

CONVENTIONS
SCIENCES DE LA MER
OCEANOGRAPHIE PHYSIQUE

N° 4

1993

COOPÉRATION FRANCO-AUSTRALIENNE

Rapport scientifique des projets
TOGA-COARE et TOGA-TAO

Joël PICAUT
Marie-Hélène RADENAC
Gérard ELDIN
Pierre RUAL
Frank BRADLEY
Stuart GODFREY
Gary MEYERS
Neville SMITH
et la participation de
Michael J. MCPHADEN

CONVENTIONS

SCIENCES DE LA MER

OCEANOGRAPHIE PHYSIQUE

N° 4

1993

COOPÉRATION FRANCO-AUSTRALIENNE

**Rapport scientifique des projets
TOGA-COARE et TOGA-TAO**

* Joël PICAUT

* Marie-Hélène RADENAC

* Gérard ELDIN

* Pierre RUAL

** Frank BRADLEY

*** Stuart GODFREY

*** Gary MEYERS

**** Neville SMITH

et la participation de

***** Michael J. MCPHADEN

* ORSTOM, Nouméa

**** BMRC, Melbourne

** CSIRO, Canberra

***** NOAA/PMEL, Seattle

*** CSIRO, Hobart

ORSTOM

L'INSTITUT FRANÇAIS DE RECHERCHE SCIENTIFIQUE
POUR LE DÉVELOPPEMENT EN COOPÉRATION

CENTRE DE NOUMÉA

© ORSTOM, Nouméa, 1993

/Picaut, J.
/Radenac, M. H.
/Eldin, G.
/Rual, P.
Bradley, F.
Godfrey, S.
Meyers, G.
Smith, N.
McPhaden, M.J.

COOPÉRATION FRANCO-AUSTRALIENNE. Rapport scientifique des projets TOGA-COARE et TOGA-TAO

Nouméa : ORSTOM. Juillet 1993. 72 p.
Conv. : Sci. Mer : Océanogr.-Phys. ; 4

Ø32MILPHY

OCEANOGRAPHIE PHYSIQUE ; COOPERATION SCIENTIFIQUE, FRANCE-AUSTRALIE ;
CAMPAGNE OCEANOGRAPHIQUE ; MOUILLAGE ; SALINITE ; TEMPERATURE ; EL NINO /
PACIFIQUE TROPICAL OUEST

Imprimé par le Centre ORSTOM
Juillet 1993

 ORSTOM Nouméa
REPROGRAPHIE

RÉSUMÉ

Le Comité Français de Coopération Franco-Australienne pour les Sciences et Technologies Marines a financé (via un contrat de trois mois à compter du 1^{er} octobre 1992) deux projets du Groupe SURTROPAC du Centre ORSTOM de Nouméa pour des opérations conjointes avec des chercheurs Australiens. Ces opérations ont été effectuées, dans le cadre du programme international TOGA (Tropical Ocean and Global Atmosphere), dans la partie ouest du Pacifique où se développe le maximum de température superficielle de notre planète, appelé réservoir d'eaux chaudes. Ce financement a permis d'installer un ensemble de capteurs météorologiques sur le navire océanographique (N/O) Alis de l'ORSTOM, en profitant de l'aide technique et scientifique d'une équipe du CSIRO de Canberra. Ce navire a effectué une campagne de 45 jours durant la Période d'Observations Intensives (1^{er} novembre 1992 - 28 février 1993) du programme international COARE (Coupled Ocean-Atmosphere Response Experiment), en relation directe avec une campagne similaire du N/O Franklin du CSIRO d'Hobart. Des enregistreurs de salinité et de température ont été mis en place sur deux mouillages du réseau international TOGA-TAO. En plus de la validation des altimètres du satellite TOPEX-POSEIDON, les mesures correspondantes seront très utiles pour les études conjointes du Centre ORSTOM de Nouméa et du CSIRO d'Hobart sur la structure fine des champs thermo-halins dans le Pacifique Équatorial Ouest, en particulier sur le rôle de la barrière de sel dans le développement d'El Niño. Parallèlement, plusieurs missions ont pu être financées pour que des membres du Groupe SURTROPAC participent en Australie à des réunions scientifiques et à la coordination du programme COARE et discutent des premiers résultats avec leurs homologues Australiens.

ABSTRACT

The French Committee for the Australia-France Cooperation in Marine Science and Technology had provided financial support (through a three month contract which started on October 1, 1992) to the SURTROPAC group of the ORSTOM Center in Nouméa, for two common projects with Australian scientists. These projects were conducted, as part of the international TOGA (Tropical Ocean and Global Atmosphere) programme, in the western Pacific Ocean, where the planetary maximum temperature known as the warm pool develops. This support enabled the installation of meteorological sensors onboard the ORSTOM research vessel (R/V) Alis, through the scientific and technical help of CSIRO-Canberra scientists. This R/V has carried out a 45 day cruise, as part of the Intensive Observation Period (November 1, 1992 - February 28, 1993) of the COARE (Coupled Ocean-Atmosphere Response Experiment) programme, in close relation with a similar cruise made with the R/V Franklin of CSIRO-Hobart. Salinity and temperature sensors were added on two moorings of the multi-national TOGA-TAO array. In addition to the calibration of the TOPEX-POSEIDON altimeters, the corresponding measurements will be particularly useful for the collaborative studies by ORSTOM-Nouméa and CSIRO-Hobart on thermo-haline structure in the western equatorial Pacific, specifically on the importance of the barrier layer in El Niño generation. In addition, this financial support allowed several SURTROPAC researchers to go to Australia in order to attend scientific meetings and participate in the coordination of the COARE programme and discuss preliminary results with their Australian counterparts.

SOMMAIRE

Résumé, abstract	3
Introduction (J. Picaut)	7
Mesures météorologiques effectuées avec l'Alis (M.-H. Radenac)	11
Mesures météorologiques effectuées avec l'Alis et le Franklin (F. Bradley)	29
Rapport de mission à Townsville (J. Picaut)	41
Rapport de mission à Hobart (G. Eldin)	45
Rapport de mission à Hobart (P. Rual)	47
Présentation du programme TOGA-COARE (ITCPO/J. Picaut)	51
 Extraits des actes de la réunion de travail TOGA-TAO	
- résumé et présentation générale (M. J. McPhaden)	57
- rapport australien (J. Godfrey)	57
- rapport français (J. Picaut)	59
- les réseaux XBT et TOGA-TAO (G. Meyers, N. Smith)	61
 Annexes	
- projets N° 11 et 16 de la coopération franco-australienne (J. Picaut)	63
- liste des acronymes	71

INTRODUCTION

(J. Picaut)

A la demande de F. Jarrige, responsable à l'époque du Département TOA de l'ORSTOM, j'ai participé à la session Sciences et Technologies Marines du colloque franco-australien, qui s'est tenu à Sydney les 4 et 5 avril 1991. Durant ce colloque, il m'a été demandé, avec l'aide de mon homologue océanographe physicien S. Rintoul du CSIRO d'Hobart, de préparer deux projets de recherche de coopération franco-australienne dans le cadre des programmes internationaux TOGA et COARE. Ces programmes, dont le but ultime est la prédiction du climat de notre planète aux échelles de temps de quelques mois à quelques années, sont axés sur El Niño et le Pacifique Tropical, et en particulier dans sa région ouest pour COARE, compte tenu du rôle dominant des échanges océan-atmosphère de cette région sur le climat mondial. En octobre 1991, à la demande de L. Laubier, directeur des relations et de coopération internationales de l'IFREMER, j'ai complété ces deux projets par des fiches descriptives (Cf. Annexes) accompagnées d'une annexe financière tout en informant mes collègues du CSIRO.

Le premier projet, intitulé "Le réseau TOGA-TAO de mesures en temps réel dans le Pacifique tropical", proposait de rajouter des thermosalinographes sur le mouillage à 2°S-156°E du réseau multi-national TOGA-TAO. Ce projet avait pour but d'étudier, avec des chercheurs du CSIRO d'Hobart, les structures de salinité et de température dans la zone de mesures intensives du programme COARE.

Le deuxième projet, intitulé "participation franco-australienne au programme TOGA-COARE", proposait d'installer un ensemble de capteurs météorologiques (vent, rayonnement...) sur un navire océanographique (N/O) français pendant la période d'observations intensives du programme COARE (1^{er} novembre 1992 - 28 février 1993) en profitant de l'expérience technique et scientifique des équipes du CSIRO.

En janvier 1992, le comité français de coopération franco-australienne dans le domaine marin a déterminé les subventions qu'il était possible d'allouer en 1992 aux différents projets, soit 83 kF pour le projet No 11 TOGA-TAO et 49 kF pour le projet No 16 TOGA-COARE. Le financement de l'ensemble des projets provenant de différentes sources (MRT, MAE et IFREMER), l'IFREMER a été chargé de la

distribution à chaque organisme opérateur. Après plusieurs rappels auprès de l'ORSTOM et de l'IFREMER, la délégation financière correspondante n'a été mise en place au Centre ORSTOM de Nouméa qu'en octobre 1992. Parallèlement, j'ai reçu des nouvelles de nos correspondants Australiens qui semblaient aussi avoir eu quelques difficultés pour obtenir de leur côté un financement rapide dans le cadre de cette coopération franco-australienne.

Le projet No 16 TOGA-COARE s'est concrétisé par la venue de F. Bradley au Centre ORSTOM de Nouméa en août 1992 (sur financement australien) pour installer des capteurs météorologiques sur le N/O Alis dans le cadre de la participation aux mesures de la Période d'Observations Intensive de COARE (Cf. rapport de M.-H. Radenac et F. Bradley). Le financement français octroyé pour ce projet a permis à M.-H. Radenac de compléter la centrale d'acquisition de données météorologiques montée sur le N/O Alis et à J. Picaut de participer à la coordination des opérations TOGA-COARE au Centre Opérationnel de Townsville (Cf. rapport de J. Picaut). Tout récemment, plusieurs membres du Groupe SURTROPAC ont pu discuter avec nos collègues australiens de coopération au sein du programme COARE, à l'occasion de la session TOGA-COARE de la "4^{ème} Conférence Internationale sur la Météorologie et l'Océanographie de l'Hémisphère Sud" qui a eu lieu à Hobart du 29 mars au 2 avril 1993 (Cf. rapports de G. Eldin et P. Rual).

Le projet No 11 TOGA-TAO a pu être lancé et développé, bien avant l'octroi du financement franco-australien, grâce à un financement du CNES, de l'ORSTOM, de la NASA et de la NOAA pour un projet de validation du satellite franco-américain TOPEX/POSEIDON. Ce projet de validation, financé en moins de trois mois, a permis d'équiper deux mouillages du réseau TOGA-TAO (2°S-165°E et 2°S-156°E, ce dernier mouillage au centre de la zone COARE) de nombreux capteurs complémentaires de températures et de salinité et de capteurs de pression de surface et de fond. A l'origine issu d'une coopération entre l'Australie, les États Unis, la France et le Japon, le réseau TOGA-TAO de mouillages de chaînes à thermistances et courantomètres a été récemment étendu en collaboration avec la Corée du Sud et Taiwan. Les deux mouillages, servant à la validation de TOPEX/POSEIDON, ont été installés en août et septembre 1992 par le N/O Le Noroit et relevés en février et mars 1993, respectivement par les N/O Le Noroit et Moana Wave. Bien que ce projet, financé en bonne partie par le CNES et la NASA, concerne essentiellement la validation des altimètres de TOPEX/POSEIDON, l'installation de nombreux thermosalinographes sur deux mouillages dans la zone COARE va permettre aux équipes franco-australienne du Centre ORSTOM de Nouméa et du CSIRO d'Hobart de compléter leurs études communes sur les structures fines de salinité et de température dans le cadre du

programme COARE, et en particulier sur le rôle de la barrière de sel sur le développement d'El Niño.

Le présent rapport est relativement succinct car il a dû être rédigé dans les quelques mois suivant la fin du contrat IFREMER N° 921600078 d'une durée extrêmement courte (1^{er} octobre - 31 décembre 1992). Les opérations à la mer des projets N° 11 et 16 correspondantes ayant été terminées qu'en mars 1993, la plupart des données n'ont pas encore été entièrement dépouillées. Il faudra attendre l'année 1994 pour obtenir des résultats scientifiques significatifs de cette coopération franco-australienne.

Ce rapport est organisé de la façon suivante : présentation par M.-H. Radenac (ORSTOM, Nouméa) des observations météorologiques effectuées durant la campagne Equalis à bord du N/O Alis et comparaison par F. Bradley (CSIRO, Canberra) de ces mesures avec celles réalisées à bord du N/O Franklin; rapports de mission de J. Picaut (ORSTOM, Nouméa) au Centre Opérationnel TOGA-COARE de Townsville et de G. Eldin et P. Rual (ORSTOM, Nouméa) à Hobart pour assister à des réunions scientifiques avec nos collègues australiens et participer à la "4^{ème} Conférence Internationale sur la Météorologie et l'Océanographie de l'Hémisphère Sud"; le contexte et l'importance du programme TOGA-COARE, où la participation française et australienne a été particulièrement importante, sont résumés dans un document en anglais, rédigé à l'origine par l'International TOGA-COARE Project Office (ITCPO) et revu et corrigé par J. Picaut en tant que membre de l'International TOGA-COARE Panel. Ce rapport est complété par des extraits des actes des "Proceedings of the First Workshop of the TOGA-TAO Implementation Panel" édités par Michael J. McPhaden (NOAA, Seattle), où il est fait état de la participation française (rapport de J. Picaut, ORSTOM, Nouméa) et australienne (rapport de S. Godfrey, CSIRO, Hobart) au réseau de mouillages TOGA-TAO et d'une étude comparative entre les réseaux TOGA-TAO et XBT (G. Meyers, CSIRO, Hobart et N. Smith, BMRC, Melbourne). Rappelons à ce propos que le réseau XBT est issu d'une coopération entre l'Australie, la France et les États Unis commencée en 1979. Ce rapport s'achève par des annexes comportant les propositions initiales des projets No 11 et 16 de la coopération franco-australienne, qui ont aidé à réaliser ces recherches et une liste explicative des acronymes utilisés.

**COMPTE RENDU DES MESURES METEOROLOGIQUES
DE LA CAMPAGNE EQUALIS: 3 NOVEMBRE - 12 DECEMBRE 1992
COOPERATION FRANCO-AUSTRALIENNE**

Marie-Hélène Radenac

1- Rappel des objectifs scientifiques

Les eaux de surface les plus chaudes du monde se situent dans le Pacifique tropical ouest qui est le siège de spectaculaires interactions entre l'océan et l'atmosphère (Lukas et al, 1991). C'est dans ce réservoir d'eaux chaudes que s'est déroulé le programme COARE (Coupled Ocean-Atmosphere Response Experiment), émanation de TOGA (Tropical Ocean and Global Atmosphere). Il doit conduire à une meilleure compréhension du rôle du Pacifique tropical ouest dans la genèse des phénomènes ENSO (El Niño-Southern Oscillation) responsables de perturbations du climat mondial.

Au cours de la période d'observations intensives de COARE (du 1er novembre 1992 au 28 février 1993), des navires et avions de recherche ainsi que des mouillages de nombreuses nations étaient rassemblés dans une zone d'étude centrée vers 2°S et 156°E (TOGA COARE, 1992). Parmi eux, dans le cadre de la coopération franco-australienne, les navires australien, le Franklin, et français, l'Alis, équipés de capteurs météorologiques identiques, ont mené une expérience commune destinée à:

- tester la validité des méthodes "aérodynamiques globales" dans les conditions particulières du Pacifique tropical ouest: humidité forte, vent faible, activité convective forte;
- étudier la structure verticale de la couche superficielle de l'océan en reliant les variations des profils verticaux de température et salinité aux observations météorologiques locales.

Les dates de campagnes des deux navires (du 23 novembre au 15 décembre 1992 et du 11 janvier au 4 février 1993 pour le Franklin; du 12 au 22 novembre et du 27 novembre au 5 décembre 1993 pour l'Alis) permettaient d'une part, d'avoir une période de recouvrement pour comparer les mesures du Franklin et de l'Alis, d'autre part de couvrir la quasi totalité de la période d'observations intensives.

Des équipes du CSIRO de Canberra et du centre ORSTOM de Nouméa travaillent actuellement au dépouillement et à l'interprétation des données. Dans le rapport qui suit, seuls les paramètres météorologiques mesurés à bord du N.O. Alis sont présentés.

