

BREST, le 9 mai 1977

MARINE NATIONALE

Service Hydrographique et
Océanographique de la Marine
Etablissement PrincipalLe DirecteurN° 217 EPSHOM/

CNFGG/OPCOMPTE-RENDU DE LA REUNION DE LA SECTION D'OCEANOGRAPHIE PHYSIQUE
DU COMITE NATIONAL FRANCAIS DE GEODESIE ET GEOPHYSIQUE du 1er février 77Membres présents (M. Mme ou Mlle) :BERNARD, BERTHOIS, BOURGOIN, CAHIERRE, CHABERT D'HIERES, COMOLET TIRMAN
COVILLAULT, CREPON, DANGEARD, DUPLESSY, EYRIES, GASCARD, GIRARD, GRAU,
GRINDA, HYACINTHE, IVANOFF, LACOMBE, LAFOND, LALOU, MADELAIN, MANNEVY,
MENACHE, MERLIVAT, MOREL, NESTEROFF, POISSON, REVAULT D'ALONNES, SAINT-
GUILY, SALIOT, STANISLAS, TCHERNIA, VANNEY.Membres excusés (M. Mme ou Mlle)ALLAIN, BERRIT, BONNEFILLE, CAVANIE, COANTIC, COPIN MONTEGUT, DAUBERT,
GERMAIN, GONELLA, GROUSSON, LE PROVOST, RIVIERE, ROTSCHI, TIXERONT, VARLET.La séance est ouverte par le Président LACOMBE. La première partie de
la réunion est consacrée aux affaires administratives tandis que des
communications scientifiques sont présentées en deuxième partie.I - RENOUELEMENT DU BUREAU -Conformément aux statuts le bureau de la section est renouvelé. Le pré-
sident LACOMBE ayant accompli deux mandats n'est pas rééligible. Les
candidats proposés par le Bureau sortant sont élus (vote par correspon-
dance complété par vote en séance) à la majorité absolue. Il s'agit de :MM. EYRIES : Président
DANGEARD, IVANOFF : Vice Présidents
BOURGOIN : Secrétaire.2 - ELECTION DE NOUVEAUX MEMBRES -La section procède ensuite à l'élection de nouveaux membres. Parmi les
7 candidats, 3 obtiennent la majorité absolue des voix. Ce sont :. Mademoiselle Michèle FIEUX, Laboratoire d'Océanographie Physique du
Museum d'histoire Naturelle ;

- . Monsieur Guy PAUTOT, Responsable du Département Scientifique du Centre Océanologique de Bretagne ;
- . Monsieur Jacques SIESS, Ingénieur de l'Armement, en Service à l'Etablissement du SHOM à BREST.

L'élection de ces candidats est confirmée lors de l'Assemblée Générale du Comité, le 3 février 1977.

3 - COMMUNICATIONS SCIENTIFIQUES -

3.1. Les dépôts hydrothermaux de FAMOUS : étude radiochimique et au microscope électronique à balayage, par Mlle LALOU :

Pendant l'expédition FAMOUS, l'équipe française a exploré avec la soucoupe CYNA la zone de la faille transformante A dans la vallée axiale de la dorsale médio-atlantique entre les latitudes 36°40'N et 36°56'N. Des dépôts hydrothermaux caractéristiques ont été découverts par 2700 mètres de profondeur et deux échantillons 1 et 2 ont été prélevés, respectivement à 2 et 10 mètres environ des bouches émissives, le premier n'étant pas orienté et le second bien orienté.

L'échantillon 2 a fait l'objet d'une analyse radiochimique des nuclides de la famille de l'uranium pour tenter de dater l'émission hydrothermale. De la surface à 11 m/m de profondeur dans l'échantillon, le rapport $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ diminue jusqu'à 8,7 mm puis augmente ce qui, -d'après les travaux de Scott-, ne permet de conclure mieux qu'à un âge maximum de l'échantillon de 47 000 ans. Pour le même échantillon, un âge minimum peut être calculé soit à partir de l'épaisseur de la lère couche superficielle (2 cm/1000 ans), soit à partir de l'excès de thorium 230 contenu dans le sédiment par unité de surface : on trouve respectivement alors 50 et 20 ans.

