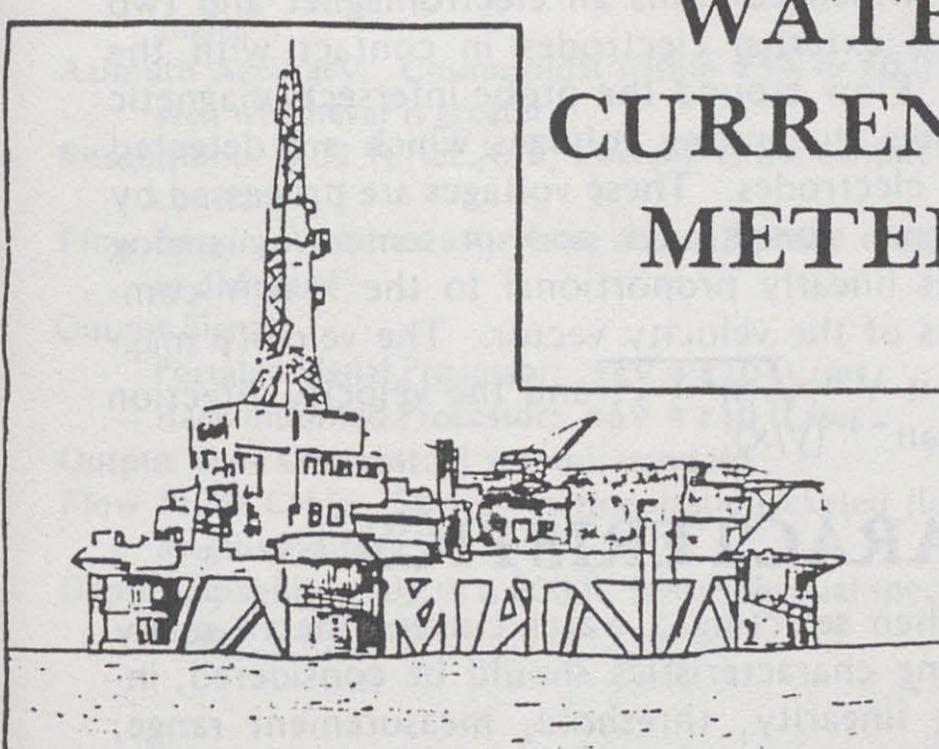
91400 ORSAY

TEL. : (1) 69.07.20.48

TELEX 691518 F NERED



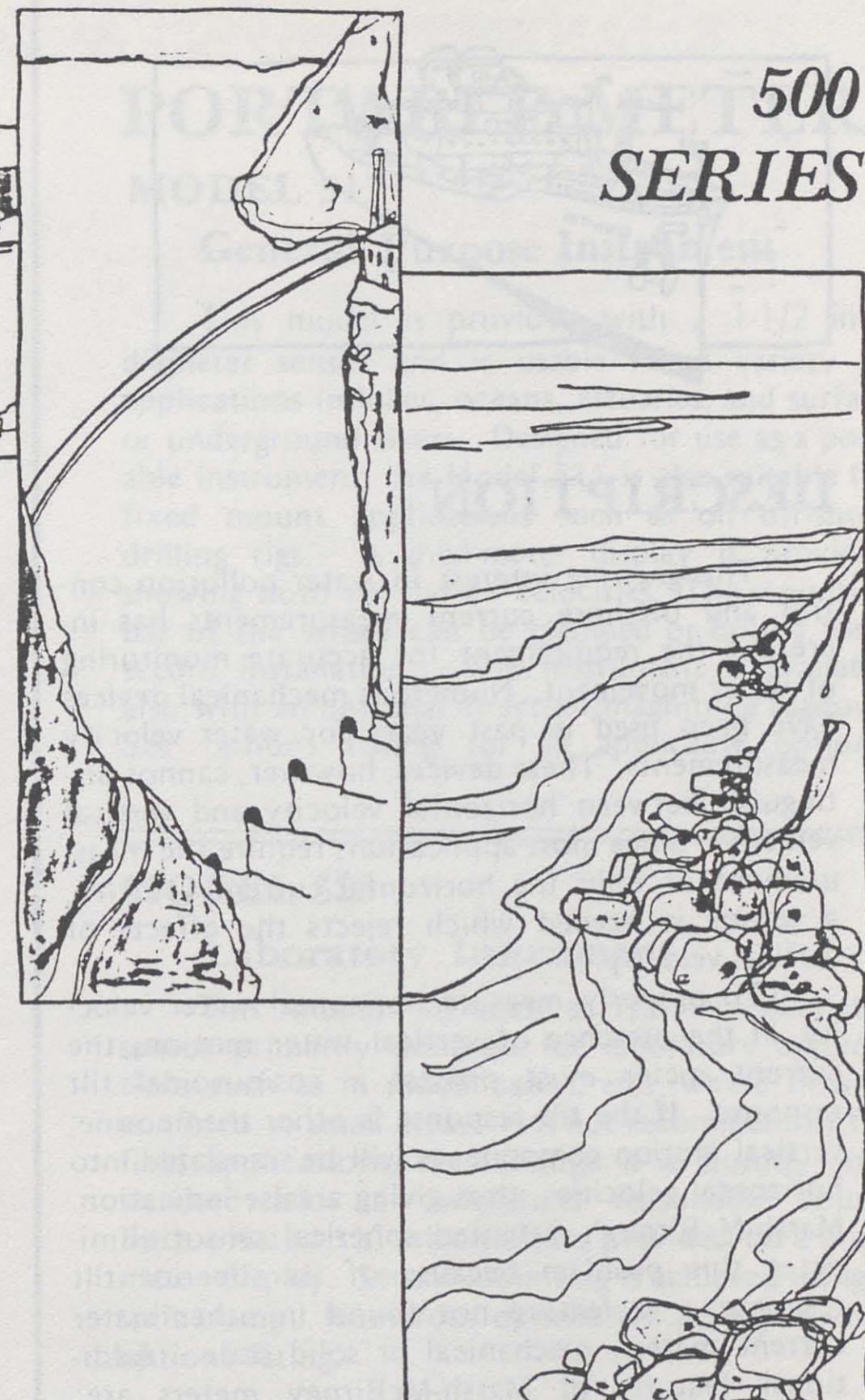
ELECTROMAGNETIC WATER CURRENT METERS



- NO MOVING PARTS
- ALL SOLID STATE
- INHERENT VECTOR AVERAGING CAPABILITY
- INTERNAL CALIBRATION
- SPHERICAL SENSORS FOR EXCELLENT DIRECTIONAL AND TILT RESPONSES
- USED IN OCEANS, ESTUARIES, RIVERS, AND LAKES
- INDEPENDENT OF CONDUCTIVITY
- REJECTS VERTICAL WATER MOTION

Marsh-McBirney 500 Series Electromagnetic Water Current Meters are the state-of-the-art for water velocity measurements. They feature fast response as well as long-term vector averaging capability. Each meter is provided with a solid-state electromagnetic flow sensor — the key element in their ability to accurately measure both X and Y directional vectors in a horizontal plane. Both the direction and magnitude of the true horizontal water velocity can be obtained from this advanced sensor.

The sensors for all models are spherically shaped and have no moving parts, so they are not susceptible to clogging or fouling. Their superior operational characteristics are a result of the

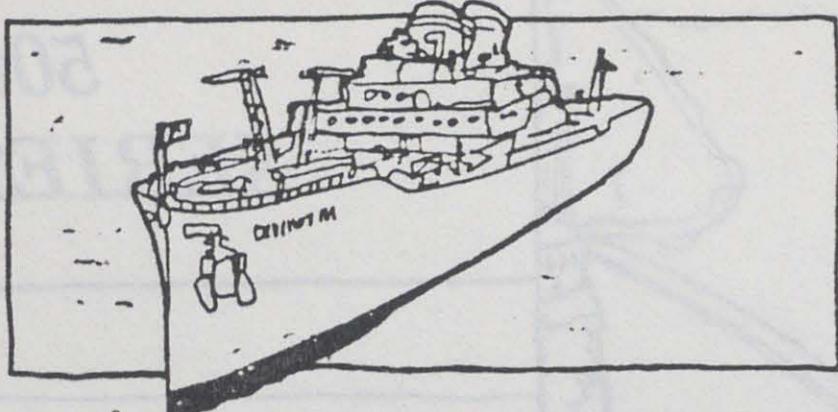


unique spherical shape — a design which is the fruit of extensive development effort by Marsh-McBirney and dynamic testing by U.S. Government agencies.

There are numerous models of the 500 Series, which combine several different sensors and signal processors, each suited to a wide variety of applications. Special models can be provided upon request. The most ideal combination of standard sensors and signal processors for various applications are recommended in this brochure.

Marsh-McBirney electromagnetic water current meters are manufactured under one or more of the following U.S. Patents: 3,885,433 and 3,898,881. Other Patents are pending.

MARSH
—
McBIRNEY



DESCRIPTION

The growing interest in water pollution control and offshore current measurements has increased the requirement for accurate monitoring of water movement. Numerous mechanical devices have been used in past years for water velocity measurements. These devices, however, cannot distinguish between horizontal velocity and vertical velocity. Since most applications require the measurement of only the horizontal current velocity, a sensor is needed which rejects the effects of vertical velocity.

To properly measure horizontal water velocity in the presence of vertical water motion, the current meter must possess a cosinusoidal tilt response. If the tilt response is other than cosine, vertical motion components will be translated into horizontal velocities, thus giving a false indication. Marsh-McBirney's patented spherical sensor eliminates this problem because of its superior tilt response — a feature not found in other water current meters, mechanical or solid state. Additional features of Marsh-McBirney meters are:

- A completely solid-state sensor of rugged design with no moving parts.
- Fast response, two-axis flow measurement with a single sensor, inherently providing vector averaging capabilities.
- Extreme long-term deployment capability without periodic maintenance.
- Operation in fresh or salt water without need for adjustment or special calibration.

These advanced features are a few of the reasons oceanographers, scientific agencies, U.S. Government agencies and private industry have turned to Marsh-McBirney for support in water current measurements.

PRINCIPLE OF OPERATION

A conductor moving in a magnetic field produces a voltage (Faraday's Law). Similarly, if water (a conductor) moves in a magnetic field, a voltage is produced that is linearly proportional to the water velocity. Practical use was not made

of this effect until recently, except in pipeline flow metering and as ship's speedometers, because errors from an unstable zero point caused unacceptable errors at low velocities. Marsh-McBirney has designed an instrument with a zero stability as good as ± 0.02 ft./second. This instrument is unsurpassed in sensitivity and accuracy for water velocity measurements.

The sensor for the instrument consists of a sphere which contains an electromagnet and two pairs of external electrodes in contact with the water. Flow around the probe intersects magnetic flux lines, generating voltages which are detected by the electrodes. These voltages are processed by the signal conditioner and presented as analog voltages linearly proportional to the X & Y components of the velocity vector. The velocity magnitude is $V = \sqrt{x^2 + y^2}$ and the velocity direction is $\theta = \tan^{-1} (y/x)$.

CHARACTERISTICS

When selecting a water current meter, many operating characteristics should be considered, including linearity, threshold, measurement range, accuracy, probe mounting, directional response and output/input power consumption. The Marsh-McBirney meters possess the following characteristics:

LINEARITY — The inherent instrument linearity is adequate for most measurements. For increased accuracy, small secondary linearity corrections can be made during data reduction.

THRESHOLD — Unlike mechanical devices, the electromagnetic sensor has no friction or "threshold" in the normal sense. Rather, the low velocity resolution is limited by electronic noise which is about 0.03 ft/sec in most MMI instruments.

ACCURACY — The accuracy of the electromagnetic sensor includes repeatability, zero drift and absolute calibration. The gain accuracy is $\pm 2\%$, and long-term zero drift is less than ± 0.07 ft/sec. Each unit is flow calibrated. Increased accuracy can be achieved by secondary data corrections.