2- Déroulement de la campagne

La campagne EQUALIS à bord du N.O. Alis qui s'est déroulée du 3 novembre au 12 décembre 1992, peut se résumer à trois phases:

- du 12 au 22 novembre 1992: point fixe 1 à 1° 30 S et 156° 15 E (navire ancré du 14 novembre à la fin du point fixe);

- le 27 novembre puis du 28 novembre au 6 décembre 1992: point fixe 2 à 1° 45 S et 156° 10 E (navire ancré du 28 novembre à la fin du point fixe). Ce point fixe a été interrompu par une série d'intercomparaison de mesures météorologiques avec le Franklin;
- du 27 novembre, 20:30 heure locale au 28 novembre, 13:00 heure locale: intercomparaison des mesures météorologiques avec le Franklin.

Les deux points fixes étaient situés à l'intérieur du "trajet en papillon" décrit par le navire américain Wecoma présent sur la zone du 14 novembre au 3 décembre 1992 (fig. 1).

L'intercomparaison a eu lieu à proximité de la bouée météorologique IMET (Improved METeorological instrumentation) mise en place à 155° 59.73' E, 1° 45.27' S, par "Woods Hole Oceanographic Institution" (fig. 1). Le système de transmission en temps réel via ARGOS des données de cette dernière était malheureusement en panne pendant la durée de la campagne EQUALIS. Néanmoins, le système de stockage "in situ" a fonctionné et les données seront disponibles après le relevage de la bouée en fin de période d'observations intensives.

3- Matériels et méthodes

3.1- Description du système d'acquisition

A bord de l'Alis, les mesures météorologiques complétaient des observations de température et salinité de surface et de pluie, couplées au système GPS de positionnement du navire et enregistrées sur un micro-ordinateur type compatible IBM-PC.

Températures et salinités de surface ont été mesurées par un thermosalinographe Seabird 21 étalonné le 16 septembre 1992 par le constructeur. La prise d'eau était située vers 2.6 mètres. Toutes les trois heures, un échantillon d'eau de mer a été prélevé au thermosalinographe pour contrôler la dérive du capteur de salinité. L'ensemble de ces prélèvements a été analysé au retour de la campagne sur un salinomètre GUIDLINE (précision: ± 0.003) du 8 au 11 décembre 1992, à bord du N.O. LE NOROIT.

La quantité de pluie a été mesurée par un pluviomètre optique STI (ORG-105) monté au-dessus de la passerelle à 6 m de hauteur. Ce capteur était fourni par le Dr. O. Thiele de la NASA.

Les capteurs météorologiques ont été installés par le Dr. F. Bradley, du CSIRO de Canberra, lors de sa visite au centre ORSTOM de Nouméa du 31 août au 5 septembre 1992. La pièce maîtresse de cet ensemble était un enregistreur de données "Datataker 50" recevant les signaux:

- d'un psychromètre fabriqué au laboratoire du "Centre for Environmental Mechanics" du CSIRO, Canberra;
- d'un pyranomètre LICOR 2003S;
- d'un anémomètre SYNCHROTAC 710-1960;
- d'une girouette SYNCHROTAC 710-2900.

Les capteurs étaient situés en tête de mât. L'exposition au vent de l'anémomètre n'étant pas idéale au mouillage, son installation a été modifiée le 16 novembre. Les mesures ont donc été faites selon les deux schémas suivants:

dates et heures locales	altitude et exposition des capteurs:			
	anémomètre	girouette	psychromètre	pyranomètre
3 - 16 (11:00) novembre 1992	12 m, babord	12 m, tribord	12 m, tribord	13 m, centre
16 (13:00) novembre - 12 décembre 1992	13 m, tribord	12 m, tribord	12 m, tribord	13 m, centre

Le N.O Alis est équipé d'un navigateur par satellites Magnavox MX-1107 qui reçoit les données GPS. Ce récepteur peut aussi servir de relai au données du loch et du compas gyroscopique du navire.

Deux types d'acquisition ont été effectués:

- l'enregistreur de données stockait les données brutes exprimées en millivolts. Il recevait les informations des capteurs toutes les 10 secondes et en effectuait la moyenne qu'il enregistrerait toutes les 15 minutes. Ces données ont été sauvegardées une fois par jour sur disque dur dans des fichiers ASCII: DTJJMMAA.DAT où JJ, MM et AA sont respectivement le jour, le mois et l'année (deux caractères). La transformation en mesures météorologiques se faisait sous EXCEL version 3.0 pour donner les fichiers JJMMAA.DT.
- l'acquisition des données converties a été faite sur un micro-ordinateur PC-AT DATAMINI dédié à cette application. Il recevait:
 - sur COM1 par liaison RS-232, le signal de l'enregistreur de données, c'est à dire: température air sec, delta T (température air sec - température air humide), rayonnement solaire incident, vitesse et direction du vent apparent;
 - sur COM2, le signal provenant d'un multiplexeur de lignes RS-232 avec:
 - sur la voie 1, le navigateur MX-1107;
 - sur la voie 2, le thermosalinographe;
 - par l'intermédiaire d'une carte Metrabyte A/D DAS-8, le signal du pluviomètre optique.

La méthode d'acquisition des données converties est décrite dans le paragraphe "description du logiciel d'acquisition".

En outre, toutes les trois heures, les officiers du bord ont effectué manuellement des relevés météorologiques à l'aide de la station POMAR, vérifiée au départ de la campagne. Ceux-ci comprennent: la direction et la vitesse du vent apparent et du vent réel, la température de l'air sec et de l'air humide, la pression atmosphérique et la température de surface.

3.2- Description du logiciel d'acquisition

A l'origine, ce logiciel était utilisé à l'ORSTOM pour l'acquisition automatique des mesures de température et salinité de surface à bord des navires marchands (Grelet et al, 1992). Pour cette campagne, nous avons décidé d'en utiliser une version étendue, ALIS.EXE, écrite par B. Buisson, qui outre la gestion d'un plus grand nombre de capteurs, permet des calculs supplémentaires.

Le pluviomètre optique était interrogé toutes les secondes et les autres instruments, selon la séquence suivante:

- enregistreur de données: 10 secondes;
- navigateur satellite: 10 secondes;
- thermosalinographe: 15 secondes.

Les données issues de l'enregistreur étaient immédiatement converties en mesures météorologiques et de surface à l'aide des coefficients d'étalonnage des différents capteurs et n'étaient conservées que si elles étaient comprises dans une fourchette de valeurs:

- température air sec: 9°C à 42°C
- delta T: -3°C à 11°C
- rayonnement solaire incident: -69 W.m⁻² à 1724 W.m⁻²
- vitesse du vent apparent: 0 à 25 m.s⁻¹
- direction du vent apparent: 0 à 360 degrés.

Un seuil minimum de 70 mV était imposé aux signaux du capteur de pluie.

A chaque interrogation de l'enregistreur de données, la vitesse et la direction du vent par rapport à la route surface du navire ont été calculées par somme vectorielle d'après les informations instantanées du loch et du compas gyroscopique, ainsi que la vitesse et la direction du vent réel d'après la route fond donnée par le navigateur satellite.

Toutes les 15 minutes, la médiane de la température et de la salinité de surface ainsi que la médiane, la moyenne et l'écart type des données météorologiques filtrées et la hauteur d'eau intégrée ont été sauvegardées sur disque dur dans les fichiers binaires quotidiens JJMMAA.DAT. Le programme MKASCII.EXE a généré les fichiers ASCII résultants JJMMAA.ASC qui ne comportent que les paramètres sélectionnés, en unités physiques, dans un format directement importable sous EXCEL (séparateur: tabulation). Une ligne d'acquisition comprend les informations suivantes:

- code de type d'acquisition: 8 = GPS présent;
- jour julien donnée par le PC;
- heure PC: HM.mm où H = heure et M.mm = minute;
- jour julien donnée par le navigateur satellite;
- heure donnée par le navigateur satellite: HM.mm où H = heure et M.mm = minute;
- latitude: SDM.mm où S < 0 = latitude sud, D = degré et M.mm = minute;
- longitude: SDM.mm où S > 0 = longitude est, D = degré et M.mm = minute;
- incertitude sur le point: de 0 (très bon) à 15 (très mauvais);
- vitesse du navire: V.vv en noeuds;
- cap du navire: D.d en degré;
- vitesse fond: V.vv en noeuds;
- route fond: D.d en degré;
- médiane de la température de surface: T.ttt en °C;
- médiane de la salinité de surface: S.sss;

- quantité de pluie intégrée sur 15 minutes: H.hh en mm
- écart type de la hauteur d'eau: H.hh en mm/h;

on trouve ensuite, respectivement la médiane, la moyenne et l'écart type sur 15 minutes pour chacun des paramètres suivants:

- température air sec: T.tt en °C;
- delta T: T.tt en °C;
- rayonnement solaire incident: R.r en $W.m^{-2}$;
- vitesse du vent apparent: V.vv en $m.s^{-1}$;
- direction du vent apparent: D.d en degré;
- vitesse du vent par rapport à la surface: V.vv en $m.s^{-1}$;
- direction du vent par rapport à la surface: D. en degré;
- vitesse du vent réel: V.vv en $m.s^{-1}$;
- direction du vent réel: D. en degré.

A chaque mise en route ou interruption du programme, sont insérées des lignes sans données de début et fin d'acquisition, commençant respectivement par les codes 0 et 6. Les lignes présentant le code 5 (sans données) correspondent au passage d'un satellite et ne sont conservées que pour des raisons historiques.

Les directions du "vent surface" et du vent réel se trouvant dans les quadrants 90° - 180° et 270° - 360° présentent un décalage de 180° . Le calcul du module du vent est exact. Les moyennes des directions du "vent surface" et du vent réel à la limite ou dans les quadrants concernés est donc fausse. Les médianes peuvent, par contre, être aisément corrigées en remplaçant la direction du "vent surface" et du vent réel par son angle supplémentaire. La correction a eu lieu à bord et le premier calcul exact est celui du 30 novembre 1992 à 7:15 TU. Les résultats présentés antérieurs à cette date (intercomparaison) ont subi la modification de quadrant.

4- Résultats

Seuls les résultats météorologiques sont présentés dans ce document.

4.1- Vérification du psychromètre

La vérification du décalage entre les deux mesures de température du psychromètre (température air sec et air humide) a été effectuée trois fois au cours de la campagne. Cela consistait à mesurer la différence de température entre les thermistances, les deux thermomètres à sec. Cette expérience a été faite de préférence à l'abri du soleil. Les résultats sont les suivants:

dates et heures locales		ΔT (°C)	
début	fin	moyenne	écart type
11/11/92 13:45	11/11/92 18:00	-0.10	0.01
25/11/92 18:15	26/11/92 5:15	-0.11	0.01
6/11/92 19:30	9/11/92 4:45	-0.11	0.00

Les résultats présentés plus loin n'ont pas subis ces corrections.

4.2- Calcul du vent

La méthode de calcul des vents ne s'applique pas quand le navire est ancré. En effet, au mouillage, le loch ne donnant pas de vitesse négative (l'Alis était mouillé par l'arrière) et la route et la vitesse fond traduisant les lents mouvements d'évitage du navire, les calculs du "vent surface" et du vent réel sont inexacts. Il en est de même, lorsque le navire est en dérive. Les données de vent "vrai" que nous présentons ne s'apparentent ni au "vent surface", ni au vent réel calculé par somme vectorielle. Son module est approché par la vitesse du vent apparent et sa direction est égale à la somme du cap du navire et de la direction du vent apparent.

4.3- Intercomparaison

La comparaison entre les mesures météorologiques du Franklin et de l'Alis a eu lieu du 27 novembre 10:25 TU au 28 novembre 3:00 TU à proximité de la bouée météorologique IMET (1° 45' S, 156° 00' E). Il s'agissait pour les deux navires de suivre des routes parallèles, vent debout, à vitesse réduite, le Franklin se trouvant à un mille au sud de l'Alis. Quatre radiales de 3 à 4 heures ont été faites, l'Alis démarrant à chaque fois de 1° 40' S, 156° 00' E (fig. 2).

n° radiale	cap (degrés)	vitesse (noeuds)	dates et heures TU	
			début	fin
1	270	3	27/11/92 10:25	27/11/92 14:10
2	240	3	27/11/92 15:50	27/11/92 19:00
3	240	3	27/11/92 19:55	27/11/92 23:00
4	240	3	28/11/92 0:00	28/11/92 0:10
	280	3	28/11/92 0:10	28/11/92 3:00

Les navires américain Moana Wave et japonais Hakuho Maru se sont joints à l'expérience le 27 novembre à 14:00 TU. Ils étaient situés respectivement à deux et trois milles au sud de l'Alis.

Les résultats présentés sur les figures 3 et 4 seront à comparer avec ceux du Franklin et de la bouée météorologique à l'issue du programme COARE.

4.4- Points fixes

4.4.1- Point fixe 1

Il s'est déroulé du 12 novembre 1992, 22:00 TU au 21 novembre 1992, 13:00 TU. En début de "point fixe", le navire a tenu une position voisine de 1° 30' S, 156° 15' E. A partir du 14 novembre à 0:15 TU, les conditions météorologiques étant exceptionnellement calmes, l'Alis était ancré par tribord arrière à 1°30.46'S, 156°15.06'E (fig. 5). Les résultats obtenus sont présentés sur les figures 6 et 7.

Remarque 1: les mesures stockées sur l'enregistreur de données ont été perdues, en raison d'une inondation, du début du point fixe au 12 novembre 5:00 TU et n'apparaissent donc pas sur la figure 6.

Remarque 2: la mèche du thermomètre humide du psychromètre a été remplacée:

le 11 novembre à 20:15 TU,

le 14 novembre à 23:15 TU,

le 16 novembre à 23:40 TU.

Remarque 3: au mouillage, le vent arrivant de tribord arrière, l'anémomètre a été déplacé de babord à tribord et surélevé de 1 mètre le 16 novembre à 23:00 TU.

Remarque 3: la mèche du thermomètre humide du psychromètre a été remplacée:

le 11 novembre à 20:15 TU,

le 14 novembre à 23:15 TU,

le 16 novembre à 23:40 TU.

4.4.2- Point fixe 2

Plus proche du centre du papillon que le point fixe 1, il s'est déroulé du 26 novembre 1992, 19:00 TU au 5 décembre 1992, 14:00 TU et a été interrompu pendant 23 heures par l'intercomparaison. Avant l'intercomparaison, jusqu'au 27 novembre 1992, 8:10 TU, le navire a tenu une position voisine de 1°45'S, 156°10'E. Après, à partir du 28 novembre à 5:20 TU, l'Alis était ancré par tribord arrière à 1°45.2'S, 156°09.6'E (fig. 8). Les résultats sont présentés sur les figures 9 à 10.

Remarque: la mèche du thermomètre humide du psychromètre a été remplacée:

le 26 novembre à 7:40 TU,

le 29 novembre à 23:10 TU,

le 2 décembre à 22:15 TU.

REFERENCES

- Grelet J., B. Buisson et C. Hénin, 1992. Installation et utilisation d'un thermosalinographe à bord d'un navire marchand. Notes techniques, sciences de la mer, océanographie physique, n°7, Centre ORSTOM de Nouméa, Nouvelle Calédonie, 99 pages.
- Lukas R., P. Webster and J. Picaut, 1991. Papers from the western Pacific international meeting and workshop on TOGA/COARE. *J. Geophys. Res.*, **96**, supplement, 3123-3124.
- TOGA COARE, 1992. TOGA COARE operations plan, Working version. TOGA COARE International Project Office, Boulder, Colorado, USA.