L'examen des échantillons au microscope électronique et l'analyse par rayons x dispersifs montre :

- un assemblage de plaquettes de silice et fer entre lesquelles s'est fait une précipitation de manganèse pour l'échantillon le plus proche des bouches émissives ;
- une structure analogue dans laquelle les plaquettes sont remplacées par des foraminifères épigénisés pour l'échantillon le plus éloigné des bouches émissives.

On peut en conclure que l'arrivée hydrothermale fait évoluer la transformation d'un sédiment.

3.2. Récents progrès en matière de sources sismiques par M. GRAU-

L'exploration sismique des fonds marins se fait par excitation acoustique des couches du sous-sol et par observation des échos produits par les différentes discontinuités.

A cet effet, on remorque derrière un navire une ou plusieurs sources d'ébranlements acoustiques et un dispositif d'écoute. L'ensemble avance dans l'eau à une vitesse sensiblement constante et relativement faible (4 à 7 noeuds en général). Chemin faisant, on fait agir le système d'émission à intervalles réguliers, par exemple tous les 25 mètres, quelquefois même tous les 12,5 mètres.

Il est très important que le temps de déclenchement de chacune des sources soit précis à 1 ou 2 millisecondes près de façon que l'on puisse composer des ensembles de sources bien synchrones, ou des groupements dont les temps d'émission soient conformes à un schéma précalculé. Il faut d'autre part que le signal acoustique émis par les sources soit de bonne amplitude, court et très constant d'un tir à l'autre. Si, en effet, le signal est court, le pouvoir de résolution sera bon et il sera possible de distinguer des interfaces géologiques en grand nombre. De plus, la fidélité de l'émission permettra d'augmenter le rapport du signal au bruit par l'addition des sismogrammes obtenus à la suite de tirs effectués en des endroits voisins les uns des autres. Enfin, il est indispensable que la source soit d'un emploi facile, puisse être transférée aisément d'un bateau sur un autre, et soit capable de fonctionner sans interruption durant de longues périodes de temps. M. GRAU rappelle à ce sujet que la cadence courante est d'un tir toutes les 8 à 10 secondes et qu'elle peut être soutenue jour et nuit sur des distances de plusieurs centaines de kilomètres. La robustesse et la régularité de fonctionnement en service sont donc des qualités essentielles.

Afin d'approcher ces caractéristiques idéales, l'Institut Français du Pétrole (I.F.P.) a choisi d'utiliser le principe de l'implosion commandée. Il est connu depuis longtemps que les phénomènes d'implosion engendrent aisément des signaux d'amplitude convenable. La difficulté réside cependant dans l'obtention de temps de déclenchement bien stables et de formes de signal aussi pures que le permet la mécanique des Fluides. On sait en effet que la propagation d'une perturbation acoustique par ondes sphériques impose au signal d'avoir au moins deux arches, l'aire sous-tendue par la courbe de la pression en tout lieu, $p(t)$, devant être nulle. Il faudra s'efforcer d'obtenir un signal qui ait la meilleure forme compatible avec cette condition. Si l'on peut produire un signal ayant une arche positive de grande amplitude et assez courte, laquelle serait précédée et suivie d'arches de faible amplitude, mais d'assez grande durée, alors on aura la possibilité d'obtenir des pouvoirs de résolution tout à fait excellents.

L'implosion se fait dans la source de l'I.F.P. (le "Flexichoc") au moyen d'une enceinte étanche dont le volume peut varier. Gonflée, et maintenue dans cet état par des moyens appropriés, elle joue le rôle d'une bulle de vide à l'intérieur de la masse d'eau. Laisse libre de s'écraser, elle produit une sorte d'implosion.

L'avantage du dispositif mécanique utilisé est que le temps de déclenchement peut être décidé à volonté. Il suffit en effet de relâcher le système qui maintenait l'enceinte gonflée pour que, la pression hydrostatique poussant les parois l'une vers l'autre, le volume

de la chambre diminue rapidement. Lorsque les parois arrivent en butée, une sorte de coup de bélier se produit et une brève émission d'énergie acoustique a lieu. Tel est le principe élémentaire qui a été adopté.