OUTPUT FILTERING — A low-pass filter is used to provide selective signal improvement. A time constant of one second is normally provided, but measurements of rapidly changing flows may require a time constant of 0.2 second (lower values can pass unacceptable demodulation noise) whereas steady flow measurements may require 20 seconds.

GENERAL SPECIFICATIONS

The following specifications apply to all models of the 500 Series.

Measurement: X and Y components of water velocity perpendicular to flow probe

Panel Meter Ranges: Switch selectable ranges of 0 to ± 2 ft./sec., 0 to ± 5 ft./sec. and 0 to ± 10 ft./sec. are standard on the Models 511, 523, 524 and 527. (Metric scales of ± 60 , ± 150 and ± 300 cm./sec., are available at no extra charge.)

Gain Accuracy: $\pm 2\%$

Long Term Drift: 0.07 ft./sec. or less

Tilt Accuracy: Cosinusoidal within $\pm 5\%$ up to $\pm 60^\circ$ tilt angles

Azimuth Accuracy: Cosinusoidal within $\pm 5\%$ or ± 0.05 ft./sec., whichever is greater.

Resolution: 0.03 ft./sec./ \sqrt{T} , where T is the output time constant

Flow Sensing Volume: A sphere about 3 probe diameters in diameter

Output Signal:

Portable Signal Processor: $\pm 1V = \pm 10$ ft./sec.

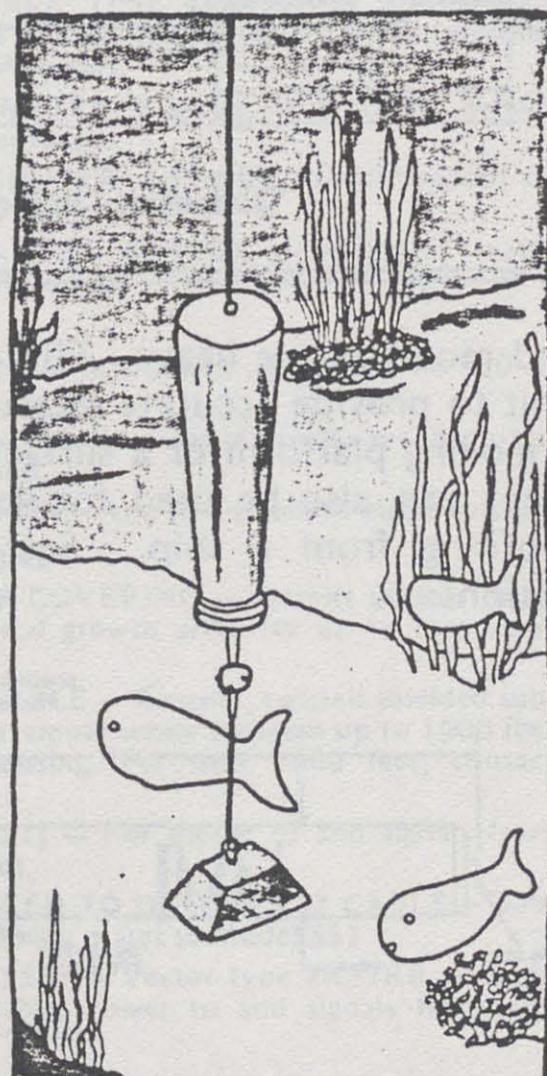
Rack Mounted Processor: $\pm 5V = \pm 10$ ft./sec.

Output Time Constant: 1 second, standard

Flow Probe Cable: 20 feet thermoplastic jacketed (longer lengths available)

Depth Capability: Up to 6,000 ft. (see individual specifications)

If a combined sensor/electronics unit for your requirements is not described in this brochure, contact Marsh-McBirney and discuss your needs with our technical staff.



PORTABLE METERS

MODEL 511

General Purpose Instrument

This model is provided with a 1-1/2 inch diameter sensor and is usable for a variety of applications in lakes, oceans, estuaries, and surface or underground rivers. Designed for use as a portable instrument, the Model 511 is also suitable for fixed mount applications such as on off-shore drilling rigs. A dual-meter display is provided showing both $\pm X$ and $\pm Y$ velocities. The mounting bar of the sensor can be clamped or bolted for a secure installation. The instrument is available also with an optional direction/magnitude readout. See options listing for all applicable options.

MODEL 523

Laboratory Instrument

This model includes a 1/2-inch diameter sensor primarily designed for laboratory applications such as in model tanks, etc., where flow is confined to small areas. It is not recommended for field applications, even though it is sturdily constructed and can withstand reasonable abuse. Both $\pm X$ and $\pm Y$ velocities are provided on a dual-meter display. Sensor mounting is achieved using a split clamp. Numerous options are available — see options listing.

MODEL 527

With Geomagnetic Compass

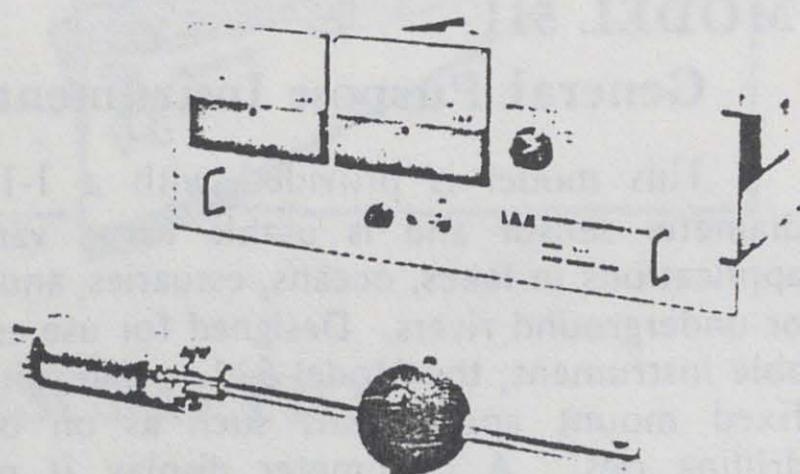
A 4-inch diameter sensor with attached vane is combined with a geomagnetic compass in this model to provide a portable meter which indicates flow direction from a boat or bridge. Operation of the sensor with or without the removable vane allows use in two distinct modes:

1. In low or turbulent currents the unit is used without the vane, providing visual readout for both X and Y velocity components and compass heading. These three readouts allow calculation of the water current with respect to magnetic North.
2. In higher currents the vane can be attached, converting the unit to direct angle/magnitude readout; the cross axis channel can be used to verify vane alignment with the flow.

The sensor will operate in depths to 500 feet when ordered with additional cable. For long-term applications or permanent installations, recommended options include a rack-mount signal processor and No-Foul rubber covering. See options listing for other available optional features.

PERMANENT-MOUNT METERS

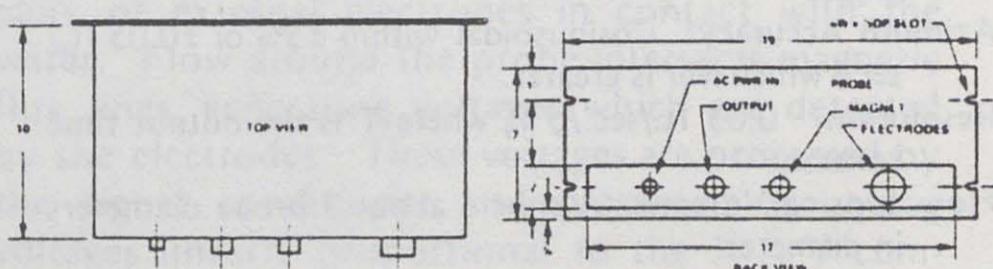
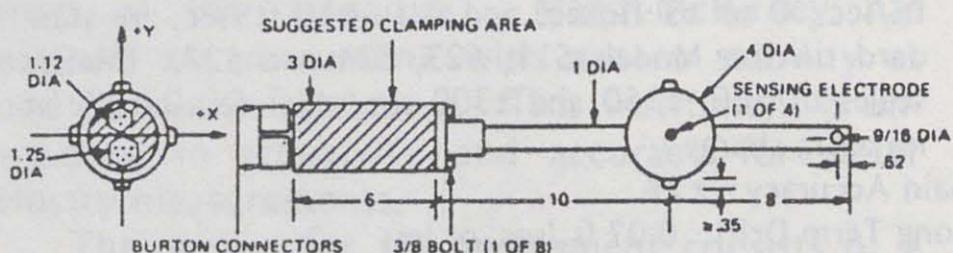
MODEL 524 – Rack Mount Electronics



This instrument is provided with a 4-inch diameter sensor and is intended for use in extreme environmental conditions of long unattended operation such as on offshore platforms, piers and other submerged fixed mounts. The signal processor can be installed in any 19-inch rack mounted instrument system. A dual meter display provides both $\pm X$ and $\pm Y$ velocity readings. See options listing.

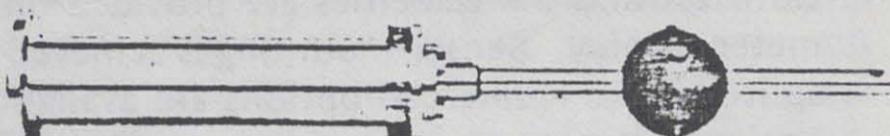
Includes:

- Rack Mount Signal Processor
- 20-foot Interconnecting Cable
- 8-foot AC Power Cord
- Output Jack Mating Connector
- No Foul Rubber Covering



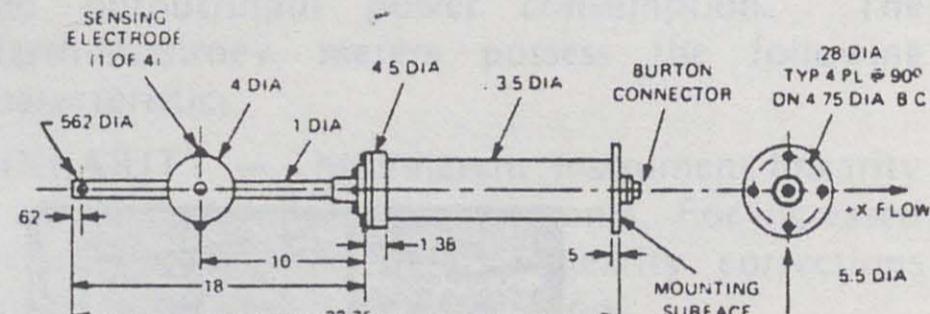
Dimensions in inches.

MODEL 551 – Self-Contained, Submersible Instrument



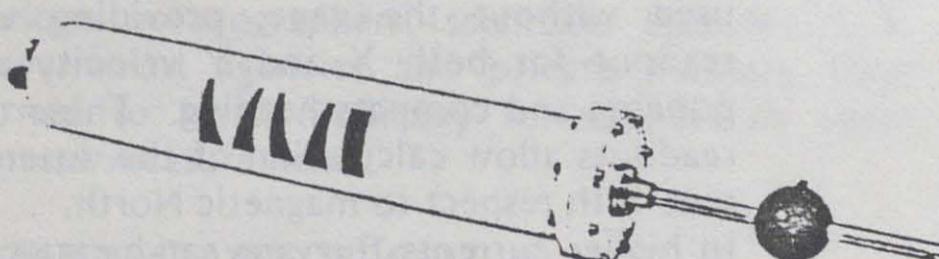
Self-contained electronics are enclosed within a stainless steel pressure housing which is capable of withstanding depths to 3500 feet, making this instrument ideal for permanent offshore applica-

tions. The unit is furnished with a 4-inch diameter sensor and an underwater connector. An optional deck unit and cable are available to provide the Model 551 as a complete package for fixed installations. See options listing.