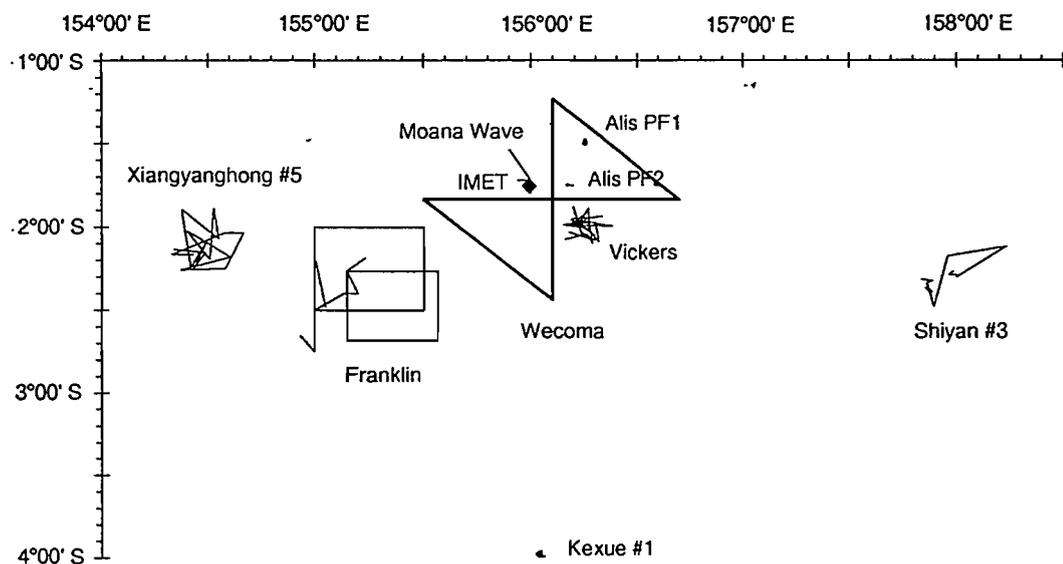


Figure 1: positions de la bouée météorologique IMET et des navires présents sur la zone pendant la période d'observations intensives.

intercomparaison 27-28 novembre 1992

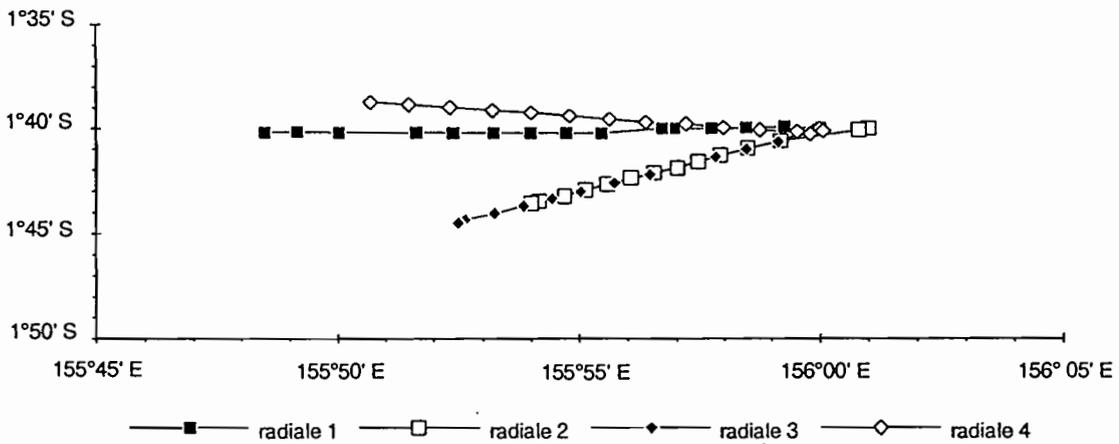


Figure 2a: route suivie par l'ALIS pendant l'intercomparaison

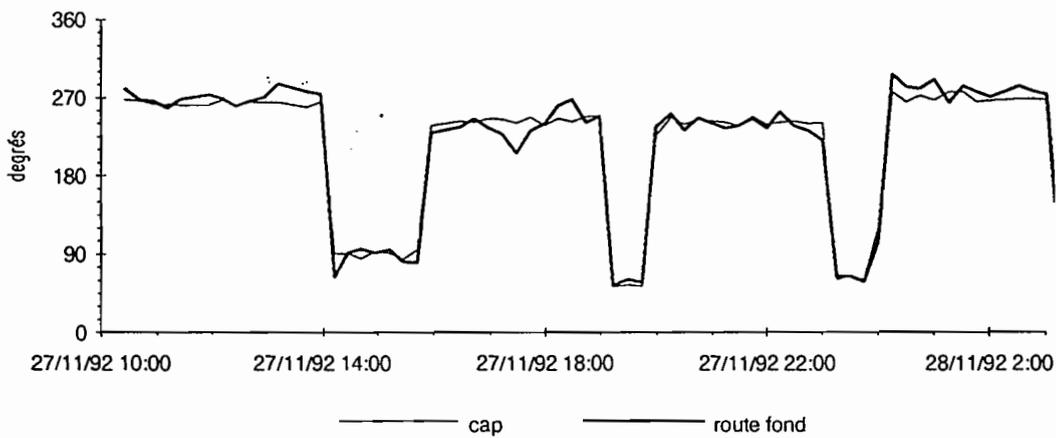


Figure 2b: cap et route fond de l'ALIS pendant l'intercomparaison

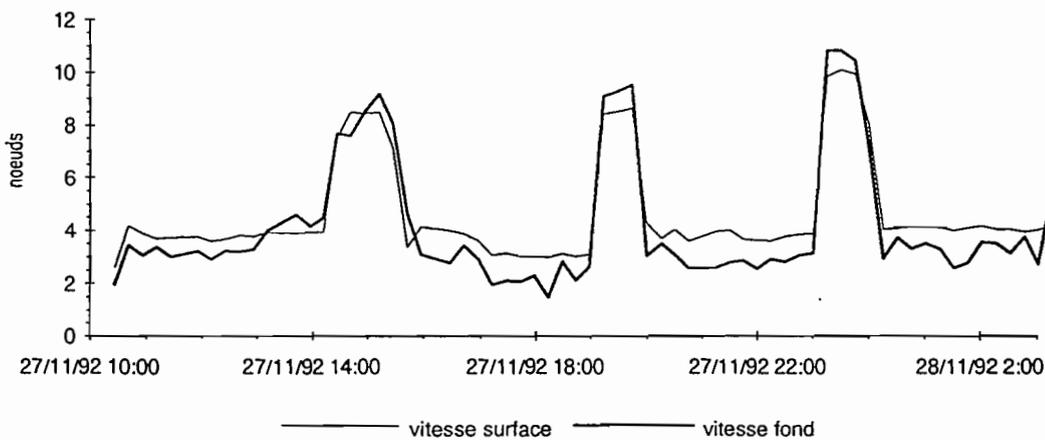


Figure 2c: vitesse surface et vitesse fond de l'ALIS pendant l'intercomparaison

intercomparaison 27-28 novembre 1992

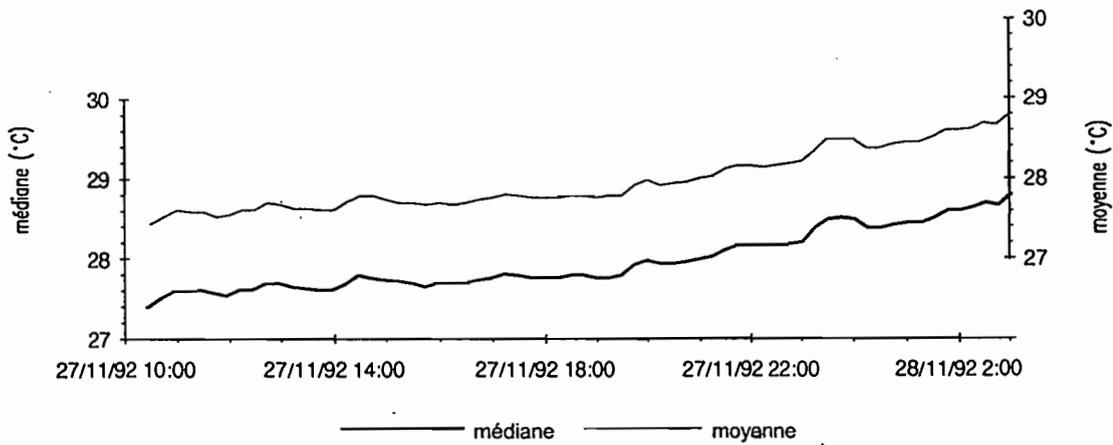


Figure 3a: température de l'air sec (psychromètre CSIRO) pendant l'intercomparaison. La moyenne (échelle de droite) est la mesure directement donnée par l'enregistreur de donnée, la médiane (échelle de gauche) est calculée sur PC.

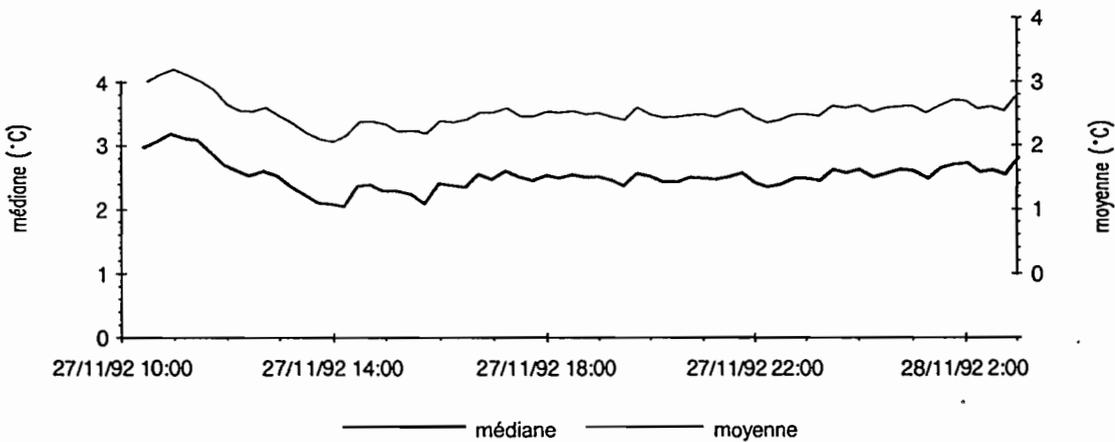


Figure 3b: delta T (température air sec - température air humide; psychromètre CSIRO) pendant l'intercomparaison. La moyenne (échelle de droite) est la mesure directement donnée par l'enregistreur de donnée, la médiane (échelle de gauche) est calculée sur PC.

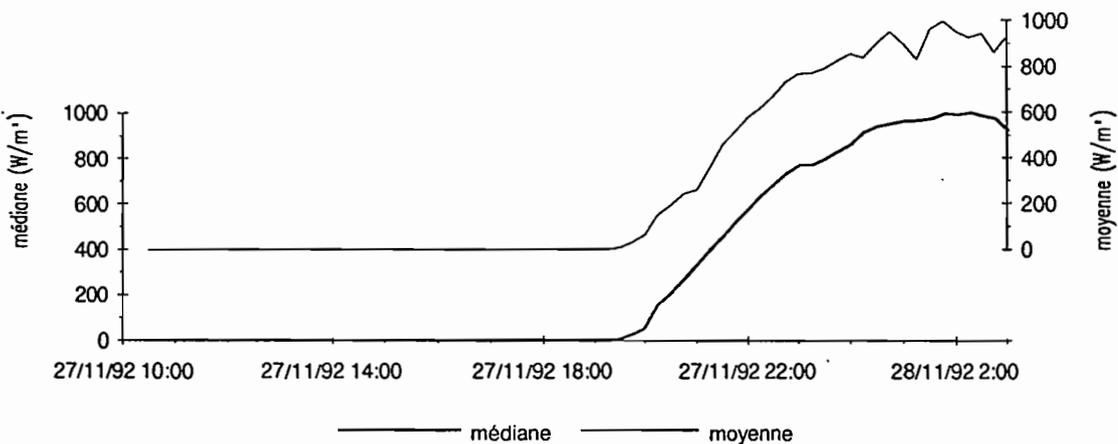


Figure 3c: rayonnement solaire incident (pyranomètre LICOR) pendant l'intercomparaison. La moyenne (échelle de droite) est la mesure directement donnée par l'enregistreur de donnée, la médiane (échelle de gauche) est calculée sur PC.

intercomparaison 27-28 novembre 1992

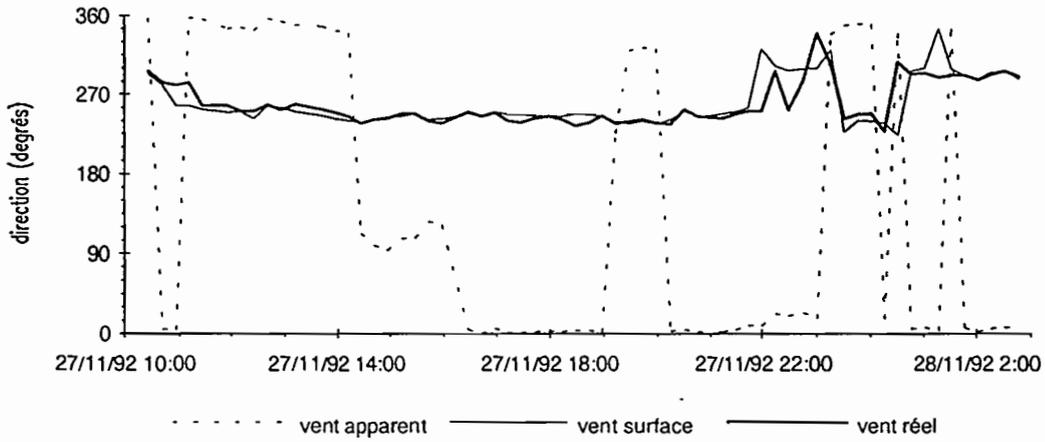


Figure 4a: médianes des directions des vents apparent, "surface" et réel.

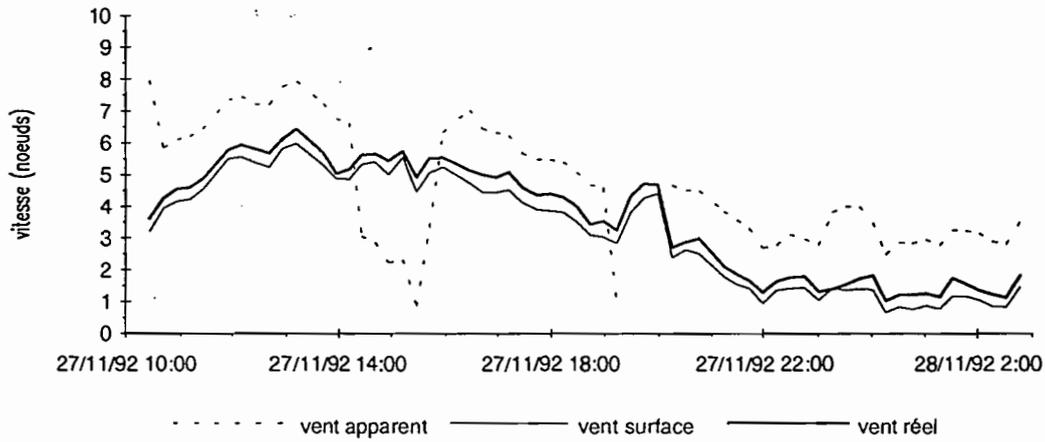


Figure 4b: médianes des vitesses des vents apparent, "surface" et réel.