La réalisation matérielle a d'abord consisté à utiliser des enceintes d'un diamètre de 1,2 m, dont la course des parois mobiles (en forme de disques circulaires parallèles) était de l'ordre de 15 cm, et dont le gonflement était assuré par de l'air comprimé à la pression de 3 bars. Les Flexichocs pneumatiques sont d'un fonctionnement très sûr : ils sont utilisés depuis 5 ans pour les tirs sismiques de grande reconnaissance effectués par l'I.F.P.

Ils présentent cependant deux inconvénients. Le premier provient du mode de gonflement. L'emploi d'air comprimé oblige à vider la chambre aussitôt après que les plaques mobiles aient été verrouillées en position écartée. Si l'on veut en effet que l'enceinte joue son rôle de "bulle de vide", il faut bien évacuer l'air qu'elle contenait. Or, cette opération prend quelques secondes et ne se fait pas avec un bon rendement. Le deuxième inconvénient a trait à la forme du signal. Dans le Flexichoc de 1,2 m, on n'a pu éviter que les plaques ne rebondissent après leur choc. Il y a donc un second gonflement de l'enceinte et un second écrasement, d'où une deuxième émission qui vient compliquer les enregistrements.

Ces défauts ont été supprimés dans un Flexichoc de petit diamètre (actuellement 50 cm) dont le mode de fonctionnement est du même type, mais dont la réalisation est différente. Le gonflement de l'enceinte et le blocage des plaques mobiles sont effectués à l'aide de vérins hydrauliques. Le rendement devient alors excellent et l'on peut travailler avec des puissances installées à bord du navire, qui sont de l'ordre de quelques dizaines de chevaux seulement. D'autre part, il a été possible d'amener le rebond à avoir une amplitude tout à fait négligeable. Le signal acoustique émis a alors la forme idéale. La libération des plaques mobiles, et donc l'émission acoustique elle-même, peuvent être commandées à volonté et avec une précision d'une à 2 millisecondes. Enfin, la forme du signal est extrêmement constante et dépend peu de l'immersion du Flexichoc.

Cette source constitue donc un très bon outil pour les études à grande résolution et à faible pénétration sous le fond de la mer. Des cadences élevées peuvent être atteintes (jusqu'à un tir par seconde). Pour les travaux où une pénétration plus importante est nécessaire, on constituera des ensembles de Flexichocs. On aura alors la possibilité d'obtenir des émissions directionnelles en étalant le dispositif de sources derrière le navire et de part et d'autre du profil suivi par celui-ci. En combinant cet étalement spatial avec des différences d'immersion des Flexichocs élémentaires et avec des retards apportés à leur déclenchement, on peut obtenir une grande variété d'effets spéciaux fort utiles. La lutte contre les différents signaux parasites et la recherche d'une représentation plus fidèle des discontinuités géologiques en seront améliorées.

Discussion -

A une question de Monsieur DANGEARD concernant l'immersion des sources, Monsieur GRAU répond qu'elle est réglée de façon que la réflexion de surface se produise à un temps favorisant les fréquences utiles.

Monsieur NESTEROFF s'intéresse aux vitesses de remorquage. Il lui est répondu qu'il existe une vitesse optimale pour chaque bateau et chaque flute.

3.3. Mesures aéroportées de l'albédo de la mer : application à la télédétection de la chlorophylle par M. DESCHAMPS.

L'albédo visible de la mer, défini comme le rapport des éclairagements montant à descendant, est fortement influencé par les propriétés optiques, absorption et diffusion, de l'eau. Ces propriétés optiques sont modifiées par la présence éventuelle de pigments chlorophylliens et de particules en suspension : le résultat en est une couleur apparente de la mer.

Des mesures quantitatives de l'albédo permettent une détection aéroportée des modifications des propriétés optiques et donc du contenu en chlorophylle. Pour cela l'équipe du laboratoire d'optique atmosphérique de l'Université de LILLE a réalisé un radiomètre mesurant les éclairagements montant et descendant à 4 longueurs d'onde : 466 nm (près du maximum de transparence de l'eau et du maximum d'absorption par la chlorophylle), 525 nm (en dehors de la bande d'absorption de la chlorophylle), 550 nm (influence des particules diffusantes) et 600 nm (utilisé comme référence).