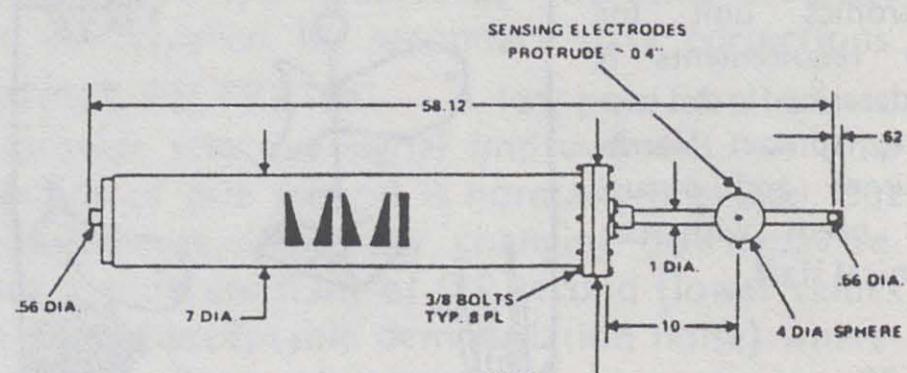
Dimensions in inches.

MODEL 555B – Self-Contained, Submersible Instrument with Geomagnetic Compass



This model is provided in an anodized aluminum pressure housing capable of operating at depths of 6000 feet. A geomagnetic compass is included within the housing. The Model 555B can accurately measure both rapidly changing currents and slow steady currents in the presence of waves

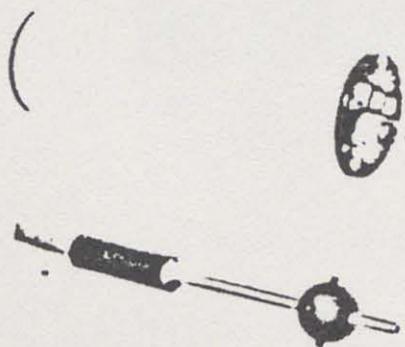
and mooring line heave. This capability allows the unit to provide accurate measurements from either a moving platform or a surface buoy. The instrument can also be used for vertical water current profiling from a ship. See listing of available options.



Dimensions in inches.

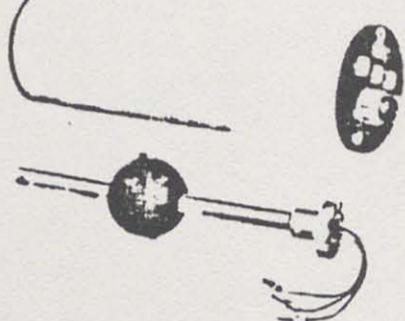
OEM (Original Equipment Manufacturer) METERS

MODEL 512 – With 1-1/2 Inch Sensor



This instrument consists of a 1-1/2 inch diameter spherical sensor and a 3-inch diameter x 10-inch long electronics unit in a non-watertight cylindrical tube. The Model 512 is designed for installation into a customer-furnished housing. The sensor is provided with a 20 foot cable, a penetrator with "O" ring seal, and three twinax connectors which mate with the electronics chassis. Useful to 2000 foot depths, the Model 512 offers extreme versatility in numerous applications. See options listing. Detailed configuration drawing available upon request.

MODEL 515 – With 4-Inch Sensor



This instrument includes a 4-inch diameter spherical sensor and a 3-inch diameter x 10-inch long electronics unit in a non-watertight, cylindrical tube. The Model 515 is most desirable where extreme durability and dependability are prime requirements. The sensor, mounted on a 1-inch diameter stainless steel flanged bar, is ruggedly constructed and individually tested to 3000 psi. Included are three twinax connectors which mate with the electronics unit. Several optional features are available. Detailed configuration drawings available on request.

OPTIONS

Numerous options are available for the 500 Series of meters. Each is listed below with a very brief description. If more detailed information is needed on any option or accessory, contact the factory.

CONFIGURATION OPTIONS

- A01 ANGLE/MAGNITUDE OUTPUT – Velocity magnitude (speed) and direction (angle in degrees) meters in place of the standard X and Y meters.
- A02 RACK MOUNTED ELECTRONIC PACKAGE – Electronics in a 7 inch x 19 inch relay rack configuration. AC power only.
- A03 IMPROVED LOW VELOCITY CAPABILITY – Lower noise level and a more stable zero for improved low-velocity measurements.
- A04 NON-STANDARD TIME CONSTANT – Signal response optimized for a particular measurement. Specify from 0.1 to 20 seconds.
- A05 SWITCH SELECTABLE TIME CONSTANT – Increases instrument versatility through field selectable signal response times of 0.2, 1 and 5 seconds.
- A06 SPECIAL PANEL METER RANGE – Optional switch selectable panel meter ranges.
- A07 PRESSURE TRANSDUCER – Provides direct readout of sensor depth (specify range).
- A08 WATER TEMPERATURE SENSOR – Measures water temperature, -5°C to +35°C.

INPUT POWER OPTIONS

- A10 220 V OPERATION – Instrument converted to 220 V operation.
- A11 50 HZ OPERATION – Instrument internally synchronized to 50 Hz line operation.
- A12 SPECIAL INPUT POWER – Any non-standard input voltage.

PROBE AND CABLE OPTIONS

- A20 NO FOUL RUBBER COVERING – Permits sensors to be used in high biological growth areas for up to two years without cleaning.
- A21 EXTRA SENSOR CABLE – Custom, twisted shielded submersible cable allows remote sensor location up to 1000 feet from electronics housing. For over 1000 feet, contact factory.
- A22 CABLE (MODEL 551) – For power to and signals from submerged electronics.
- A23 CONNECTOR SPLICED TO OPTION A22 CABLE – Submersible connector which mates to Model 551.
- A25 CABLE (MODEL 555B) – Vector type 7R37RB armored electromechanical cable. Power to and signals from submerged electronics.

A26 CONNECTOR (M555B) – Mating stainless steel Gearhart-Owen electromechanical connector.

A27 EXTRA SENSOR CABLE – Custom, twisted shielded submersible cable allows remote sensor location up to 200 feet from electronics housing. For over 200 feet, contact factory.

A28 SUBMERSIBLE PROBE CONNECTOR – Two sets of Burton underwater connectors and vulcanized splice.

SERVICES AND ACCESSORIES

- A30 CABLE SPLICING – Vulcanized waterproof joint, for Options A21 and A22.
- A36 CONNECTOR ASSEMBLY – Required to attach connector (Option A26) to cable (Option A25).
- A37 SURFACE READOUT – 7 inch by 19 inch rack mounted panel meter readout of velocity components.

OPTIONS VS. MODEL APPLICABILITY

OPTION NO.*	MODEL NO.							
	511	512	515	523	524	527	551	555B
A01	x				x	x	x	x ¹
A02	x				x	Std.	x	
A03	x	x	x	x	x	x	x	x
A04	x	x	x	x	x	x	x	4
A05	x			x	x	x		
A06	x				x	x	x	
A07								x
A08								x ¹
A10	x			x	x	x	x	x ¹
A11	x	x	x	x	x	x	x	x
A12	x	x	x	x	x	x	x	x
A20	x	x	Std.		Std.	x	Std.	Std.
A21	x	x		x	x	x		
A22							x ²	
A23							x ²	
A25								x
A26								x
A27						x		
A28		x	x		Std.		x ³	
A30					x ³		x ³	
A36		x	x					x ⁵
A37						x	x	x

*See Options for description.

¹Requires option A37 be included.

²Requires option A22 be included.

³Applies to option A21 and A22 only.

⁴Only .1 to 5 seconds available.

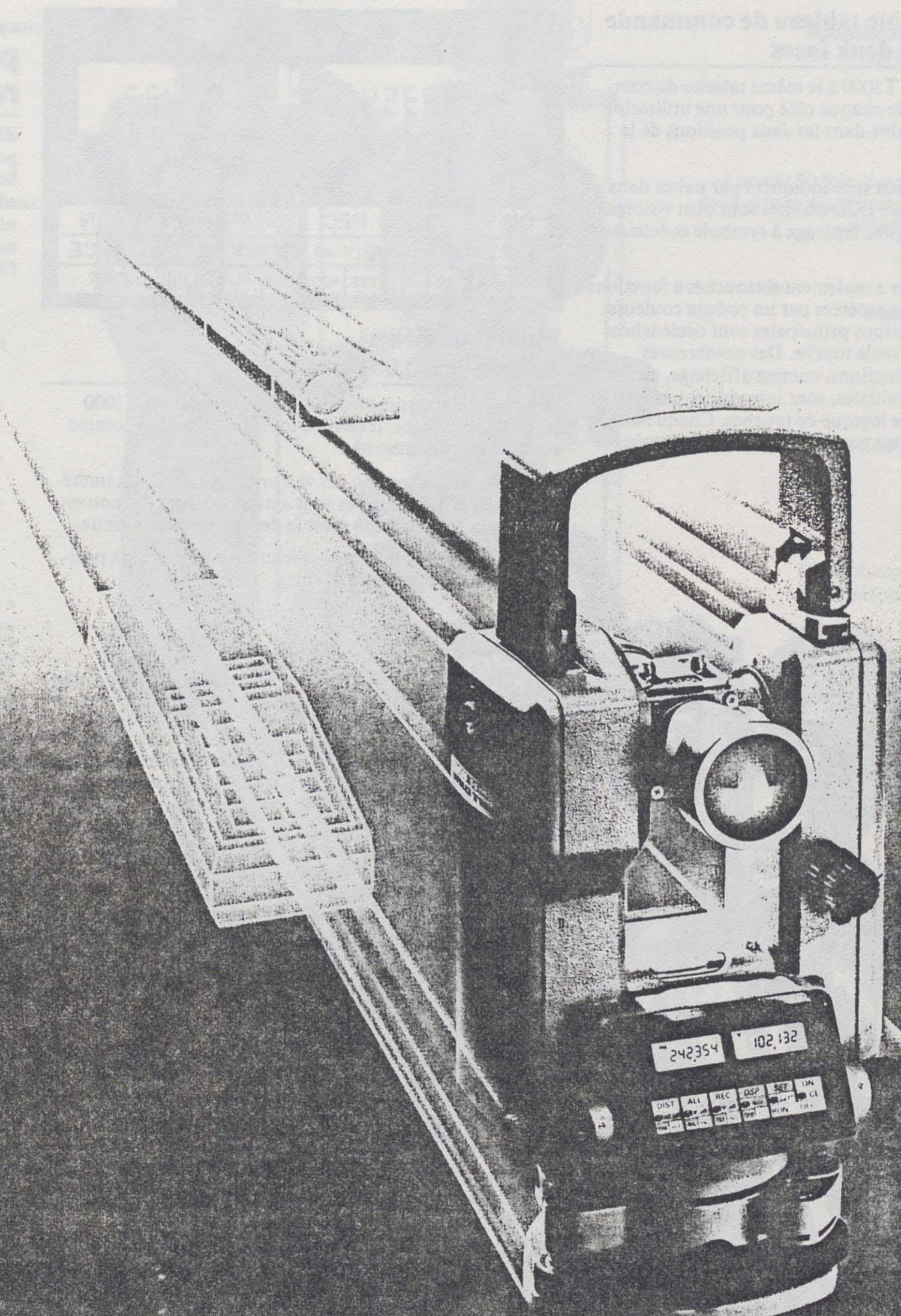
⁵Requires option A26.

**ANNEXE 6:
THEODOLITE ET DISTANCEMETRE**

THEOMAT™ Wild T1000

THEODOLITE ELECTRONIQUE
CENTRE D'UN SYSTEME TOPOGRAPHIQUE MODULAIRE

WILD
HEERBRUGG



Wild T1000

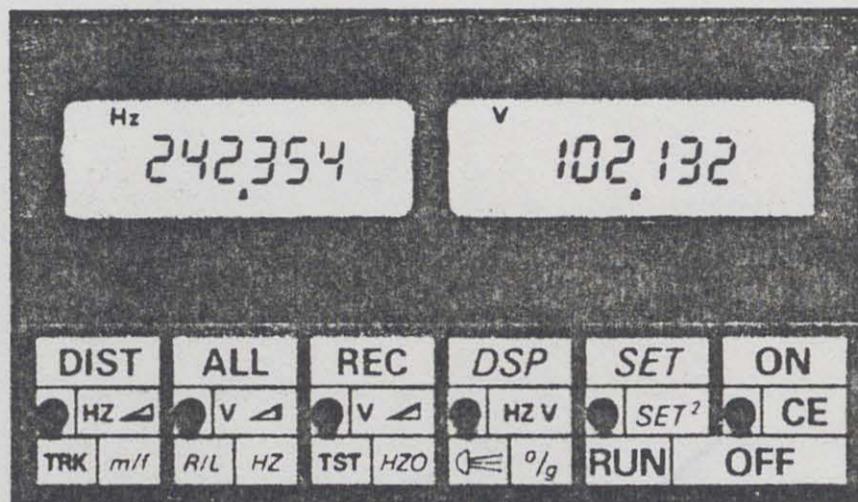
THEODOLITE ELECTRONIQUE D'EMPLOI VARIE

Agréable tableau de commande sur les deux faces

Le Wild T 1000 a le même tableau de commande de chaque côté pour une utilisation confortable dans les deux positions de la lunette.