point fixe 1 1°30'E, 156°15'E 11-21 novembre 1992

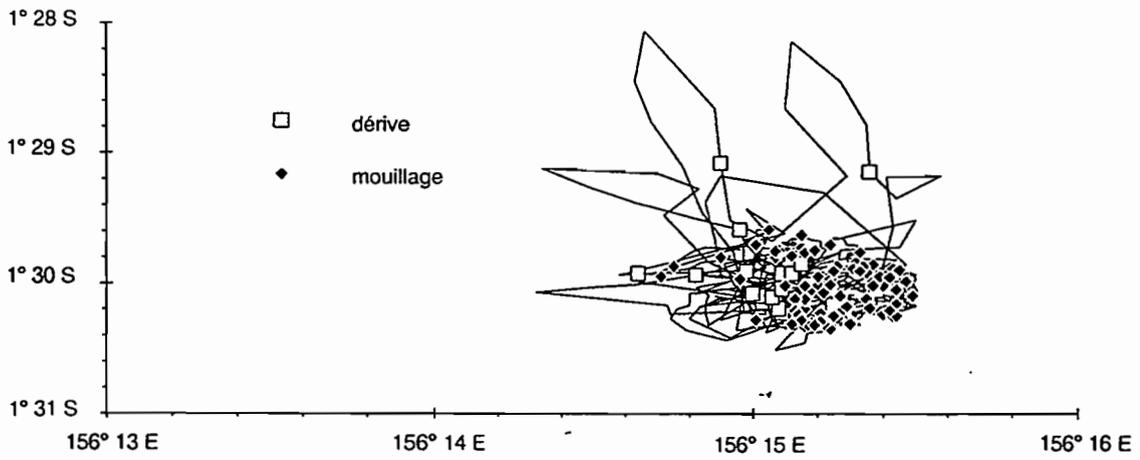


Figure 5a: positions au cours du point fixe 1 et évitage pendant le mouillage

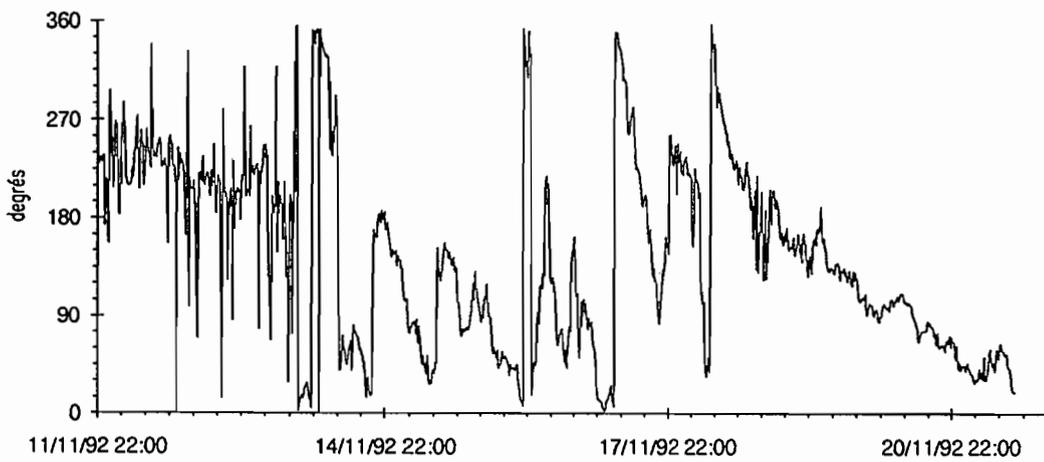


Figure 5b: cap pendant le point fixe 1

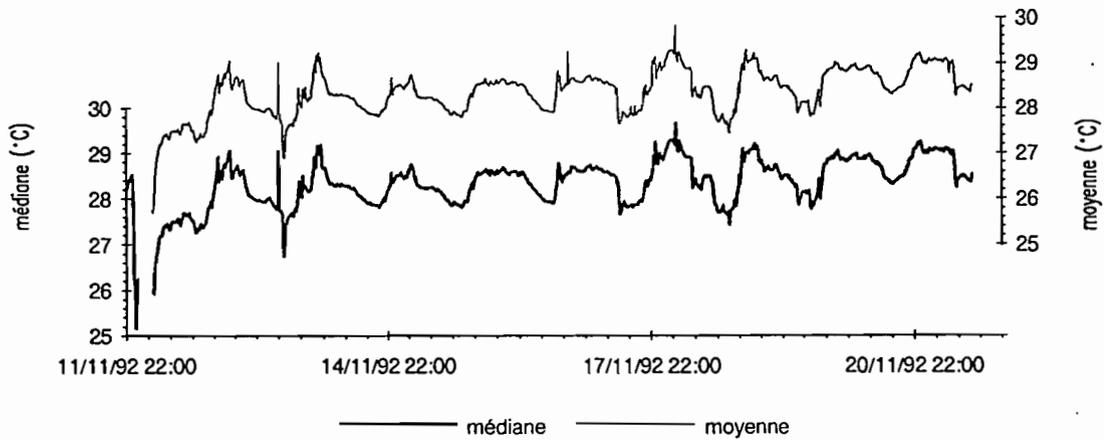


Figure 6a: température air sec (psychromètre CSIRO) pendant le point fixe 1. La moyenne (échelle de droite) est la mesure directement donnée par l'enregistreur de donnée, la médiane (échelle de gauche) est calculée sur PC.

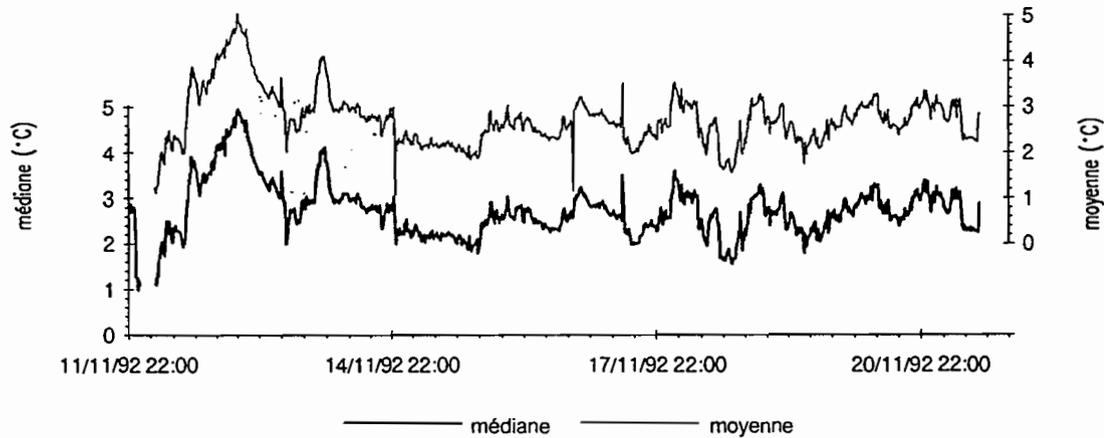


Figure 6b: delta T (température air sec - température air humide; psychromètre CSIRO) pendant le point fixe 1. La moyenne (échelle de droite) est la mesure directement donnée par l'enregistreur de donnée, la médiane (échelle de gauche) est calculée sur PC.

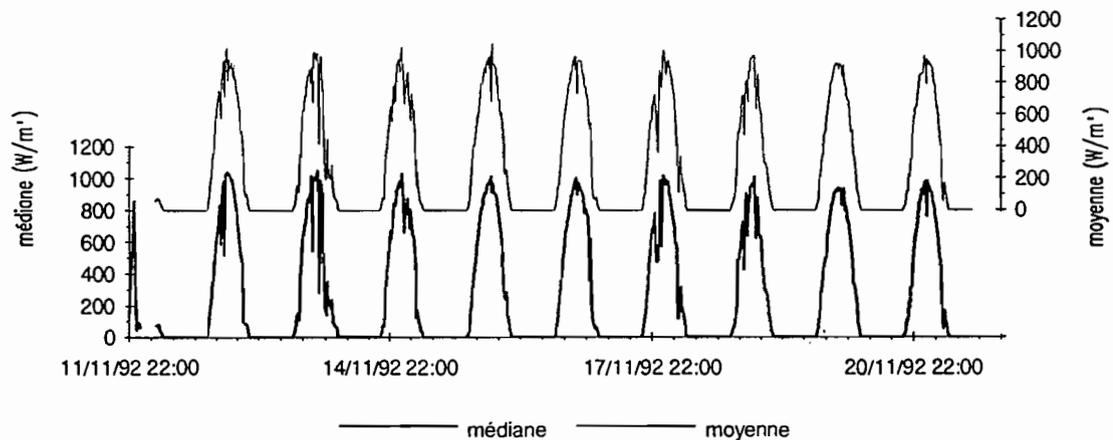


Figure 6c: rayonnement solaire incident (pyranomètre LICOR) pendant le point fixe 1. La moyenne (échelle de droite) est la mesure directement donnée par l'enregistreur de donnée, la médiane (échelle de gauche) est calculée sur PC.

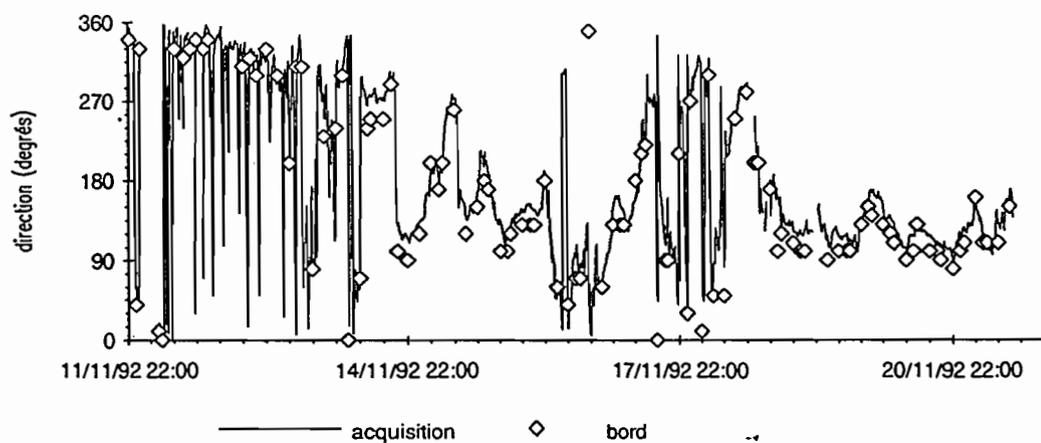


Figure 7a: direction du vent apparent pendant le point fixe 1. La ligne continue représente les médianes calculées, les losanges, les observations faites par le bord.

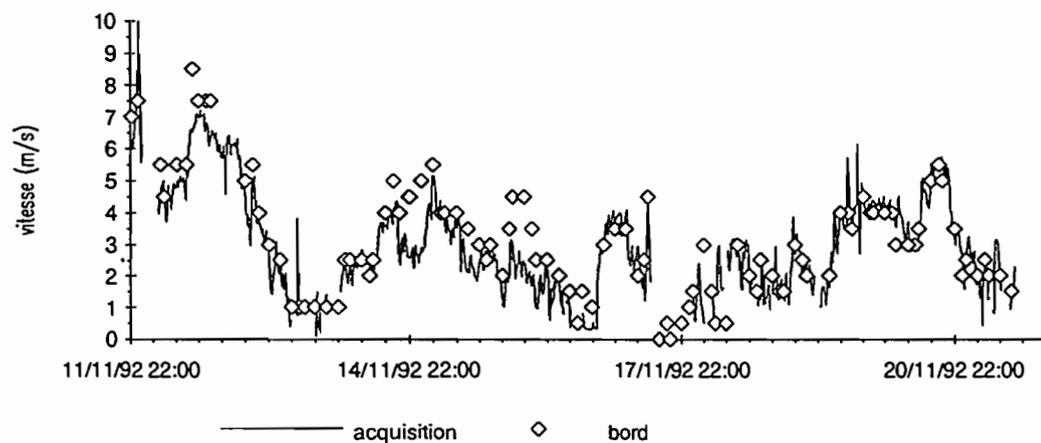


Figure 7b: vitesse du vent apparent pendant le point fixe 1. La ligne continue représente les médianes calculées, les losanges, les observations faites par le bord.

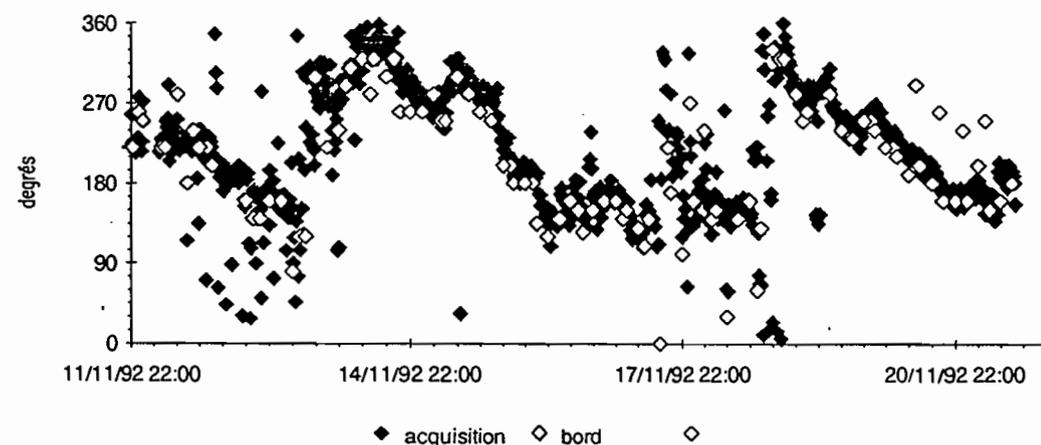


Figure 7c: direction du vent "vrai" pendant le point fixe 1. La ligne continue représente les valeurs calculées, les losanges, les observations faites par le bord.

point fixe 2 1°45'E, 156°10'E 26 novembre-5 décembre 1992

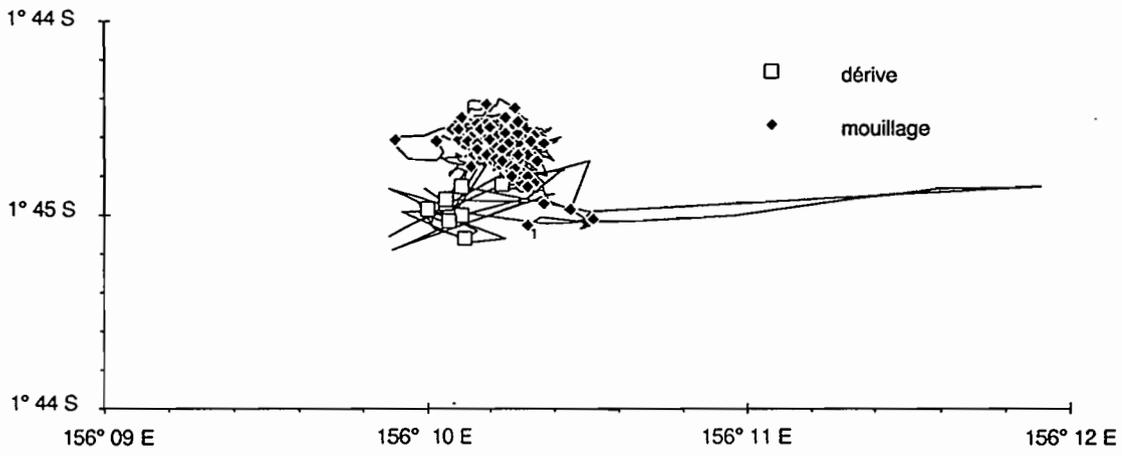


Figure 8a: positions au cours du point fixe 2 et évitage pendant le mouillage

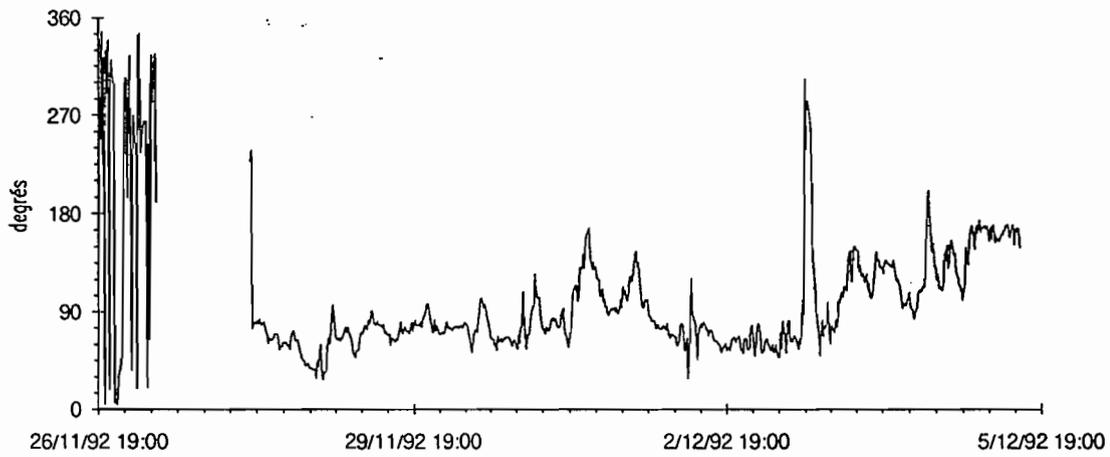


Figure 8b: cap pendant le point fixe 2

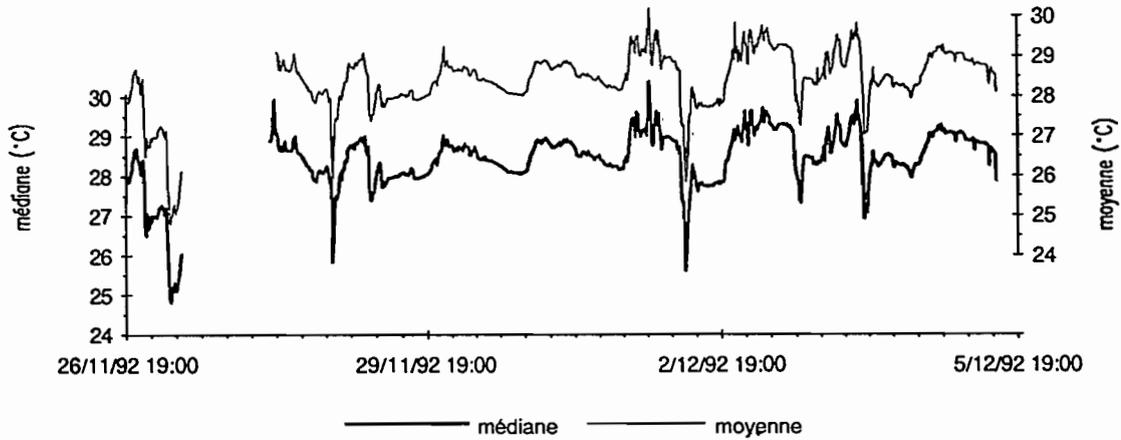


Figure 9a: température air sec (psychromètre CSIRO) pendant le point fixe 2. La moyenne (échelle de droite) est la mesure directement donnée par l'enregistreur de donnée, la médiane (échelle de gauche) est calculée sur PC.