La méthode d'interprétation développée consiste à effectuer la différence des albédos mesurés à 2 longueurs d'onde pour éliminer le maximum d'effets indésirables tels que réflexion de la couverture nuageuse sur la surface de la mer et diffusion atmosphérique. Ces différences sont ensuite rapportées aux propriétés optiques de l'eau de mer à l'aide d'un modèle théorique de simulation du transfert radiatif dans l'eau. La mesure effectuée en utilisant 466 et 525 nm est fortement influencée par la concentration en chlorophylle mais aussi par la turbidité ; par contre la mesure à 550 et 600 nm permet une estimation de cette turbidité.

Deux campagnes aéroportées de mesures ont été faites en juin-juillet 1975 et 1976 dans le Golfe de Guinée au large du Cap Lopez, pendant lesquelles l'appareil réalisé a fourni des résultats utilisables quelque soient les conditions de mesure (couverture nuageuse). Ces résultats permettent de décrire l'évolution spatiale et temporelle de l'enrichissement de la zone étudiée, consécutif à l'apparition d'upwellings côtiers.

En 1976, quelques points de comparaison ont été obtenus entre les mesures aéroportées et celles du navire océanographique CAPRICORNE. Les résultats obtenus pour des concentrations de 0 à 1 mg/m³ montrent la validité de la méthode de mesure et d'interprétation mais aussi des difficultés inhérentes à l'incertitude existant sur la relation

entre le contenu en chlorophylle et l'absorption du milieu, ainsi que sur la répartition verticale de la concentration en chlorophylle. Les valeurs mesurées par télédétection permettent cependant une estimation en valeur absolue du contenu en chlorophylle et une bonne indication de ses variations relatives.

L'utilisation des données de l'expérience CZCS (Coastal Zone Color Scanner) sur le satellite NIMBUS-G qui doit être lancé en 1978, permettra d'étendre les possibilités d'application de cette méthode de télédétection.

Discussion :

Après discussion, le Président LAGOMBE se montre optimiste en ce qui concerne les possibilités de mesures aériennes de la chlorophylle.

3.4. Mobilités des principaux ions de l'eau de mer à 25° C, par M. POISSON.

M. POISSON donne la description de deux méthodes complémentaires qui ont été mises en oeuvre pour mesurer les mobilités des principaux ions de l'eau de mer. Dans la première méthode, on immerge l'extrémité de deux tubes terminés par des capillaires et munis d'électrodes dans une cellule remplie de solution marquée. Les volumes intérieurs des tubes cathodique et anodique sont remplis respectivement de solution inactive et de solution marquée, la concentration étant la même dans l'ensemble de l'appareil. La quantité d'électricité transportée par le cation dans le compartiment cathodique après une durée t de migration représente une activité proportionnelle au nombre de transport.

Dans la deuxième méthode, la mobilité est mesurée par électrophorèse dans des filtres en acétate de cellulose. Deux filtres humectés d'eau de mer sont introduits dans un bain d'heptane thermostaté à 25°C. Un dépôt de solution active (un anion et un cation) marquée par du tritium qui suit le déplacement du solvant est appliqué à l'origine du filtre. La migration terminée, le filtre est découpé en bandes de 2 mm de largeur et l'activité de chaque bande est mesurée au spectromètre à scintillation liquide. On peut ainsi mesurer les distances parcourues par les ions pendant la migration, qui sont proportionnelles à leur mobilité. Le déplacement de la tâche de tritium mesure la mobilité du solvant. On détermine donc la mobilité apparente (relative au solvant) et la mobilité vraie (par rapport à la solution).

3.5. Etude expérimentale des interactions atmosphère-océan à petite échelle à partir de la bouée laboratoire par M. REVAULT D'ALONNES.