Les valeurs sont indiquées par paires dans l'affichage LCD où elles sont bien visibles avec virgule, repérage à symbole et éclairage éventuel.

Le clavier a seulement six touches à fonctions multiples repérées par un codage couleurs. Les fonctions principales sont déclenchées par une seule touche. Des nombreuses autres fonctions, comme affichage, test, valeurs initiales, sont introduites par une séquence logique de touches. Chaque introduction est confirmée par signal sonore.



Emploi immédiat Affichage à 0,001° ou 1"

Le système de lecture électronique des cercles du T 1000 est à codeur absolu. Il élimine toute initialisation comme sur certains instruments.

Après mise sous tension, les valeurs angulaires sont immédiatement affichées. Elles sont actualisées lors du mouvement de la lunette car la mesure des cercles est continue.

L'écart type d'une mesure de direction dans les deux positions de lunette est de 0,001° (3").

... avec des performances remarquables

Bien que de dimensions et de poids comparables aux théodolites optiques Wild, le T 1000 offre les avantages de l'électronique moderne pour les mesures, la saisie de données et l'implantation.

... pour pratiquement tous les travaux courants

Il est compatible avec un très grand nombre d'accessoires et d'appareils Wild: il est au centre d'un système pour

MESURES DE CANEVAS

Polygonation

Triangulation

Nivellement trigonométrique

MESURES DE DÉTAILS

Levé cadastral

Levé topographique

Levé de conduits souterrains

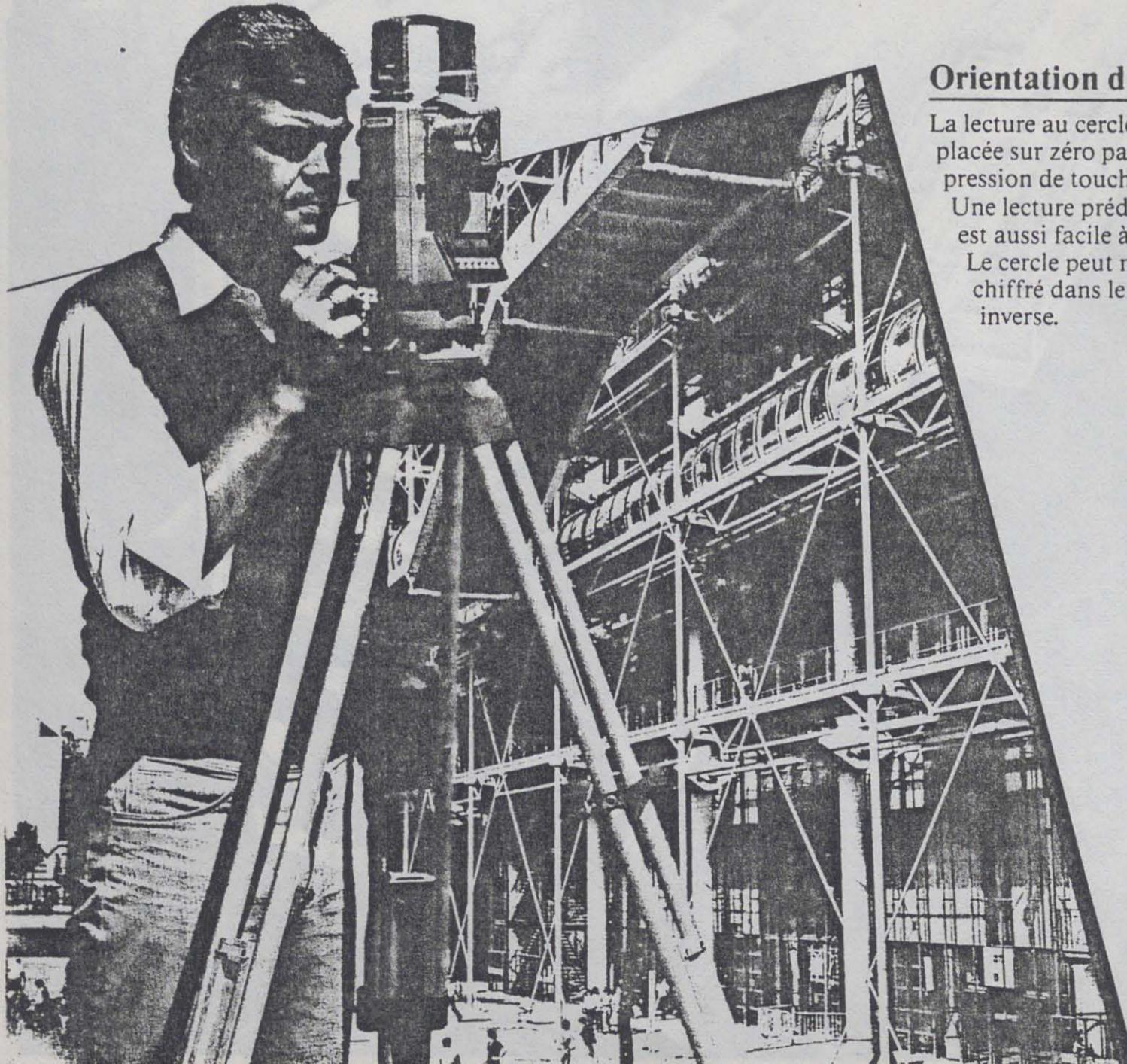
Mine à ciel ouvert

MESURES TECHNIQUES

De déformations

D'industrie

En ligne avec calculateur



Poignée amovible

Eclairage variable du réticule

Lecture électronique des cercles

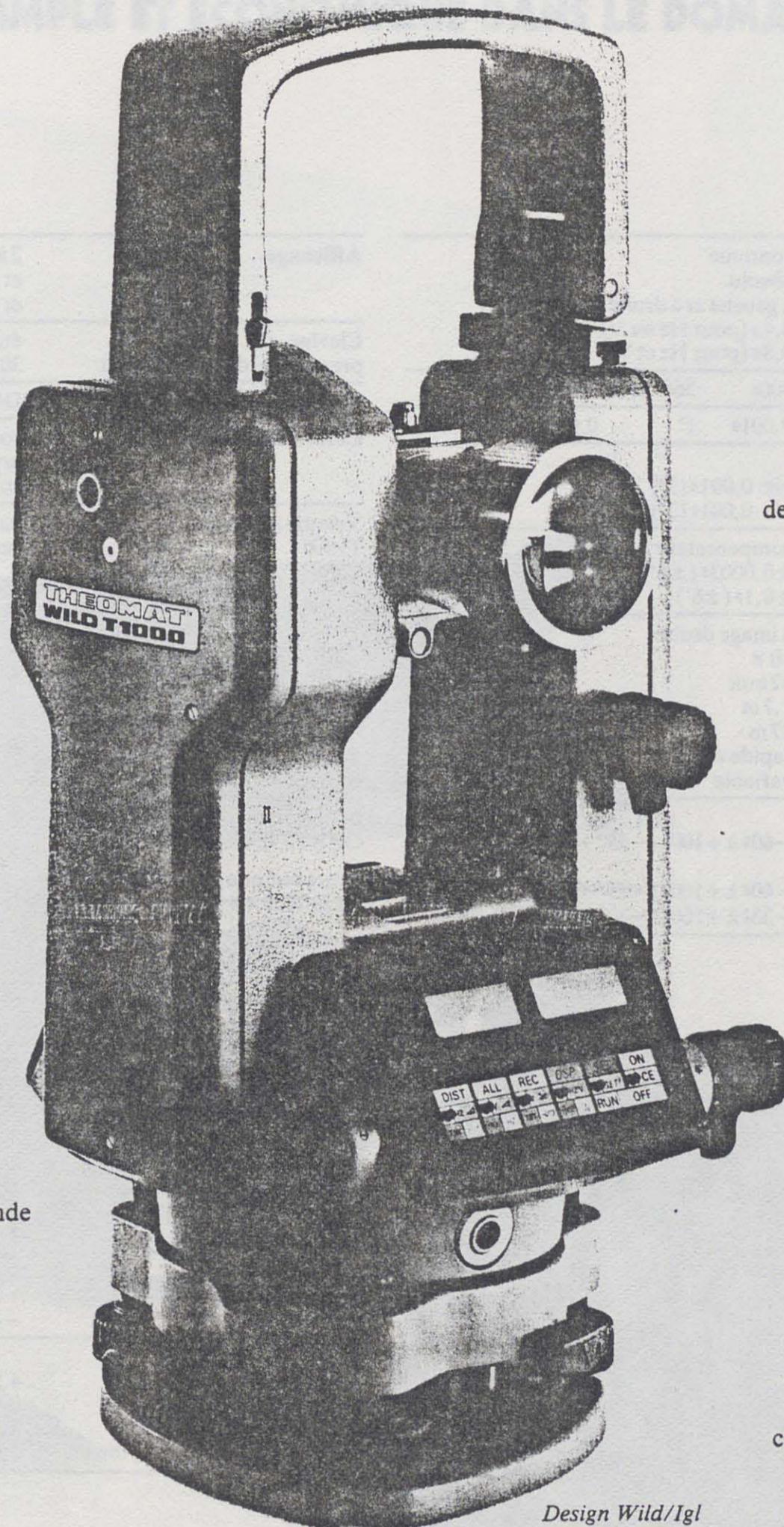
Compensateur à pendule
d'une précision de 1"

Nivelle d'alidade

Tableau de commande
identique
sur chaque face

Mouvement horizontal à commande
pour les 2 mains

Embase standard avec plomb
optique et nivelle circulaire



Adaptateur Distomat
avec contact électrique

Lunette 30 fois, bascule par ses
deux extrémités et accepte tous les
accessoires Wild

Viseur optique

Batterie CdNi amovible

Position ergonomique
des pinces et rappels

Tableau de commande
avec deux affichages LCD
et six touches
à fonctions multiples