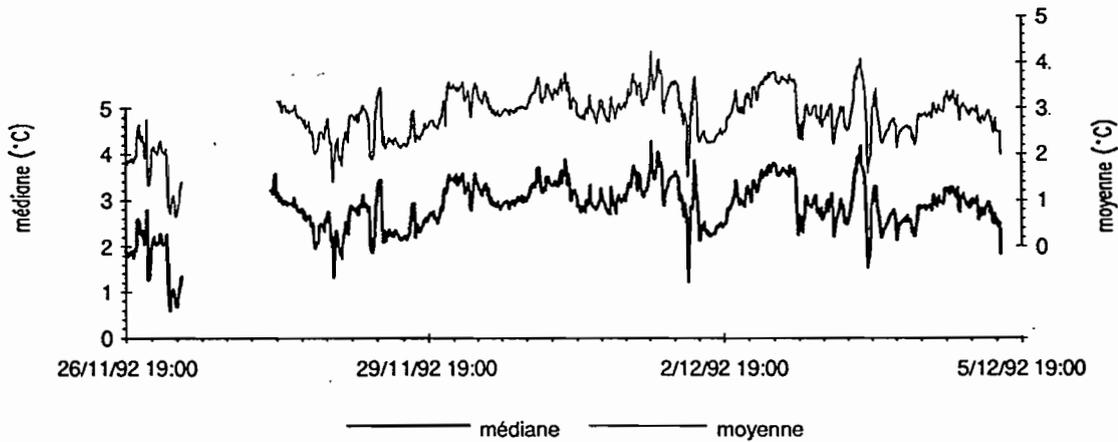


Figure 9b: delta T (température air sec - température air humide; psychromètre CSIRO) pendant le point fixe 2. La moyenne (échelle de droite) est la mesure directement donnée par l'enregistreur de donnée, la médiane (échelle de gauche) est calculée sur PC.

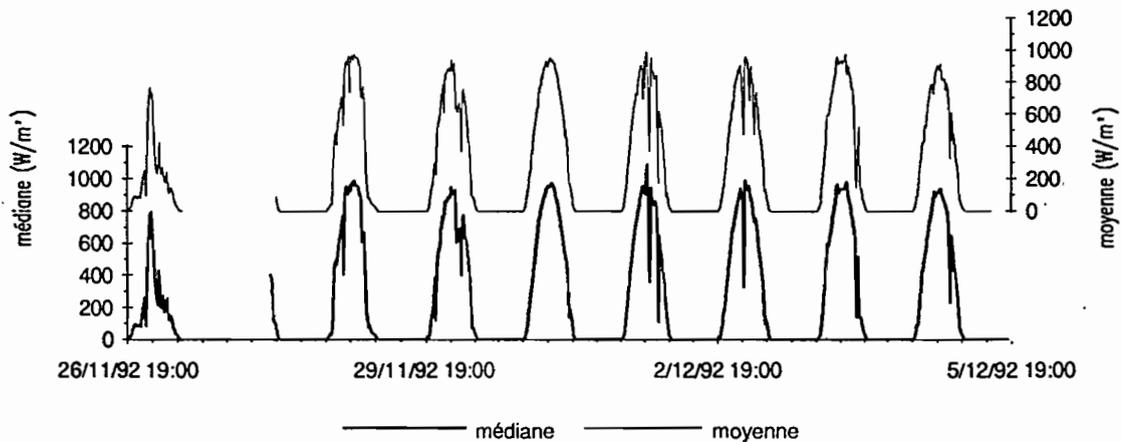


Figure 9c: rayonnement solaire incident (pyranomètre LICOR) pendant le point fixe 2. La moyenne (échelle de droite) est la mesure directement donnée par l'enregistreur de donnée, la médiane (échelle de gauche) est calculée sur PC.

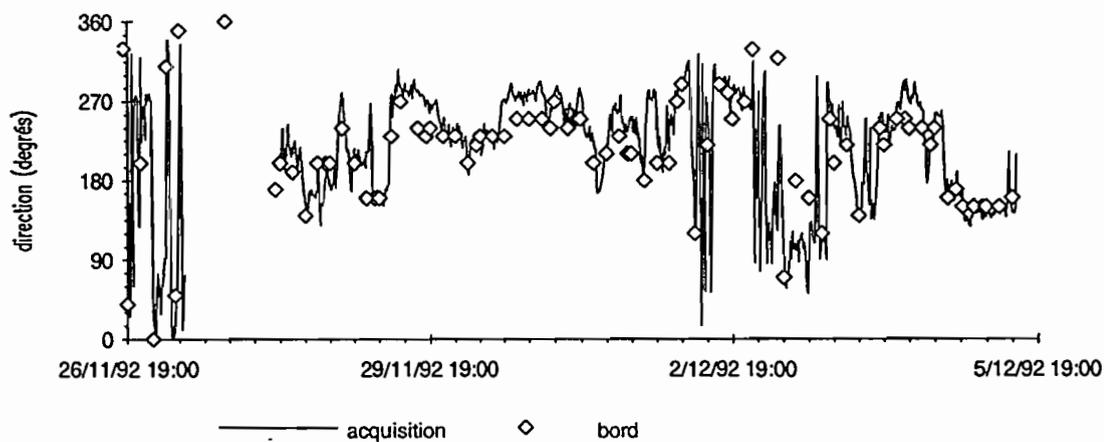


Figure 10a: direction du vent apparent pendant le point fixe 2. La ligne continue représente les médianes calculées, les losanges, les observations faites par le bord.

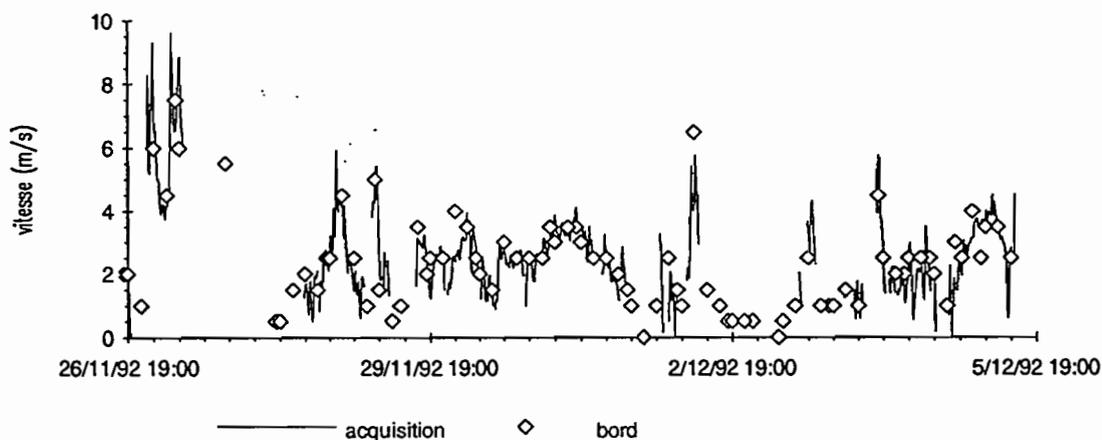


Figure 10b: vitesse du vent apparent pendant le point fixe 2. La ligne continue représente les médianes calculées, les losanges, les observations faites par le bord.

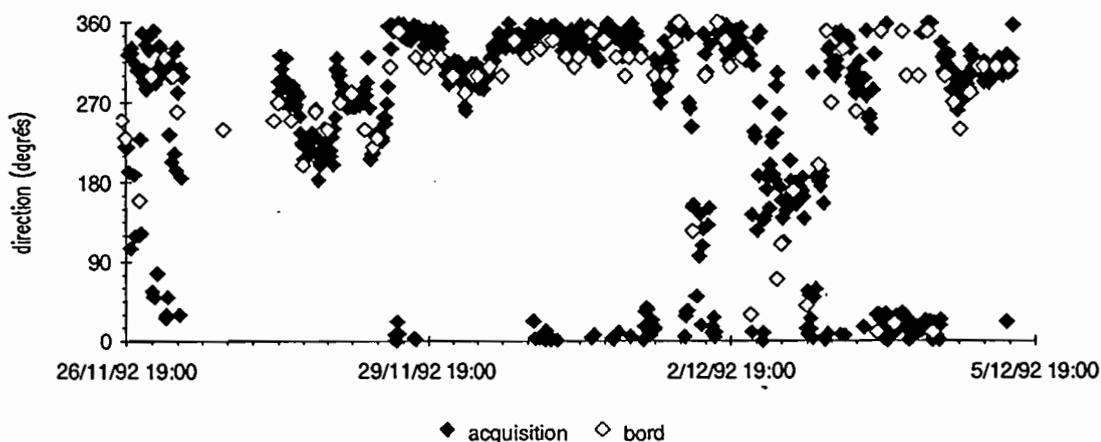


Figure 10c: direction du vent "vrai" pendant le point fixe 2. Les losanges noirs représentent les valeurs calculées, les losanges blancs, les observations faites par le bord.

METEOROLOGICAL MEASUREMENTS MADE FROM THE *ORSTOM* SHIP
"ALIS" AND THE *CSIRO* SHIP "FRANKLIN" DURING THE
INTERNATIONAL *TOGA-COARE* EXPERIMENT

Australia-France Collaboration - Preliminary Report April 1993

E F Bradley - CSIRO Centre for Environmental Mechanics, Canberra

Project Objectives

To make the best possible estimates of heat and moisture fluxes, and incoming radiation, in the western Pacific "warm pool" region, using the bulk meteorological method. To explore spatial variability of these fluxes from two identically instrumented ships operating simultaneously.

Background

During November 1992 to February 1993 an international Coupled Ocean-Atmosphere Response Experiment (COARE) took place in the western Pacific ocean, centred on (2°S, 156°E) (WCRP, 1990). The principal objective was to obtain accurate meteorological and oceanographic physical data for studies of climate change, El Niño etc. The western Pacific has been identified as the most significant region for global climate, hence the international interest; however, for both France and Australia climatic impacts in the region are of particular importance.

From November-December 1992 the Australian ship R/V "Franklin" participated with Frank Bradley and colleagues aboard measuring sensible and latent heat fluxes directly using turbulence equipment. This equipment is complex and can only operate intermittently, so measurements were also made continuously of the routine meteorological quantities needed to estimate heat and evaporative fluxes using so-called "bulk" formulae. We have discovered that the normal ship's meteorological equipment, even on board a research vessel such as "Franklin", is not accurate enough to achieve the resolution required for COARE; so special sensors were installed for the purpose.

The French research ship "Alis", with physical oceanographer Marie-Hélène Radenac on board, also planned to be in the experimental area from 3 November to 12 December, several days coincident with "Franklin". We therefore installed identical meteorological equipment on "Alis" to conduct a joint sub-project with several objectives:

1. To obtain comparative measurements over the experimental domain to estimate spatial variability of the fluxes.
2. Because "Alis" and "Franklin" differ considerably in size, we hoped to obtain information on possible errors caused by ship distortion.
3. Since the two ships will operate for different periods overall, a longer continuous record of measurement will be obtained for COARE.

Instruments

To overcome the inaccuracies inherent in ship's regular meteorological instruments, by virtue of their location and infrequent service, a special set of sensors was developed for use on "Franklin" during the TOGA-COARE expedition. These consisted of a sensitive anemometer/wind vane pair by McVan Instruments, chosen because of rugged brass construction and simple electrical systems. They were modified with the replacement of some stainless steel fittings and complete sealing of the cable connections - experience has shown corrosion of electrical contacts to be an insidious source of instrument failure at sea. Aspirated psychrometers developed at CEM were used for temperature and humidity measurement, rather than the Vaisala or Rotronics polymer absorption/capacitance sensors in common use for shipboard measurement. These have the advantage of unattended operation, but have poor resolution at the high humidities typical of the tropical Pacific. Provided accessibility to wash salt contamination from the wick, and power for the ventilating fan is available the wet/dry bulb principle can potentially achieve 0.01°C resolution.

These instruments were mounted on the well-exposed forward mast on "Franklin" rather than on the very cluttered main mast above the wheelhouse. A duplicate set was provided for "Alis"; in contrast, her main mast is well-exposed and has few other fixtures to interfere. Dr Bradley installed these instruments on "Alis" in Nouméa during September 1992 and provided instructions on their maintenance to the ORSTOM group. On "Franklin", the various components of radiation are measured independently using high-quality, and therefore very expensive, optical instruments. This was out of the question for "Alis", but since solar radiation is a dominant component of air-sea energy exchange, especially at low latitudes, she was equipped with a Licor pyranometer at the top of the mast. This is an inexpensive silicon cell detector developed for light studies in crops, and is often regarded as unsuitable for accurate solar radiation studies on account of a non-uniform spectral response. Nevertheless, the writer has compared these instruments with high-quality pyranometers in the past and found that, for most applications, this is not a serious limitation.

To ensure continuous time-series of fluxes into and out of the ocean, signals from all these essential sensors were recorded on each ship with a self-contained and powered data logger, so that if ship's power were lost or the central computer network crashed, a not infrequent occurrence, these signals would be secure. However, to more easily integrate the meteorological data with the ship's navigational data, recording was also made on each ship's data-logging system.

Prior to installation, all the instruments were calibrated against secondary standards in the CEM laboratory in Canberra; the anemometers in the large wind tunnel, and the psychrometer platinum resistance thermometers in a water bath. The Licor was compared with a Kipp pyranometer on the laboratory roof. Since returning from COARE, "Franklin's" instruments have been re-calibrated and show little change. "Alis" instruments will be similarly re-calibrated when Dr Bradley brings them back to Canberra after a visit to Nouméa in April 1993 to discuss some results of the experiment with the ORSTOM group. Until after these events, the following "first-pass" presentation of selected results must be regarded as preliminary.

Cruise details

From 12-22 November, "Alis" operated from a fixed station at 1°30S 156°15E, followed by a re-supply port call to Rabaul. From 27 November - 6 December she operated at 1°45S 156°10E, interrupted during 27-28 November by participation in an intercomparison exercise with "Franklin" and American and Japanese ships. From 23-27 November, "Franklin" worked around a drifting buoy near 2°30S 155°E making atmospheric and ocean measurements; she participated in the inter-ship comparisons before also leaving for Rabaul on 29 November. There were thus three periods during which "Franklin" and "Alis" overlapped in the COARE IFA (Intensive Flux Array), including the rather important ship intercomparison exercise which warrants a brief explanation.

Accurate air-sea momentum, sensible and latent heat flux measurement is the cornerstone of COARE objectives, but it is an extremely difficult measurement to make from shipboard. Only a small number of scientists believe that they have adequate technique to overcome the various problems of ship motion, air-flow distortion, instrumental accuracy etc. to measure fluxes directly, and nearly all (including the "Franklin" team) were involved in COARE. Intercomparison to test the various methods and instruments was therefore regarded as a vital component of the COARE program, such intercomparison to include "Alis" and the IMET buoy (at the centre of the IFA) both of which were equipped to measure bulk fluxes.

These intercomparisons were arranged by Gregg (U. of Washington), Takeuchi (Hokkaido U.) and Bradley in Tokyo during May 1992 and took place from 1000 UTC on Nov. 27 and 1000 UTC on Nov. 28. The procedure was basically as described in the COARE Operations Plan. "Franklin", "Alis", and "Hakuho-Maru" assembled in the operational area of "Moana Wave", near the IMET buoy. While H-M and M-W performed intercomparisons of their ocean microstructure instruments for the first three hours, F and A steamed into wind at three kts. to compare their identical meteorological packages.