Même grossière, une évaluation expérimentale au large des parts relatives d'énergie que le vent cède à la mer pour créer les vagues d'une part, le mélange vertical et le courant moyen de l'autre impose la mise en oeuvre simultanée de trois catégories de chaînes de mesures :

- dans l'air, et en vue d'évaluer la tension du vent et la puissance qu'elle développe, un système capable de fournir cette tension elle-même (méthode des profils, méthode directe ou méthode inertio-dissipative), les profils moyens de vent dans la couche de flux

constant et l'assurance que la stratification thermique ne produit ni ne consomme d'énergie par travail des forces d'Archimède (on peut s'assurer par une simple mesure de gradient thermique vertical que la longueur de stabilité demeure assez grande lors des mesures) ;

- à l'interface entre l'air et l'eau, et en vue d'évaluer l'énergie des vagues de vent, sa répartition spectrale et la vitesse de phase des diverses composantes, un système capable de fournir l'amplitude de la dénivellation en deux points séparés par une distance variable ;
- dans l'eau elle-même, un système capable de fournir les stratifications verticales moyennes de vitesse horizontale et de densité, en même temps que les principales caractéristiques de la turbulence thermique et dynamique dans la couche soumise à l'action du vent.

Une telle expérience a été tentée en octobre 1976 par le Laboratoire d'Océanographie Physique du Muséum National d'Histoire Naturelle de PARIS et l'Institut de Mécanique Statistique de la Turbulence de MARSEILLE, dans le cadre de l'Action Thématique Programmée en océanographie physique par le CNRS, à bord de la bouée-laboratoire BORHA II du CNEXO, mouillée par 42°N et 4°45'E, entre la Corse et les Baléares.

Après plusieurs années d'études théoriques et expérimentales diverses relatives par exemple aux mailles de temps et d'espace, à la mise au point séparée des trois chaînes définies plus haut, à l'étude in-situ de leur mise en œuvre, aux procédures de correction, de traitement et d'analyse, le dispositif suivant a été utilisé lors de cette importante expérience:

- dans l'air, mesure des profils moyens de vent et de température (6 niveaux), mesure à 10 mètres des parties hautes et basses fréquences des spectres des fluctuations turbulentes des composantes horizontale et verticale de la vitesse (fil chaud double "en X" monté sur l'axe d'une girouette dont la réponse en direction est spécialement adaptée à la mesure des flux de quantité de mouvement par les méthodes directe et inertio-dissipative) ;
- à l'interface, mesure de la dénivellation entre deux points de distance variable par un double système orientable de fils capacitifs (I.M.S.T.) ;
- dans l'eau, mesure des profils de courant par courantomètre "captif" (montées et descentes entre la surface et 30 mètres), mesure du courant moyen à 5 mètres, mesure des profils de température et de salinité par bathysondes (entre la surface et 60 mètres) et par une chaîne de 10 thermistances entre 6 et 24 mètres, mesure des fluctuations turbulentes de vitesse (composantes horizontale et verticale par film chaud double "en V") et de température (thermistances à réponse rapide) à 6 mètres en même temps que du cisaillement local à petite échelle ;

- Mesures parallèles des caractéristiques météorologiques macroscopiques par les chaînes dites "de routine".

Le principe général de l'expérience consiste à saisir les variations au cours du temps de toutes les grandeurs mesurées sous l'effet d'un coup de vent, et d'aborder les aspects énergétiques par différence entre un état donné de date variable et l'état initial résiduel antérieur au début du coup de vent.

En l'état actuel de l'analyse des données recueillies ($2 \cdot 10^8$ valeurs environ), il apparaît que le mélange de la quantité de mouvement s'effectue et se propage vers le bas selon une loi proportionnelle à la racine carrée du temps. Le mélange du champ de densité suit (moins nettement) une loi analogue, mais le "front" thermique qui se propage vers le bas est -semble-t-il- accompagné d'ondes internes.

En ce qui concerne le bilan énergétique, la difficulté principale consiste à séparer, dans l'évolution temporelle du champ de houle observé en un seul point, la part due à un apport local d'énergie et la part due à des phénomènes antérieurs venus d'ailleurs. L'étude des caractéristiques spectrales de l'onde dominante permet toutefois d'aborder cette difficile distinction.

Les caractéristiques de la turbulence dans l'eau sont en cours d'analyse.

Discussion :

M. EYRIES confirme l'approche très solide de M. REVAULT D'ALONNES du problème traité.

L'Ingénieur Général de l'Armement BOURGOIN
Directeur de l'Etablissement Principal du
Service Hydrographique et Océanographique
de la Marine.

J Bourgoin