Sortie des données et
connexion d'alimentation externe

Design Wild/Igl

Qualité Wild -

et ce qui en découlle pour le T1000

CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES

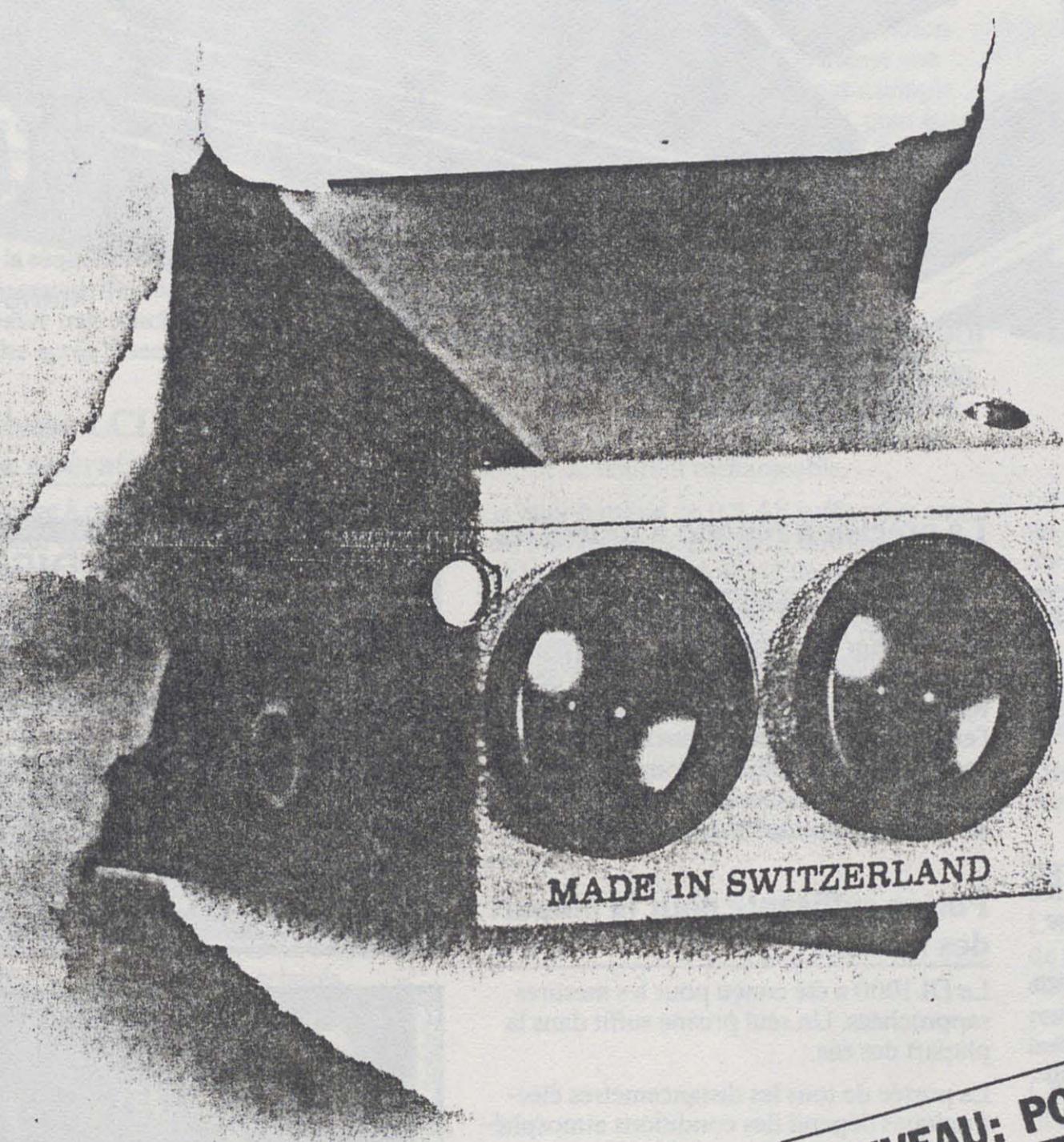
Mesure angulaire	continue
Codeur	absolu
Sens de graduation	à gauche et à droite
Actualisation toutes les	0,4s (pour Hz ou V) 0,8s (pour Hz et V)
Unités (au choix)	400g 360° sex. 6400 millièmes
Indication jusqu'à	0,001g 1" 0,01 millième
Ecart type	
d'une moyenne des lectures en positions I et II (DIN 18723)	Hz: 0,001g (3") V: 0,001g (3")
Index vertical automatique	compensateur pendule
précision du calage	±0,0003g (±1")
débattement	±0,1g (±6')
Lunette	à image droite
grossissement	30 ×
ouverture de l'objectif	42 mm
visée minimum	1,7 m
champ à 1000 m	27 m
focalisation	rapide et fine
éclairage réticule	variable
Inclinaison de la lunette	
limites pour observation	-60g à +100g (-55° +90°)
limites avec DI1000/DI15S/DI2000	
position CG	-60g à +100g (-55° +90°)
position CD	-33g à +100g (-30° +90°)

Affichage	2 à cristaux liquides LCD, position I et II. Valeurs jusqu'à 7 chiffres, virgule et signe et symboles-guide. Eclairage.
Clavier pression de déclenchement	étanche, 6 touches à plusieurs fonctions 30 g
Mesure de distance	Distomat Wild
Corrections automatiques	collimation horizontale erreur d'index vertical courbure terrestre et réfraction moyenne
Valeurs affichées	par paires: cercle horizontal cercle vertical
T1000	cercle V distance directe
T1000 + Distomat	cercle Hz distance horizontale cercle V dénivelée
Alimentation	en 12 V, courant continu
Consommation	0,06 A env. (sans éclairage)
Mis hors circuit automatique	après 3 min.
Batterie CdNi, rechargeable	mesure continue mesures d'angles d'angles et distance
batterie amovible GEB 77, 0,45 Ah	9 heures 250 avec DI1000, DI2000, DI3000 200 avec DI4, DI5, DI5S
petite batterie GEB 70, 2 Ah	35 heures 1000 avec DI1000, DI2000, DI3000 800 avec DI4, DI5, DI5S
batterie univ. GEB 71, 7 Ah	120 heures 3500 avec DI1000, DI2000, DI3000 2800 avec DI4, DI5, DI5S
Chargeur GKL 12	pour GEB 77 et GEB 70
Chargeur GKL 14	pour GEB 71
Axe de basculement au-dessus de la cuvette d'embase	196 mm, comme T2, T1600, T2002, T3000
Sensibilité de la nivelle circulaire d'embase	8'/2 mm
nivelle d'alidade	30"/2 mm
Plomb optique d'embase grossissement	avec mise au point 2 x
Températures d'emploi	-20°C +50°C (-4° +122°F)
d'entreposage	-40°C +70°C (-40°F +158°F)
Poids	
instrument seul	4,5 kg (9.9 lb)
embase GDF22	0,9 kg (2.0 lb)
batterie interne GEB 77	0,2 kg (0.4 lb)
étui	3,9 kg (8.6 lb)

DISTOMAT™ Wild DI1000

DISTANCEMETRE INFRAROUGE
MESURE SIMPLE ET ECONOMIQUE DANS LE DOMAINE RAPPROCHÉ

WILD
HEERBRUGG



MADE IN SWITZERLAND

NOUVEAU: PORTEE AUGMENTÉE
800 m AVEC 1 PRISME
en conditions atmosphériques moyennes
1600 m AVEC 3 PRISMES
en conditions atmosphériques excellentes

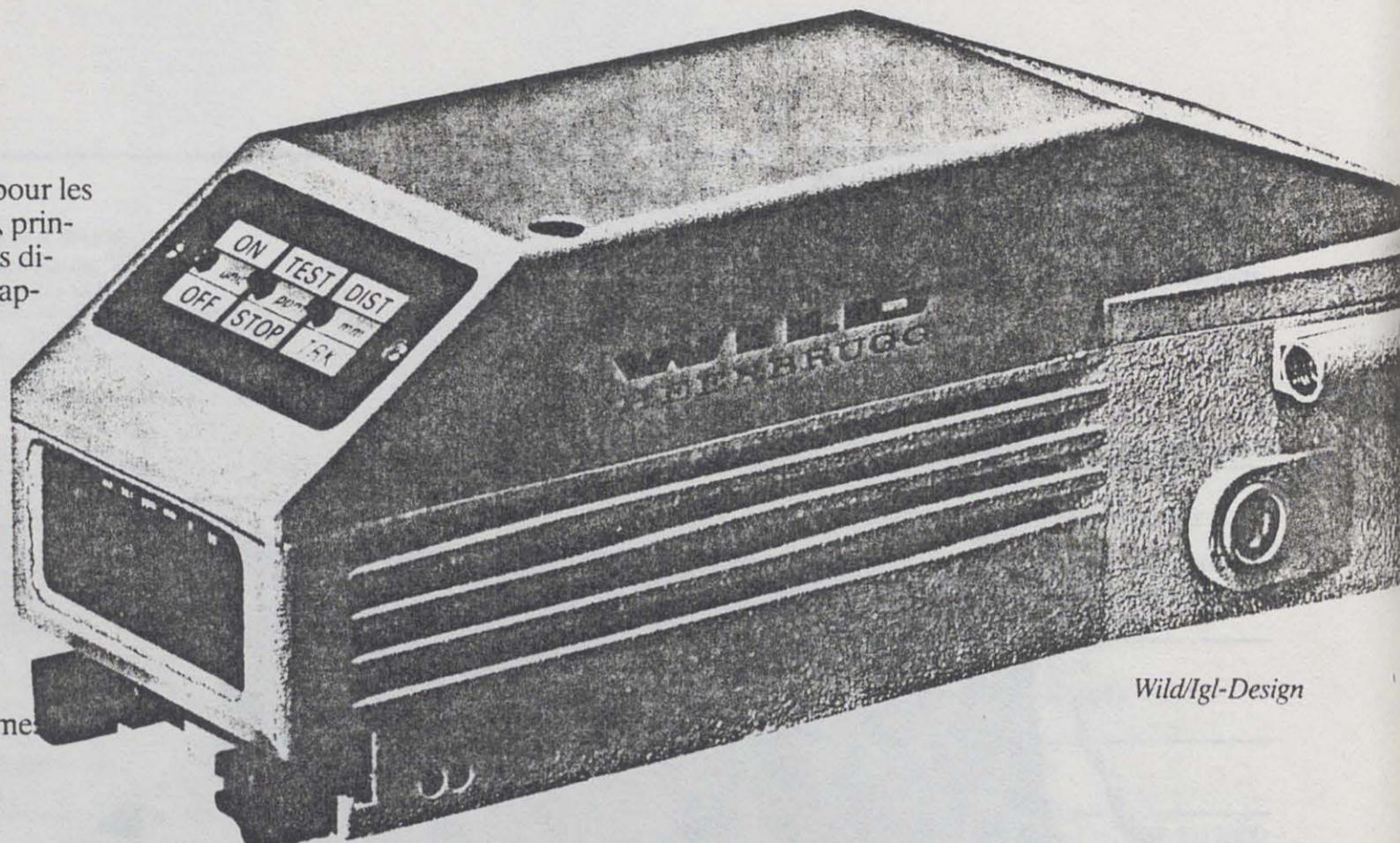
b r i s a n t !
DIMENSIONS | POIDS | PERFORMANCES | PRIX

Si vous mesurez habituellement des distances dans le domaine rapproché...

En construction et travaux publics, pour les levés cadastraux et tachéométriques, principalement en zones bâties, 99 % des distances mesurées sont du domaine rapproché c'est-à-dire celles ne dépassant pas 800 m. Il y a donc une demande pour un petit distancemètre, léger et de manipulation facile qui permette des mesures rapides et précises.

Wild Heerbrugg livre un tel instrument: le DISTOMAT WILD DI 1000

- portée jusqu'à 800 m avec 1 prisme
- portée jusqu'à 1200 m avec 3 prismes (jusqu'à 1600 m par très bonnes conditions)
- écart type: 5 mm + 5 mm/km



Wild/Igl-Design

Un seul pointé pour la mesure d'angles et de distance

Le DI 1000 est adaptable à tous les théodolites Wild. La ligne de visée et le faisceau infrarouge sont parallèles. On vise le voyant du réflecteur avec la lunette du théodolite, on lit les valeurs angulaires et la distance s'affiche en quelques secondes.

Seulement trois touches

Le DI 1000 n'a que trois touches pour son utilisation. Les inscriptions colorées et une disposition logique des touches assurent une manipulation aisée de ce distancemètre électronique d'emploi diversifié. L'utilisateur se réfère aux inscriptions des touches et aux symboles de l'affichage. Il n'a besoin du Mode d'Emploi qu'exceptionnellement.

Toutes les fonctions sont déclenchées avec les touches. Il n'y a pas de commutateur mécanique.

Unités de mesure: mètre et pied, grade et degré

Le DI 1000 affiche les distances en mètres ou pieds et les angles en 360° ou 400 g.