During the rest of the period, five three-hour intercomparisons were made with all four ships steaming into wind separated cross-wind 1 mile apart. Some compromise on speed was necessary because M-W was hampered towing Gregg's profiler and H-M, a much larger vessel than the others, could not maintain a stable track below about 5 kts. "Alis" departed the area for her fixed station at about 0200/28 UTC. The operation proceeded smoothly and all ships were satisfied with the performance of their instruments during the period. From 0400 -0700 UTC the three turbo-prop aircraft based in Honiara also made several passes of the area on one of their boundary-layer missions. Weather conditions were ideal, with generally light winds, clear sky and smooth seas.

Preliminary results

We obtain sensible and latent heat fluxes from bulk formulae

$$H = \rho_a C_{pa} U C_H (\theta_s - \theta_a) ; \quad E = \rho_a L U C_E (q_s - q_a) \quad (1)$$

where ρ_a and C_{pa} are the density and isobaric specific heat of air, L is latent heat of vapourisation, U is mean wind speed, and θ and q the potential temperature and specific humidity of the air at 10 metres height and at the sea surface, according to the subscripts a and s respectively. C_H and C_E are bulk transfer coefficients for which a number of empirical forms have been proposed [Blanc, 1985]. For the convectively-driven, low wind conditions of the tropical west Pacific, Bradley *et al.* [1991] found support for the model of Liu *et al.* [1979, hereafter LKB]. LKB solve the similarity relationships for momentum, heat and moisture fluxes for the atmospheric surface layer under conditions of aerodynamically smooth flow, taking account of molecular conductivity and viscosity either side of the interface. The model and the supporting measurements both exhibit a substantial increase in both C_H and C_E as mean wind speeds fall below about 3 ms^{-1} . Over the period of light ($1-3 \text{ ms}^{-1}$) winds reported by Bradley *et al.*, [1991], this increased the estimate of turbulent fluxes by 28 Wm^{-2} compared with constant $C_H = C_E = 0.0013$ [Godfrey *et al.*, 1991].

From Equation (1) it is seen that additional data is required for the calculation of the fluxes; notably ship speed to correct the apparent wind speed and direction as measured by the wind set to obtain the true wind U , and measurements of ocean surface temperature to construct the sea-air temperature and humidity differences. "Franklin" had an infrared radiometer to measure true SST, but for the comparisons with "Alis" we use data from both ship's thermosalinographs.

Figure 1 shows this comparison, while the ships were steaming together. Both air and sea temperature agree extremely well over the entire intercomparison period, excepting at the end when both ships were stationary. Atmospheric humidity measured by "Alis" is systematically higher, by $1-2 \text{ g/Kg}$, than that measured on "Franklin". The reason for this may become clear when the instruments are compared at CEM. Since temperature agrees so well, it is unlikely to be caused by ship effects. Humidity depends on the wet bulb depression and is sensitive to ventilation speed and the water feed. As will be seen, the overall effect of this discrepancy on net energy flux is not severe. Sea surface humidity is not shown in Figure 1; it is calculated directly as the saturated value above the salt water, and is therefore directly related to SST. Therefore that comparison will be as good as that of sea temperature.

More disturbing is the discrepancy between wind speeds measured by the two ships, shown in Figure 2a. The overall pattern of wind speed variability is similar, but "Alis" values are generally 0.5 ms^{-1} higher than "Franklin's". The reverse would have been expected as wind flow accelerates over the bulkier ship. However, it is quite feasible that the larger ship creates blockage; until we perform the intended wind tunnel tests we cannot be sure. Prior to this Franklin's anemometer had been giving trouble; and, as we shall see from other data, the one on "Alis" may have been sticking (which would have

decreased the measured wind speed). So the situation is complicated; data from the other ships will no doubt shed some light on the problem. Also in Figure 2a, we note that the Licor radiation measurements agree very well with those of the high-quality instrument aboard "Franklin".

Figure 2b shows a comparison between sensible and latent heat fluxes calculated from Equation (1) using the LKB model for C_H and C_E . The difference is principally due to the discrepancy in wind speeds. The net heat flux, Q , into the ocean mixed layer through the surface is the resultant of radiative and turbulent components,

$$Q = (R_s \downarrow - R_s \uparrow) - (R_L \uparrow - R_L \downarrow) - H - E \quad (2)$$

The first bracketed term on the right is the net solar input [$= (1 - \alpha)R_s \downarrow$ where α is the shortwave albedo], the second bracketed term is the net thermal radiation, H and E the sensible and latent heat fluxes respectively. Assuming an albedo of 6% and a net outward longwave radiative flux of 45 Wm^{-2} (the average value measured by Franklin), we can construct the time series of air-sea energy flux using "Alis" data. This is shown in Figure 3a in comparison with "Franklin's" measurements for the entire intercomparison day. The final step, integrated energy input to the ocean surface mixed layer is given for the two ships in Figure 3b. In each case, the mixed layer is taken to be 40 metres deep and the radiation transmitted through that depth 7% of $R_s \downarrow$ (Paulson and Simpson, 1981; Lewis et al, 1990). Over this period the two integrations have diverged by an amount equivalent to only 20 Wm^{-2} , a very satisfactory result but fortuitously due to the dominance of the radiation component.

For interest, we have also compared observations from the two ships in their overlapping periods before and after the intercomparison. Exact relative positions have not yet been worked out, but their separation probably varied from about 30 to 60 miles. Figure 4a shows that "Alis" was in slightly warmer water than "Franklin"; or perhaps the fact that she was stationary affected water at the thermosalinograph intake. However, "Franklin" experienced a storm in which air temperature fell by 5°C and the wind gusted to 10 ms^{-1} (Figure 4b). This storm (or possibly another) was not felt at "Alis" position until about an hour later, and then considerably attenuated; however, "Alis" received a second such storm some 4 hours later which completely bypassed "Franklin". The comparative radiation patterns are radically different; after a promising start to the day, the storm obviously brought considerable cloud cover over "Franklin", clearing somewhat later in the afternoon. "Alis" radiation pattern is almost completely out of phase with this. Careful analysis of situations such as this will provide important information on the role of spatial variability in estimating air-sea fluxes on a variety of time scales.

The period immediately following "Franklin's" port call was marked by a series of fairly clear days. Despite being well separated, observations by the two ships of SST, air temperature and humidity, and radiation are very similar, particularly as regards the diurnal cycle (Figure 5a,b). The wind speed patterns, however, are quite different and rather puzzling. They seem to suggest that the anemometer on "Alis" was "sticking", requiring a significant gust to start the rotor turning. The fact that the bursts of wind are coincident with sudden drops in air temperature (i.e. storms) tends to support this theory. One important difference is that "Alis" was anchored, while "Franklin" cruised

continuously at around 8 kts., so that her anemometer rotor was never becalmed. Again, resolution of this problem must await examination and recalibration of the instrument.

Summary

Preliminary comparison of meteorological data from "Alis" and "Franklin" during TOGA-COARE indicates that air and sea surface temperature, and radiation measurements agree extremely well. There are differences in the measurement of atmospheric humidity and true wind speed which are as yet unexplained. "Alis'" psychrometer has yet to be recalibrated, and comparison with data from other sources will also be used when available to verify the performance of instruments on both ships. "Bulk" flux calculations of latent and sensible heat fluxes have been made, and combined with the radiation measurements to produce time series of air-sea energy exchange. These are very similar for the two ships, even at this early stage of data analysis. The small-scale variability of meteorological conditions, which is a significant feature of the western equatorial Pacific warm pool, is already evident in samples of data when the two ships were separated by a few tens of kilometres. It is clear that the observations made aboard "Alis" are an important contribution to the meteorology and air-sea flux data set for COARE.

References

Blanc, T.V., Variation of bulk-derived surface flux, stability and roughness results due to the use of different transfer coefficient schemes, *J. Phys. Oceanogr.*, 15, 650-659, 1985.

Bradley, E.F., P.A. Coppin, and J.S. Godfrey, Measurements of sensible and latent heat flux in the western equatorial Pacific Ocean, *J. Geophys. Res.*, 96 supplement, 3375-3389, 1991.

Lewis, M.R., M.-E. Carr, G.C. Feldman, W. Esias, and C. McLain, Satellite estimates of the influence of penetrating radiation on the heat budget of the equatorial Pacific Ocean, *Nature*, 347, 543-545, 1990.

Liu, W.T., K.B. Katsaros and J.A. Businger, Bulk parameterization of air-sea exchanges of heat and water vapour including the molecular constraints at the interface, *J. Atmos. Sci.*, 36, 1722-1735, 1979.

Paulson, C.A. and J.J. Simpson, The temperature difference across the cool skin of the ocean, *J. Geophys. Res.*, 86, 11044-11054, 1981.

WCRP, Scientific Plan for the TOGA-Coupled Ocean-Atmosphere Response Experiment, WMO/TD 64 Addendum, WCRP Publ. Ser. 3 Addendum, World Climate Research Program, Geneva, 1990.

Intercomparison 27-28 Nov 1992

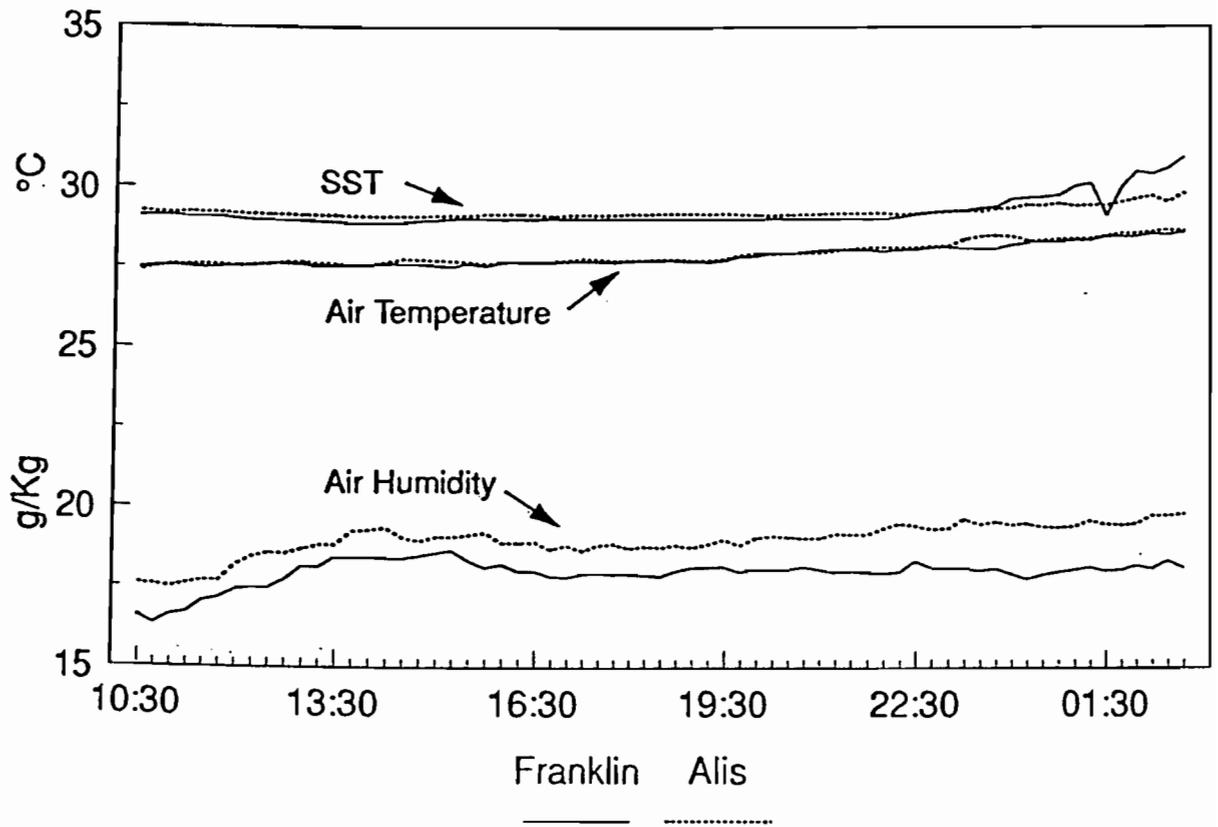


Figure 1. Comparison between air and sea temperatures measured by "Alis" and "Franklin" when the ships were steaming parallel tracks.

Intercomparison 27-28 Nov 1992

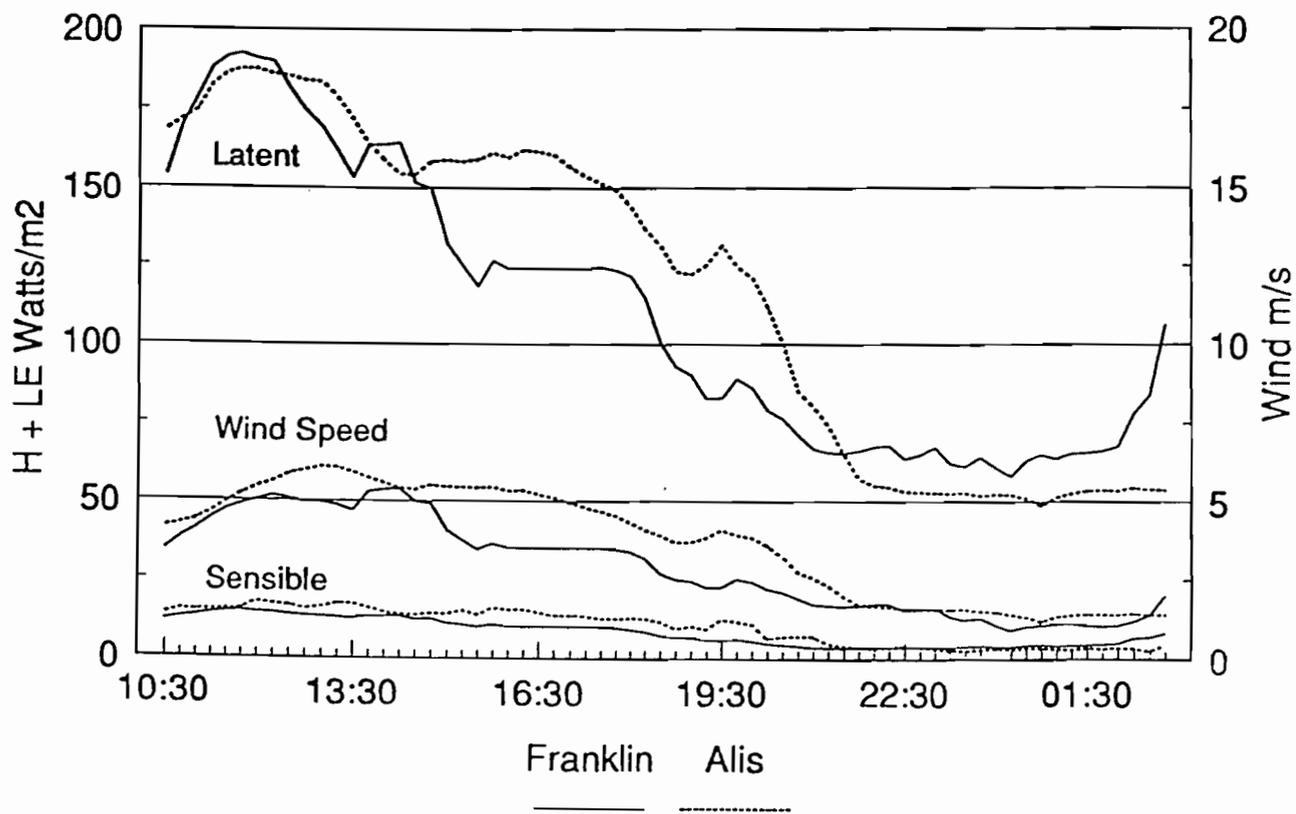
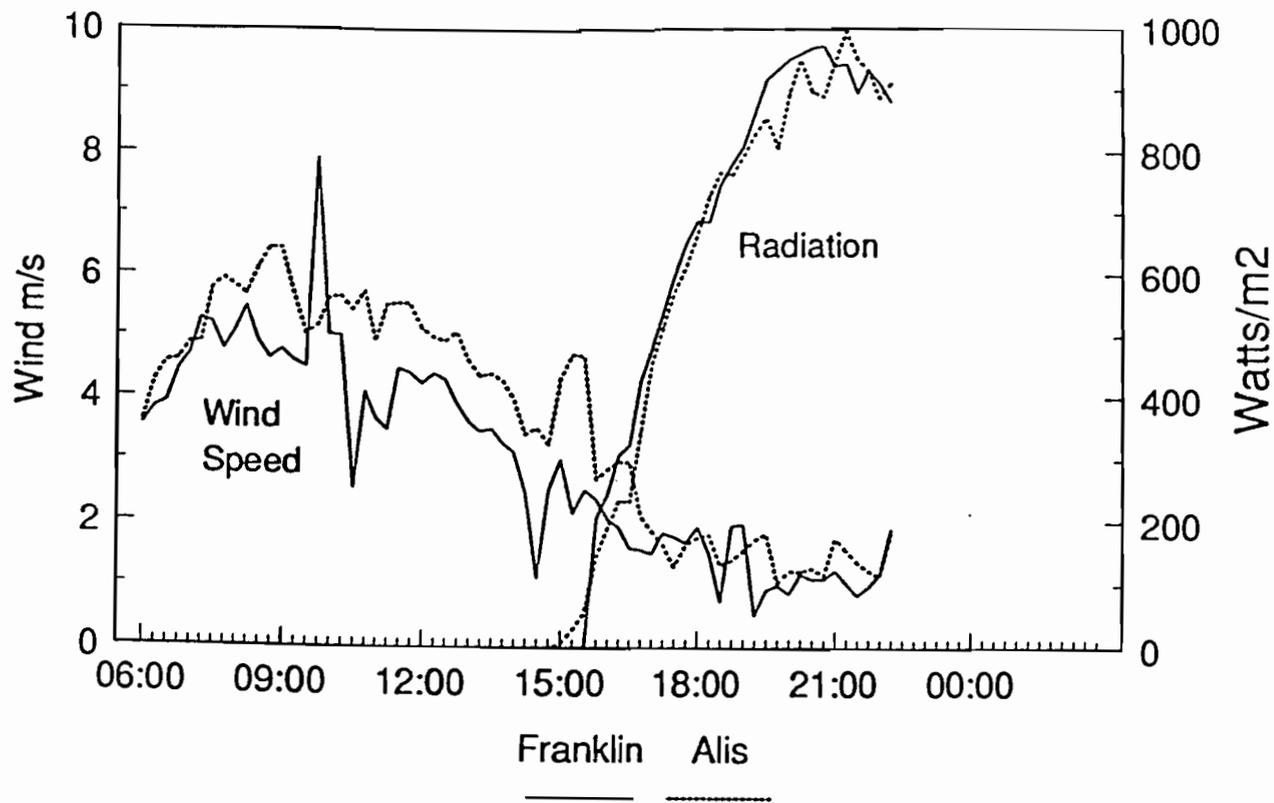