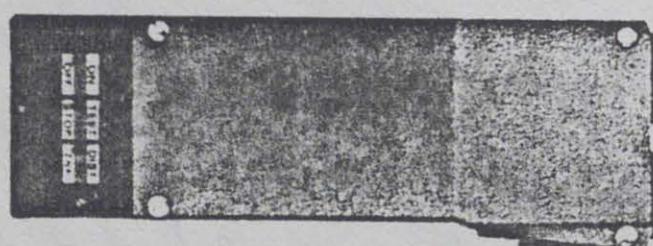
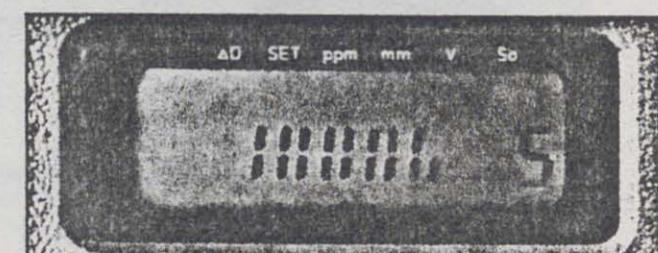
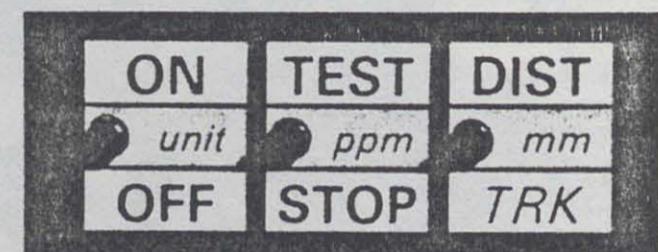
La précision répond à toutes les exigences

L'écart type du DI 1000 en mesure normale est de 5 mm + 5 mm/km; ce qui est plus que suffisant pour les travaux quotidiens de routine. Cette précision est valable pour l'ensemble de la portée et les températures entre -20° C et +50° C. Pour les mesures répétitives de 0,3 seconde l'écart type est de 10 mm + 5 mm/km.

Portée suffisante pour la plupart des travaux

Le DI 1000 a été conçu pour les mesures rapprochées. Un seul prisme suffit dans la plupart des cas.

La portée de tous les distancemètres électroniques dépend des conditions atmosphériques ambiantes. Par conditions moyennes la portée du DI 1000 est de 800 m sur un prisme et de 1200 m sur trois prismes; par très bonnes conditions elle va jusqu'à 1600 m (voir tableau des caractéristiques techniques).



1 2 3 4 5

...vous pouvez donc réduire considérablement vos frais de terrain

Mesure automatique de la distance

Le faisceau infrarouge de mesure est réfléchi par un prisme se trouvant au point visé. Pendant la mesure qui dure 5 secondes, le DI 1000 règle la force du signal, effectue une calibration interne et 2048 mesures avec deux fréquences, calcule la distance et affiche celle-ci. En programme répétitif, les distances, après la mesure initiale de 3 secondes, sont affichées toutes les 0,3 seconde.

Toute la séquence de mesure se déroule automatiquement: il suffit de viser le réflecteur et de presser une touche pour que le résultat s'affiche après 5 secondes.

Affichage LCD bien lisible, avec guide opérateur

L'affichage à cristaux liquides est confortable pour un distancemètre miniaturisé. La distance mesurée est indiquée clairement et sans ambiguïté par symboles appropriés pour la distance oblique, la distance horizontale, la dénivelée et la différence de distances.

Un programme test contrôle l'affichage et la tension de batterie et affiche le signal retourné. Un avertissement sonore indique que le signal est suffisant. Les valeurs mémorisées pour les corrections d'échelle (ppm) et de prisme (mm) sont affichées au début de chaque mesure. Les distances sont indiquées au choix en mètres ou en pieds. Les affichages peuvent être éclairés.

Correction automatique de la mesure

Par introduction du facteur d'échelle ppm, les corrections dues à l'atmosphère et aux projections au niveau de la mer et au plan de référence sont prises en considération dans les valeurs affichées. De même une constante d'addition en mm, par exemple lors de l'emploi d'autres prismes, peut être introduite.

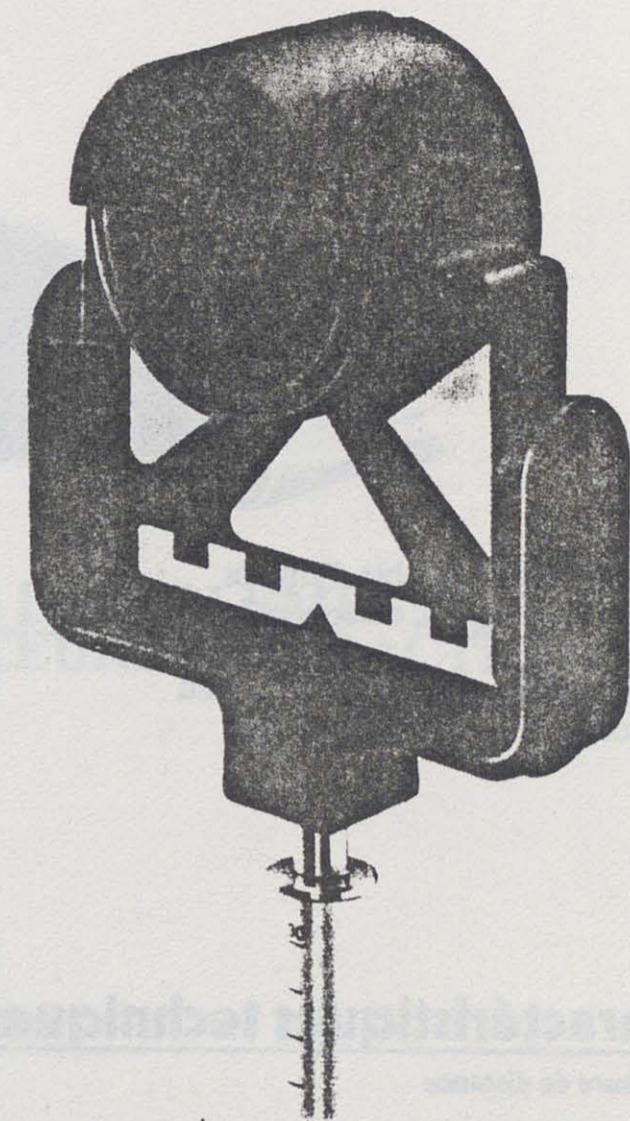
La distance horizontale et la dénivelée sont corrigées de la courbure terrestre et d'une réfraction moyenne.

Faible consommation de courant

La consommation de courant du DI 1000 est réduite à un minimum. Trois différentes batteries au Cd-Ni sont livrables comme source de courant rechargeable.

La mini-batterie de 0,5 Ah suffit pour environ 300 mesures. Elle peut être suspendue sur le côté du théodolite. Elle est utilisée principalement pour la polygonation, les levés souterrains et lorsqu'il faut réduire au maximum le poids de l'équipement.

La petite batterie de 2 Ah est la mieux adaptée pour la plupart des utilisateurs de DI 1000. Elle pèse seulement 0,9 kg et permet environ 1200 mesures; elle est donc plus que suffisante pour une journée de travail.



La batterie universelle de 7 Ah est à préférer lors de milliers de mesures ou lorsqu'il n'y a pas de possibilités de charge de batterie. Une batterie chargée permet 4200 mesures environ.

Le DI 1000 utilisé avec un théodolite électronique Wild est alimenté par la batterie interne de celui-ci.

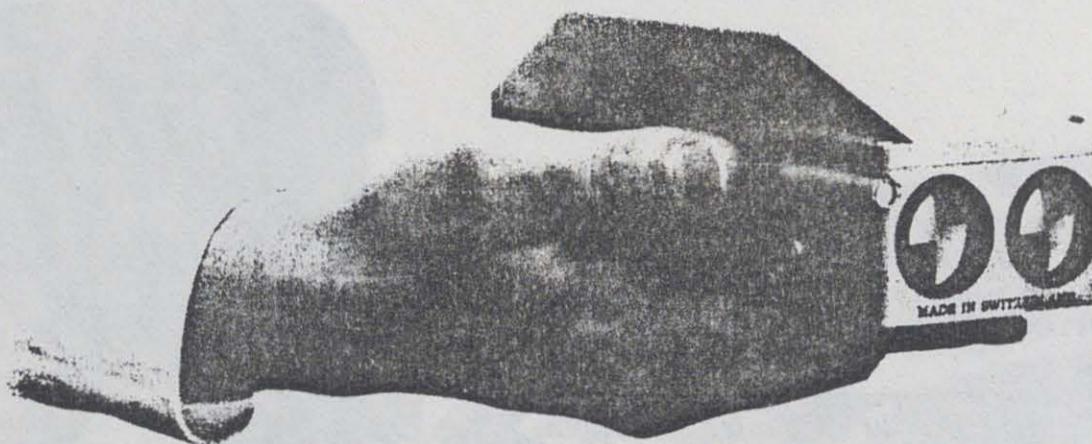
Des chargeurs sont livrables pour toutes les batteries.

Etui incassable en Makrolon

L'étui de transport en matière incassable, a de la place pour le DI 1000, les batteries, le clavier, les câbles et les accessoires. Un rembourrage élastique amortit les chocs et les secousses.

Cet étui robuste et de forme agréable garantit une protection efficace au DISTOMAT.

Arguments concrets, éliminer le ruban gradué!



- Petit, léger, agréable d'emploi
- Prix avantageux; un appareil pour chaque brigade
- Une production soignée de Wild
- Portée et précision optimales
- Mesure standard en 5 secondes
- Mesure rapide en 0,3 seconde
- Adaptable à tous les théodolites optiques et électroniques Wild

- Distance horizontale, dénivelée et implantations avec le clavier additionnel GTS5
- Forme un tachéomètre électronique avec le T1000, T1600 et T2000
- Connectable au terminal de terrain Wild GRE3 ou GRE4
- Compatible avec l'ensemble du système topographique Wild, présent et futur

Caractéristiques techniques

Mesure de distance

Ecart type: standard répétition	5 mm + 5 mm/km 10 mm + 5 mm/km
Déroulement de la mesure	automatique
Réglage du signal	automatique

Durée de la mesure: standard répétitive	5 s
Interruption du signal	0,3 s après mesure initiale de 3 s sans effet

Affichage, avec éclairage	LCD, sept chiffres, sans ambiguïté
Unités	mètre ou pied
Résolution	1 mm 0,01 ft

Valeurs affichées

DI 1000 sans clavier	▲
DI 1000 avec clavier	▲, ▲, ▲, ΔE, ΔN, △▲, △△

Portée avec prismes circulaires Wild

Nombre de prismes	Conditions atmosphériques		
	défavorables ¹⁾	moyennes ²⁾	excellentes ³⁾
1	500 m	800 m	1000 m
3	700 m	1200 m	1600 m

¹⁾ forte brume, visibilité 3 km ou soleil intense avec fort flamboiement de l'air

²⁾ faible brume, visibilité 15 km ou nuageux avec léger flamboiement de l'air

³⁾ couvert, sans brume, visibilité 30 km, pas de flamboiement de l'air

Correction d'échelle (ppm)	en mémoire permanente
Limites	-150 ppm à +150 ppm
Pas	1 ppm

Constante d'addition (mm)	en mémoire permanente
Limites	-99 mm à +99 mm
Pas	1 mm

Clavier GTS5 (option)	
Entrée lecture cercle V résolution	400 g ou 360° 1 °
Entrée distance à planter résolution	mètre pied 1 mm 0,01 ft

Onde porteuse	infrarouge
Largeur faisceau à mi-puissance	8'20" (0,25 m à 100 m)
Alimentation	12 V
Choix de batterie CdNi: minibatterie 0,5 Ah petite batterie 2,0 Ah batterie univ. 7 Ah	300 mesures env. 1200 mesures env. 4200 mesures env.
Alimenté par batterie interne des théodolites électroniques Wild.	
Températures limites	-20°C à +50°C (-4°F à +122°F)
Inclinaisons limites	
DI 1000 sur lunette	-60° (55°) env. au zénith selon théodolite
Poids	
DI 1000	0,6 kg
Contrepoids GGD8	0,5 kg

 **WILD LEITZ**

Wild Heerbrugg SA, CH-9435 Heerbrugg (Suisse)

Optique, mécanique de précision, électronique

Téléphone (071) 70 31 31, Télégramme Wico Heerbrugg

Télex 881 222, Téléfax II/III (071) 70 31 70

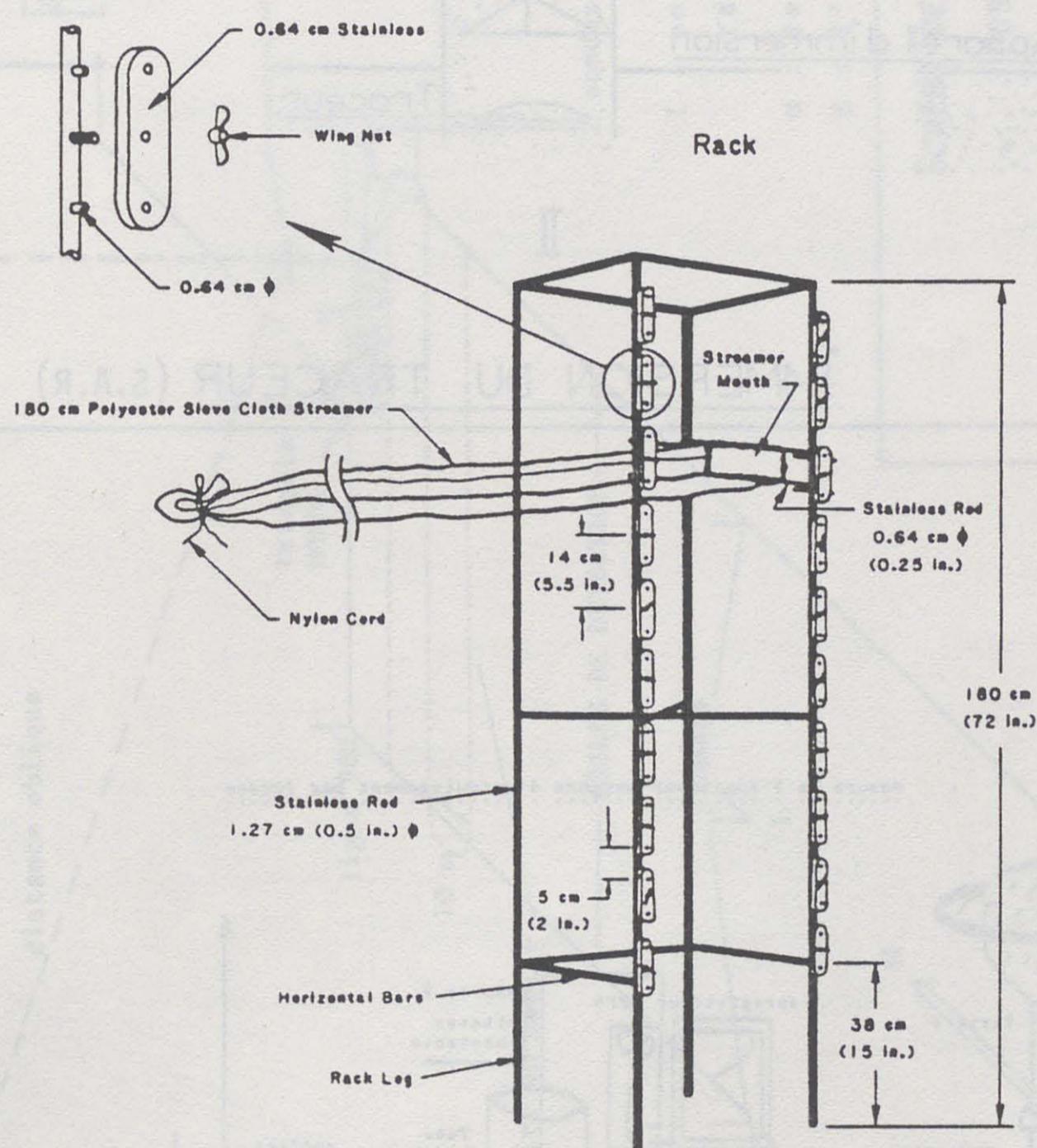
Dans l'intérêt de notre clientèle, nous réservons toute possibilité de modification conforme au progrès technique. De ce fait, les illustrations et descriptions sont sans engagement pour la vente.

G1 352 f - XII.87 - Imprimé en Suisse - © Wild Heerbrugg AG, Heerbrugg



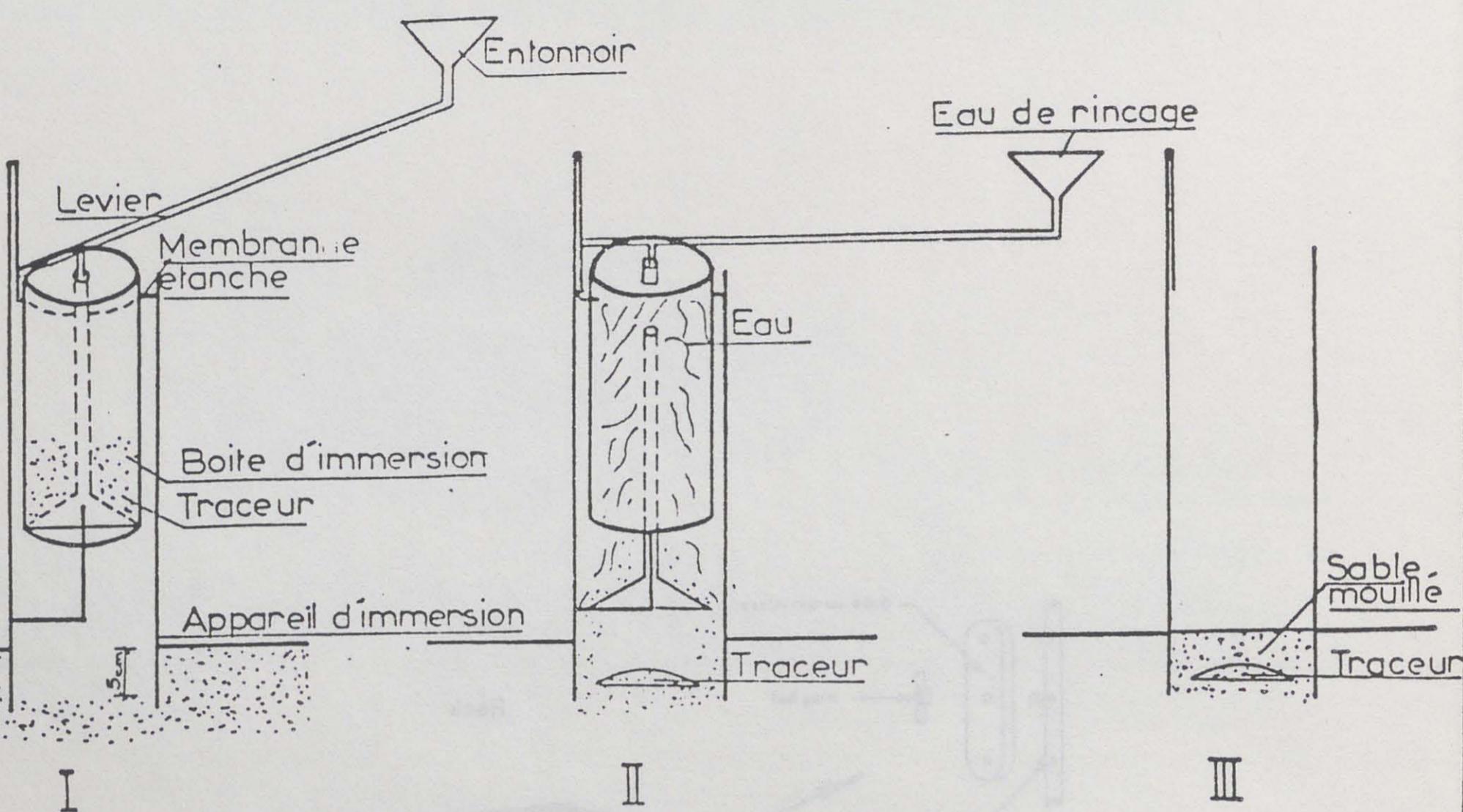
Marque de fabrique des produits universellement connus du Groupe Wild Leitz

**ANNEXE 7:
PIEGES A SEDIMENTS (IMMERGES OU DE DEFERLEMENT).
DEROULEMENT DES EXPERIENCES DE TRACEURS RADIOACTIFS
(C.E.A.).**



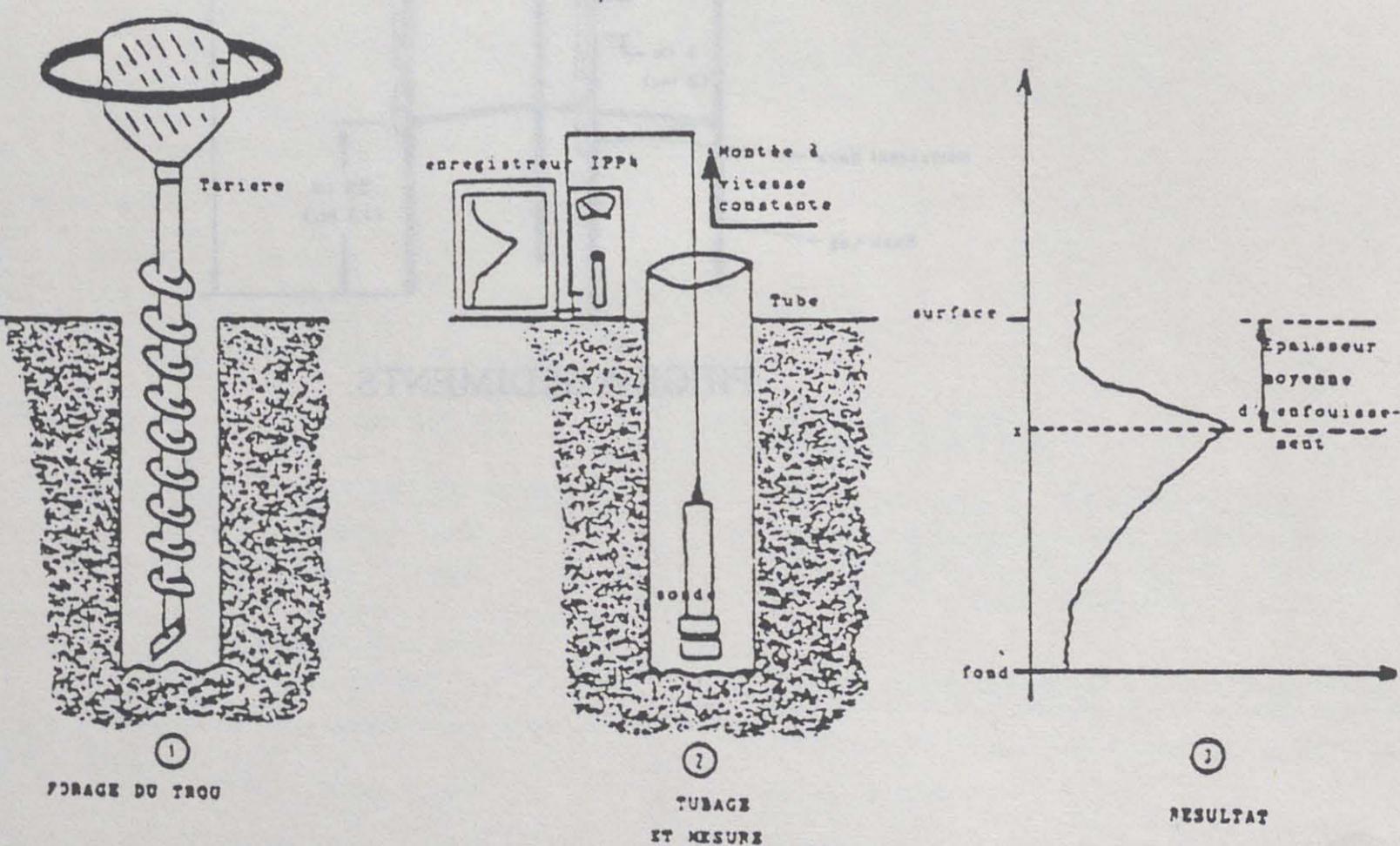
PIEGE A SEDIMENTS.