Figure 2. a) As Figure 1, for short-wave radiation and wind speed.
 b) Bulk calculations of sensible and latent heat flux.

Intercomparison 27-28 Nov 1992

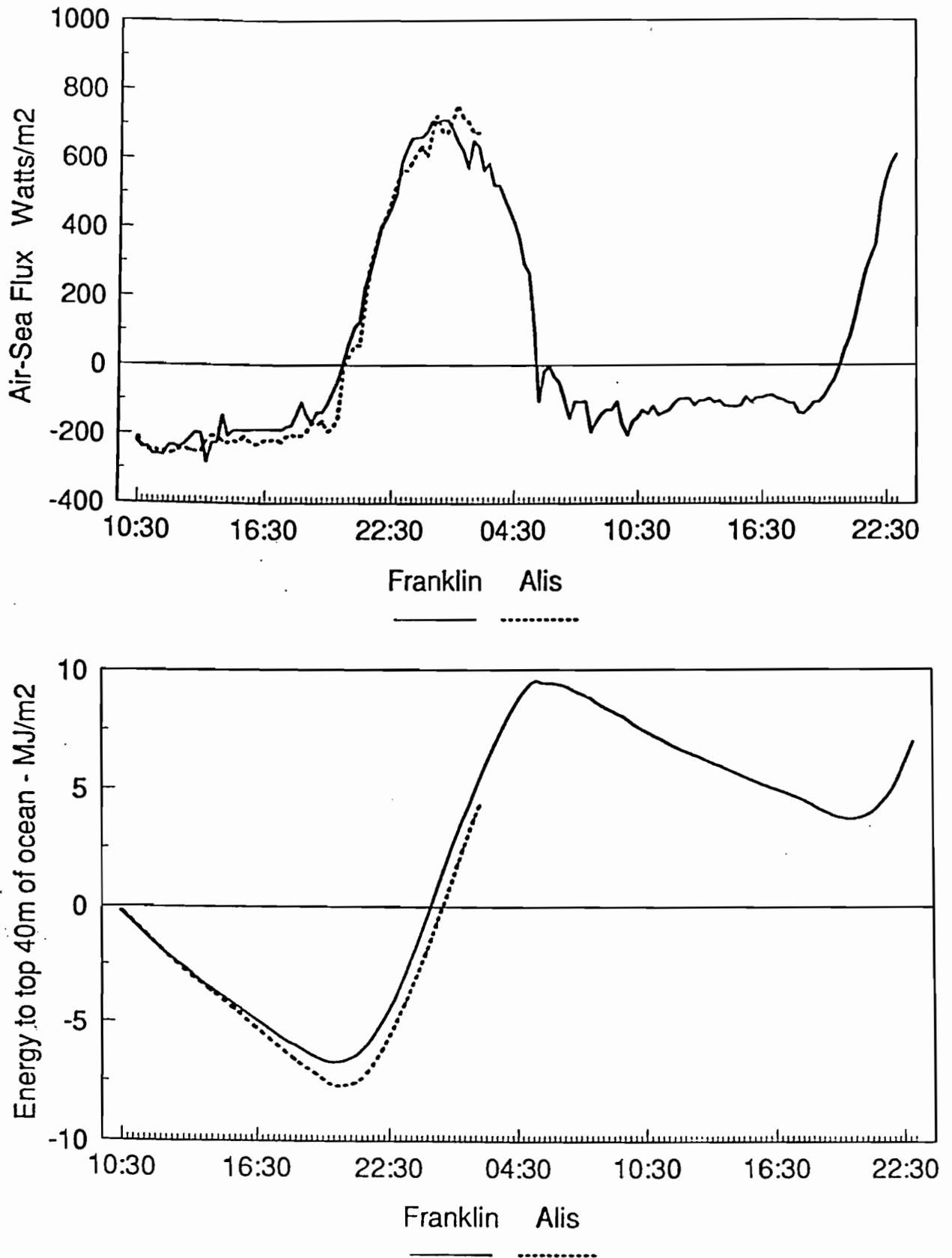
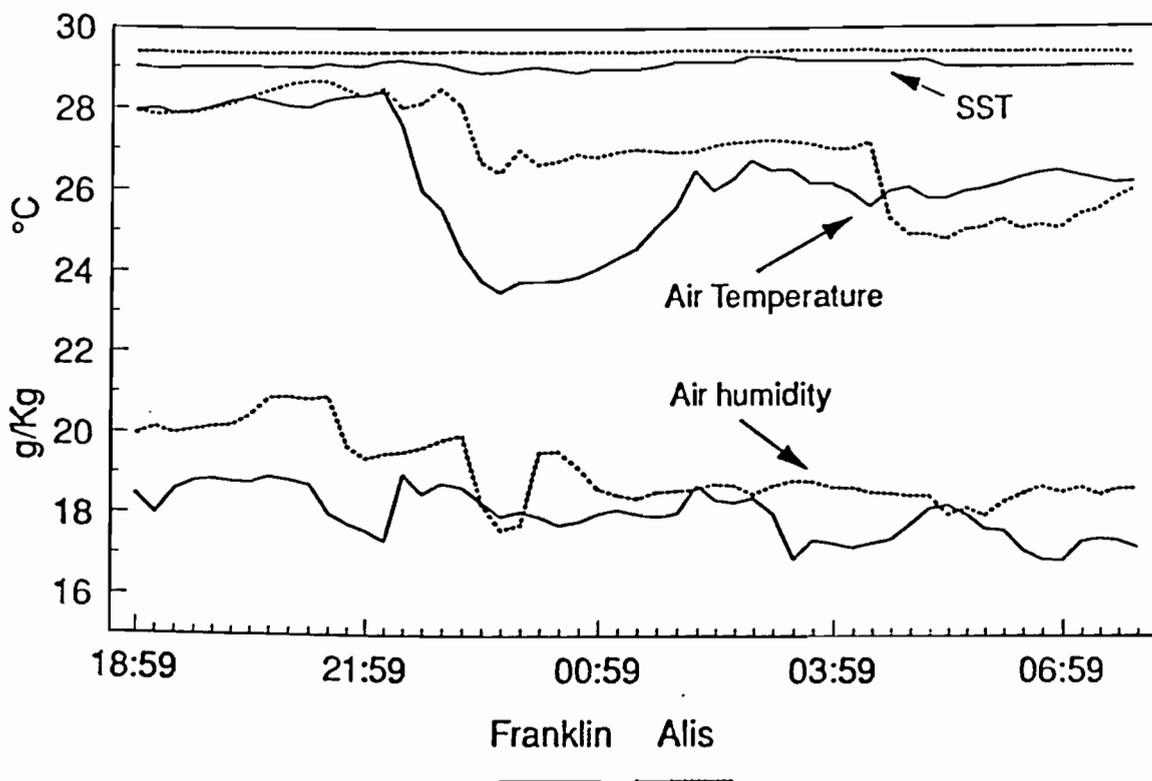


Figure 3. Comparisons of; a) time series of total air-sea fluxes; b) integrated energy into surface mixed layer.

Met. data 26-27 Nov. 1992



Wind and radiation 26-27 Nov. 1992

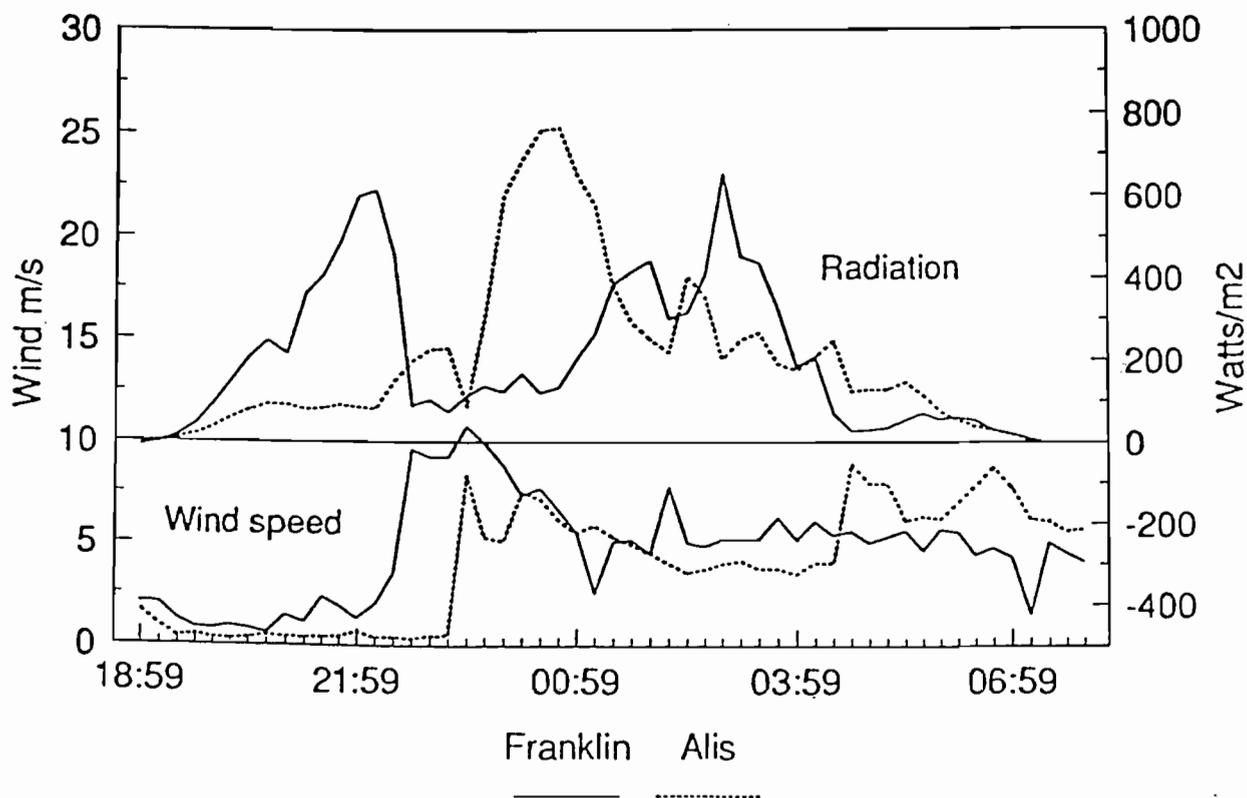


Figure 4. Comparison of meteorological measurements by the two ships at different locations in the IFA, 26-27 November 1992.

Alis of Franklin 1-5 Dec. 92

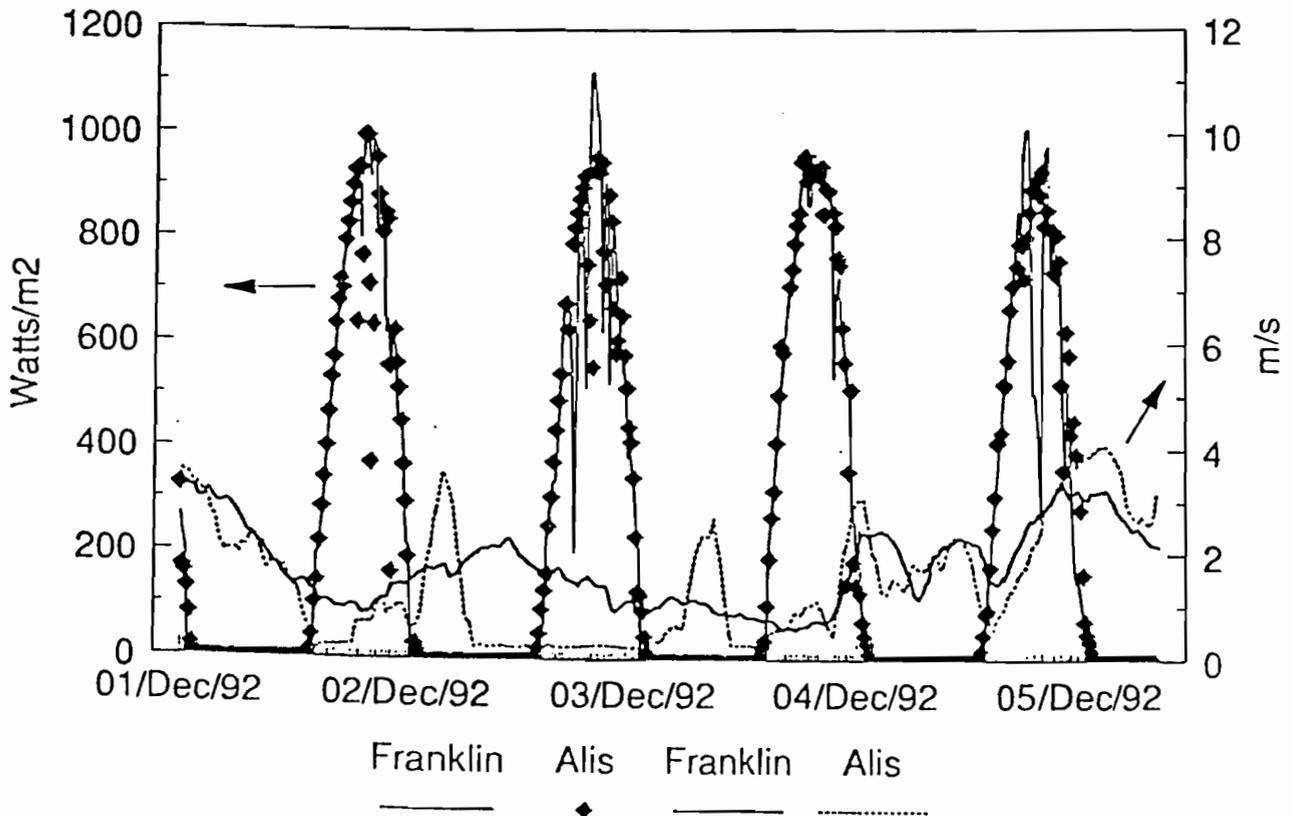
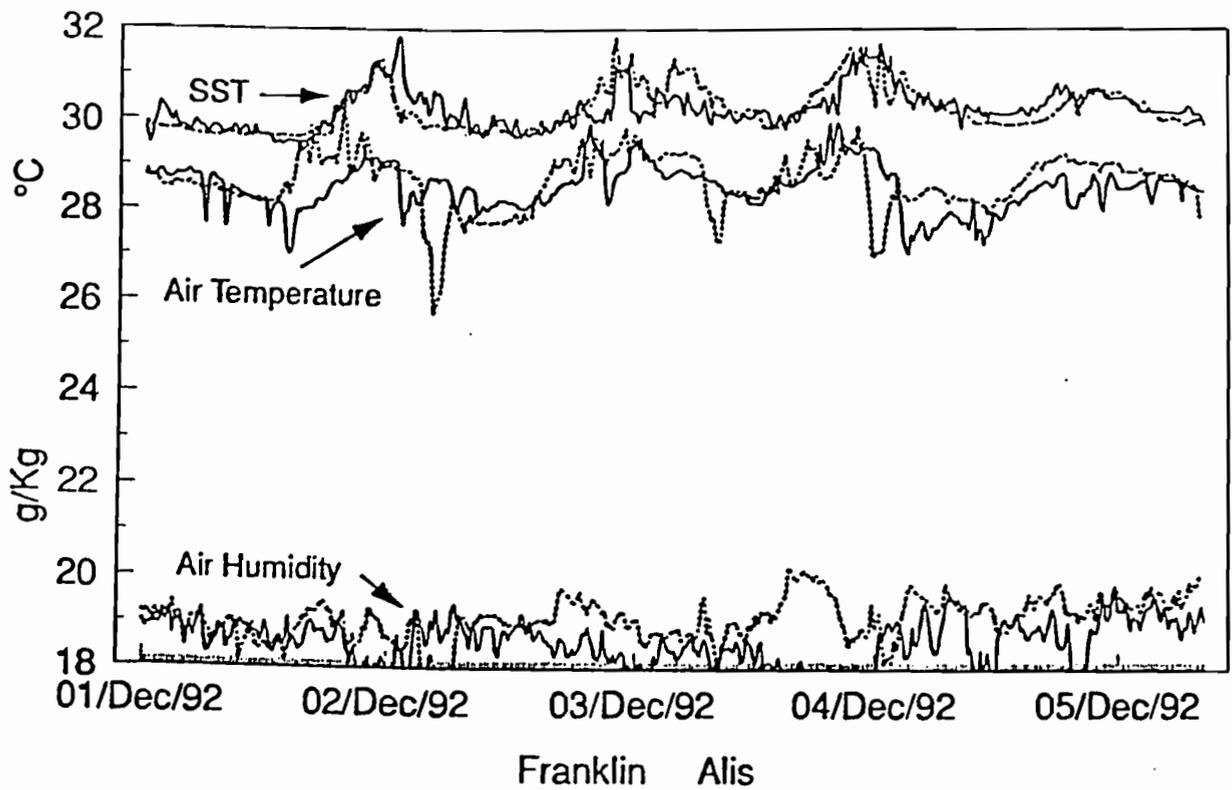