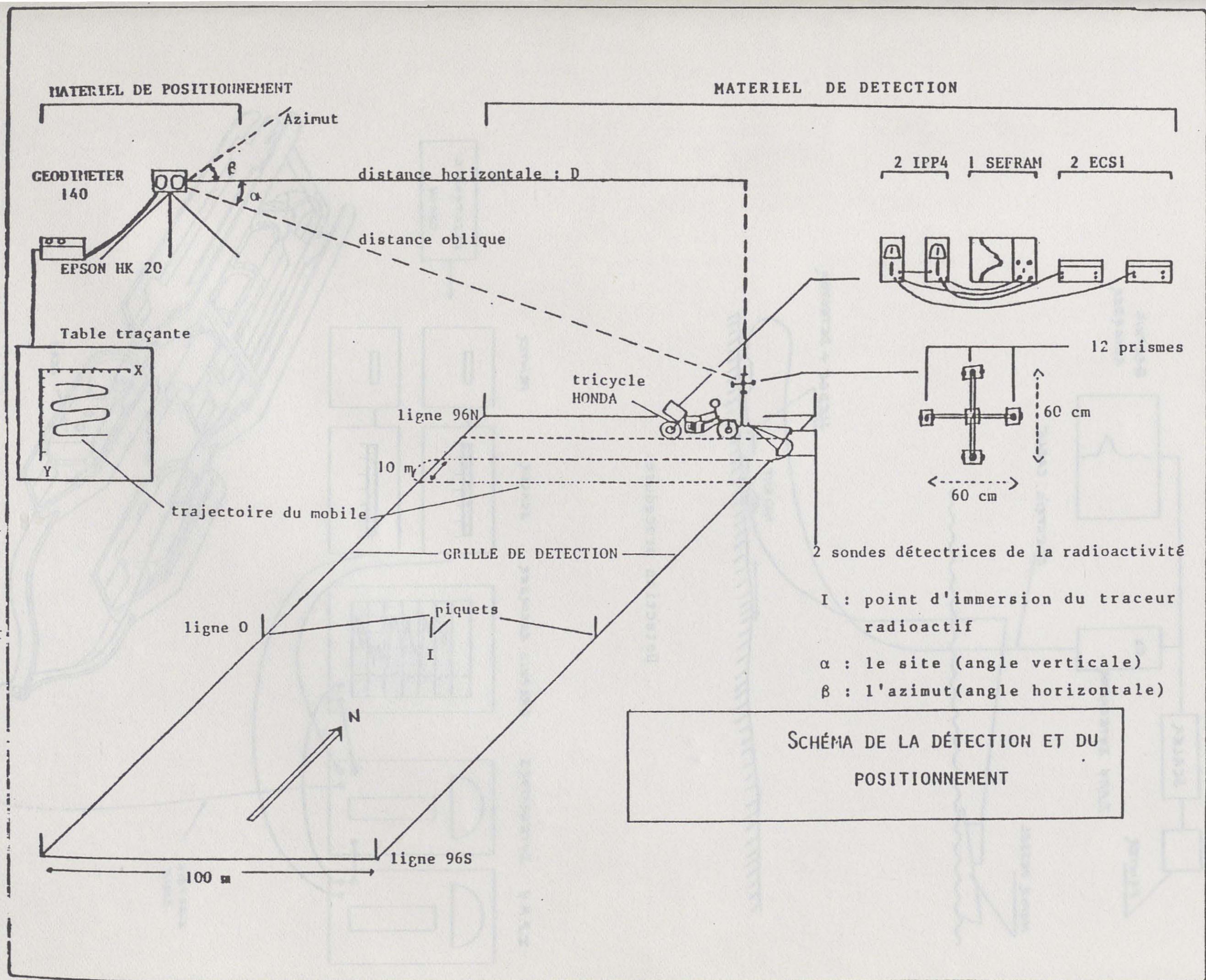
DÉROULEMENT DES EXPÉRIENCES DE TRACEURS RADIOACTIFS.



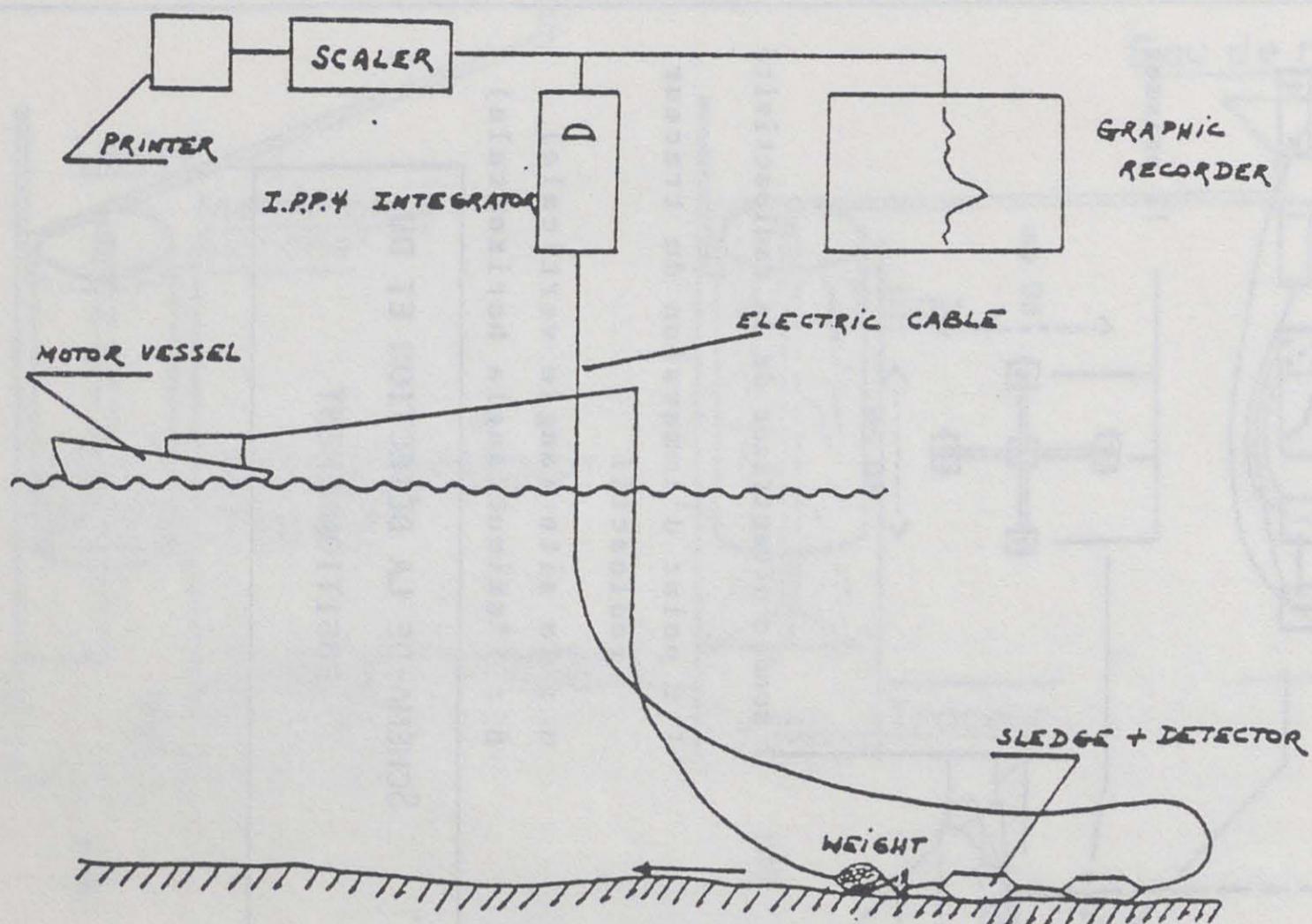
IMMERSION DU TRACEUR (S.A.R)

Mesure de l'épaisseur moyenne d'enfoncement par forage

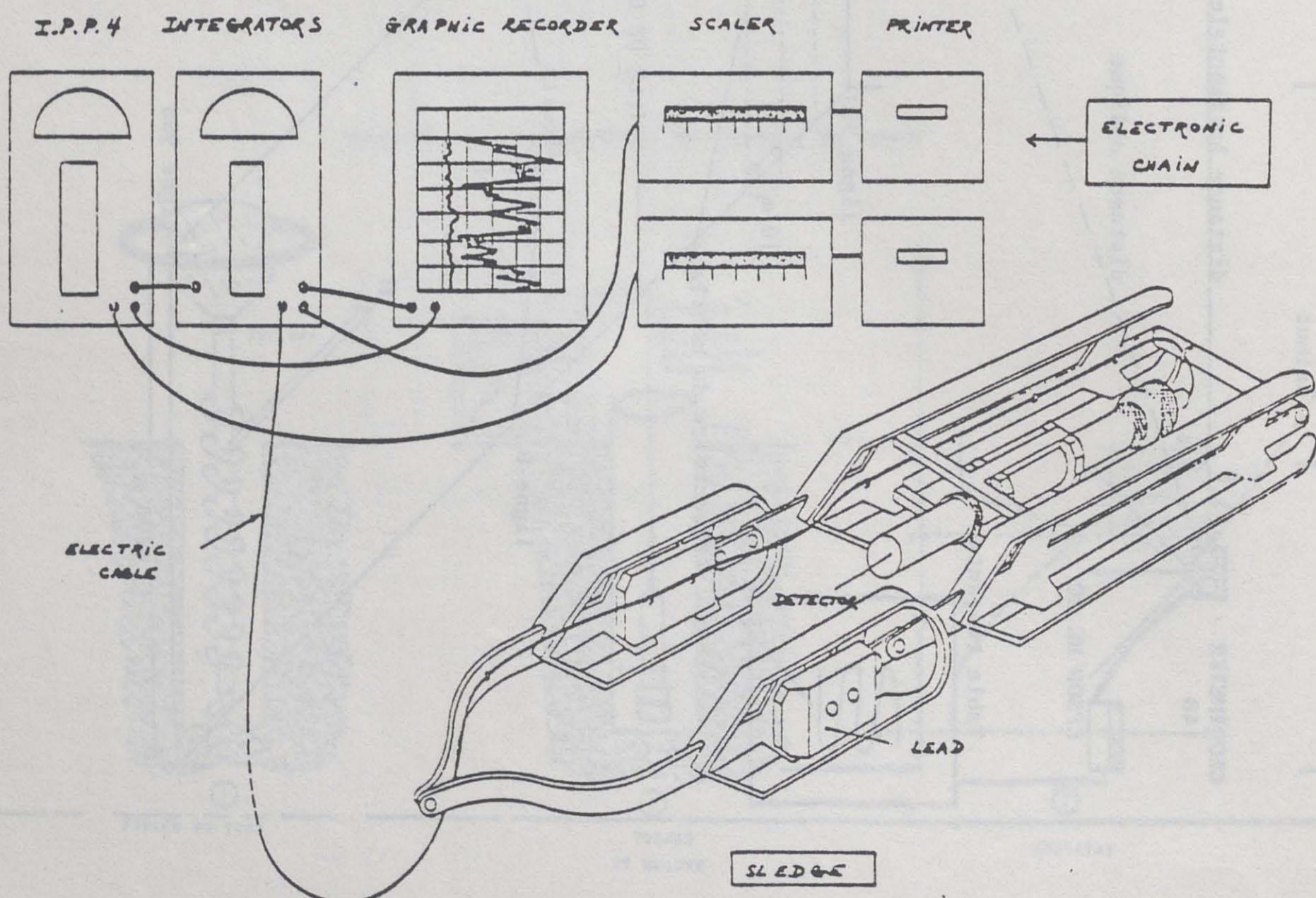




2/ BED-LOAD TRANSPORT



Detection procedure.



Detection equipment for bed-load transport experiments.