Figure 5. As Figure 4, 1-5 December 1992.

Rapport de mission
de Joël Picaut
au Centre Opérationnel TOGA COARE
de Townsville
(1-22 novembre 1992)

Ma mission à Townsville a eu pour but de participer à l'ISOT (International Scientific Oversight Team) du Centre Opérationnel TOGA COARE et de développer les contacts avec les scientifiques Australiens impliqués dans le programme TOGA COARE. Ces contacts ont été rendus possible avec la participation de Greg Holland (BMRC, Melbourne) à l'ISOT, la participation d'une forte communauté Australienne au Centre de Préviation TOGA COARE et la venue à Townsville du navire océanographique Franklin pour préparer une campagne dans le cadre du programme TOGA COARE.

Comme tous les représentants nationaux du TOGA COARE Panel, il m'a été demandé de participer à l'ISOT pendant une partie de la Période d'Observations Intensives (IOP) de TOGA COARE (1^{er} novembre 1992 - 28 Février 1993). Compte tenu du faible nombre de membres du TOGA COARE Panel (deux Américains, deux Australiens, un Chinois, un Français et deux Japonais), des scientifiques seniors sélectionnés par le TOGA COARE Panel ont complété l'ISOT. Ainsi pendant mon séjour à Townsville, l'ISOT était composé de trois membres du TOGA COARE Panel : Greg Holland, Peter Webster (Program in Atmospheric and Oceanic Sciences, University of Colorado) et moi même, complété par Richard Johnson (Department of Atmospheric Sciences, Colorado State University).

Le TOGA COARE Panel est responsable du bon déroulement scientifique du programme TOGA COARE (TOGA COARE Panel, 1990). Durant l'IOP, le TOGA COARE Panel a été représenté par l'ISOT. L'ISOT est responsable devant le WCRP (World Climate Research Programme), via le TOGA COARE Panel et le TOGA SSG (Scientific Steering Group), pour garantir, dans la mesure du possible, la réalisation des objectifs scientifiques de TOGA COARE. Plus généralement l'ISOT est aussi responsable devant l'ensemble des scientifiques TOGA COARE de l'équilibre entre les intérêts scientifiques individuels et l'intérêt collectif de la communauté TOGA COARE. David Carlson, directeur du TCIPPO (TOGA COARE International Project Office), est de fait directeur des opérations TOGA COARE. Il est donc responsable de la réalisation de ces opérations telles qu'elles ont été définies dans le plan d'opérations (TCIPPO, 1992)

supervisé par le TOGA COARE Panel. Il est conseillé directement par l'ISOT et éventuellement par les représentants des organisations internationales, finançant le programme TOGA COARE, présents à Townsville.

Le principal centre opérationnel de TOGA COARE a été basé à Townsville dans les locaux de la Royal Australian Air Force (RAAF). Durant mon séjour, le DC8 et l'ER2 de la NASA n'étant pas encore à Townsville, l'ensemble du personnel du centre se composait d'une trentaine de personnes. Une partie des avions de recherche étant basés à Honiara, un deuxième centre opérationnel, doublé d'une base scientifique et technique pour les opérations aériennes et de sondages, a été installé à Honiara. L'équipe technique et administrative présente au Centre Opérationnel TOGA COARE de Townsville a été encadrée par un certain nombre de responsables ou coordinateurs :

- délégué directeur des opérations (Emmanuel Gus). Il assure l'intérim éventuel du Directeur des Opérations et coordonne toutes les opérations aériennes.

- responsables de l'équipe de prévision météorologique (Alexander David et Bond Greg). Ils fournissent les rapports de prévision journalière, pour la réunion journalière de préparation des opérations en cours, pour les opérations aériennes et pour les navires en mer, et assurent le suivi des observations météorologiques durant l'IOP.

- coordinateur des opérations océaniques (David Moeller). Il coordonne toutes les opérations se rapportant aux navires de recherche, assure le suivi des mouillages et des positions des bouées dérivantes.

- coordinateur des sites de surface (Brigitte Baeuerle). Elle suit toutes les opérations se rapportant aux sites de surface et s'assure du bon fonctionnement de l'ensemble des sites.

- coordinateur des données (Katherine Bouton). Elle assure le suivi des données collectées en temps réel et construit un catalogue de toutes les données.

- coordinateur des communications (Jim Menghi). Il s'assure du bon fonctionnement des divers moyens de communication et coordonne les communications avec les avions.

- coordinateur de la logistique (Karyn Sawyer). Elle supervise toutes les fonctions administratives des centres opérationnels de Townsville et d'Honiara : suivi financier, mouvement de personnel, expédition de matériel, logement...

Chaque jour à 8h30 l'équipe technique et administrative du Centre Opérationnel se réunit pour discuter des tâches de la journée et préparer la réunion générale du centre pour les opérations en cours. Cette seconde réunion concerne toutes les équipes scientifiques, techniques et administratives présentes à Townsville et a lieu tous les jours à 14h00 dans la salle de briefing de la RAAF. Elle consiste tout d'abord en un rapport bref du directeur du centre sur les opérations effectuées durant les dernières 24

heures. L'état des mouillages, des bouées dérivantes et des mesures de sondages est ensuite présenté et discuté. Le cas échéant des propositions sont élaborées par le directeur du centre opérationnel et l'ISOT pour résoudre au mieux les problèmes posés (par ex. récupération de mouillage en dérive, réparation de matériel sur bouée ou de station de sondage). Ensuite un des responsables du centre de prévision TOGA COARE présente un rapport détaillé sur les conditions météorologiques des derniers cinq jours et les prévisions pour les 24-48 heures. A partir de toutes ces informations le directeur du centre opérationnel, en concertation avec les membres de l'ISOT, propose une stratégie pour les opérations des prochains jours (opérations aériennes, intercalibration avec les navires...). Finalement les stratégies proposées sont discutées pour être compatibles au mieux pour atteindre les objectifs scientifiques de TOGA COARE. A la suite de cette réunion tous les moyens sont mis en oeuvre pour prévenir les responsables des différentes missions aériennes et en mer et coordonner les opérations décidées. Des discussions supplémentaires ont lieu avec les responsables scientifiques et techniques du centre opérationnel d'Honiara pour décider de l'exécution finale des opérations aériennes, au vu des tous derniers relevés météorologiques.

Durant cette mission j'ai participé activement à l'ISOT et aidé au bon déroulement de certaines opérations scientifiques. En coordination avec Yoshi Kuroda (représentant Japonais à l'ITPO), j'ai aidé à la récupération avec le N/O Kayo du mouillage PROTEUS FU-7, mis en place en août 1992 par le N/O Le Noroit. Au bout des dix premiers jours de l'IOP le mouillage IMET, équipé d'un ensemble complet de mesures océan-atmosphère au centre de l'IFA (Intensif Flux Area) ne transmettait plus d'information. Une intervention du N/O Wecoma ayant montré une défaillance des liaisons interne au mouillage, compte tenu de l'importance de ce mouillage pour TOGA COARE, j'ai proposé que le N/O Le Noroit assure une réparation avec une équipe de Woods Hole durant le premier leg de la mission COARE-POI. Parallèlement, j'ai discuté avec les deux océanographes permanents au Centre Opérationnel, Yoshi Kuroda (JAMSTEC, Japon) et Dunxin Hu (Academia Sinica, Qingdao, République Populaire de Chine), des premières mesures océanographiques. Il a ainsi été décidé qu'un résumé hebdomadaire des premières observations océanographiques serait mis en place au Centre Opérationnel à partir des rapports journaliers des navires. J'ai aussi amélioré mes connaissances en météorologie tropicale grâce à des discussions avec Greg Holland et Peter Webster ainsi qu'avec des membres australiens du Centre de Prévision TOGA COARE. Les discussions sur les différentes classes de nuages et la préparation des missions aériennes par les équipes d'atmosphériciens présents à Townsville m'ont permis de mieux réaliser l'importance de ces phénomènes à relative haute fréquence (la journée) sur l'interaction océan-atmosphère dans la zone de flux intensif (IFA) de COARE centrée à 2°S-156°E.

Du 15 au 19 novembre le navire océanographique Franklin du CSIRO d'Hobart a fait escale à Townsville avant de partir pour l'IFA pour une première campagne d'un mois. A l'occasion de plusieurs visites à bord j'ai amplement discuté avec Stuart Godfrey, chef de mission (CSIRO-Hobart), Matthias Tomczack (Flinders University), Frank Bradley et Peter Coppin (CSIRO-Canberra) de leur participation au programme COARE et de la coopération avec le Centre ORSTOM de Nouméa. Le N/O Franklin était particulièrement bien instrumenté pour mesurer les flux à l'interface avec une précision suffisante pour espérer calculer le bilan de chaleur du réservoir d'eaux chaudes du Pacifique Ouest. En particulier nous avons discuté des opérations avec le Seasoar et des mesures de flux à partir d'instruments montés à l'avant du Franklin. Frank Bradley, chargé de ces mesures de flux, a d'ailleurs équipé le N/O Alis de l'ORSTOM de certain de ces capteurs lors d'une visite à Nouméa en août 1992, dans le cadre de la coopération franco-australienne (Cf. rapport de Marie-Hélène Radenac).

REFERENCES

- ITCPO, 1992: TOGA COARE Operations Plan, *TOGA COARE International Project Office*, UCAR, Boulder, Colorado.
- TOGA COARE Panel, 1990: Scientific Plan for the TOGA Coupled Ocean-Atmosphere Response Experiment, *WMO/ITD 64 Addendum*, *WCRP Pub. Ser. 3 Addendum*, World Res.Prog., Genève.

**Participation du Groupe SURTROPAC
à la 4^{ème} Conférence Internationale sur la Météorologie
et l'Océanographie de l'Hémisphère Sud,
à Hobart, Tasmanie, Australie.**

Gérard Eldin

La conférence

La Quatrième Conférence Internationale sur la Météorologie et l'Océanographie de l'Hémisphère Sud s'est tenue du 29 mars au 2 avril 1993, à Hobart, Tasmanie, Australie. Elle était organisée conjointement par l' "Australian Meteorological and Oceanographic Society", l' "American Meteorological Society" et soutenue par l'Académie des Sciences Australienne, la Commission Océanographique Intergouvernementale et l'Organisation Météorologique Mondiale.

Il s'est développé ces dernières années un intérêt croissant pour les interactions complexes entre l'atmosphère et l'océan, qui déterminent une grande partie de leur variabilité climatique aux échelles allant de l'heure au siècle. Ces interactions sont particulièrement importantes dans l'Hémisphère Sud, par l'immense étendue de sa surface océanique. Cet intérêt s'est concrétisé par deux des principaux programmes d'observations en cours, WOCE et TOGA-COARE. Le but de la conférence était donc d'encourager la communication entre océanographes et météorologistes intéressés par l'Hémisphère Sud, en incluant des contributions des deux disciplines dans chacune des sessions. Sept grands thèmes ont été retenus: circulation générale, changements climatiques, TOGA-COARE et études tropicales, cycles chimiques, prédiction numérique et analyse, recherches régionales, et environnement Antarctique. Plus de 300 présentations ont été acceptées, issues d'une vingtaine de pays.

Quatre chercheurs du Groupe SURTROPAC (T. Delcroix, G. Eldin, C. Hénin, P. Rual) ont pris part à cette conférence, avec le soutien financier du fonds de coopération franco-australien.

Contributions du Groupe SURTROPAC

Le Groupe SURTROPAC a présenté, ou participé à, une communication orale et trois posters, représentant chacun un des domaines d'intérêts du groupe. Ces travaux sont pour la plupart le fruit d'une collaboration internationale, qui inclue en particulier des scientifiques australiens.

- Delcroix T., G. Eldin, M. McPhaden, A. Morlière: Effects of westerly wind bursts upon the western equatorial Pacific Ocean, February-April 1991, (oral).
Les données des campagnes océanographiques organisées par le groupe, et celles obtenues grâce à la participation au réseau international de mouillages TOGA-TAO ont permis de préciser la réponse du Pacifique ouest au forçage atmosphérique. Les variations de transport du système des courants équatoriaux associées aux renverses des vents sont particulièrement notables, ainsi que les variations de température et salinité de surface qui influent sur les échanges océan-atmosphère.
- Eldin G., T. Delcroix, C. Hénin, K. Richards: First results on the large-scale current and hydrology structures during the COARE IOP, (poster).

De décembre 1992 à février 1993, la campagne COARE-POI du N.O. Le Noroît à fournit le contexte à grande échelle de la période intensive du programme international COARE à forte participation australienne. Les premiers résultats montrent en particulier la diminution du contenu thermique du Pacifique Ouest associée la variabilité des courants zonaux durant cette période.

- Porte V., C. Hénin: Seasonal and interannual rainfall/sea surface salinity relations in the tropical Pacific Ocean (poster).
A partir de mesures satellitaires de nébulosité (OLR) et des données de salinité de surface recueillies par navires marchands, il est montré que les variations de pluviométrie et de salinité de surface sont étroitement liées aux échelles saisonnières et interannuelles.
- Bailey R., K. Hanawa, D. Roemmich, P. Rual, A. Sy, M. Szabados, J. Withrow: Evaluation of the accuracy of expendable oceanographic probes and their associated recording systems for climate research, (poster).
Il existe plusieurs réseaux de navires marchands effectuant des observations volontaires par sondes thermométriques à têtes perdues (XBT) à travers l'océan mondial. Les performances des XBTs utilisés par les réseaux australiens, allemands, américains et français sont comparées, et les problèmes d'intercalibration entre les différents types d'XBTs sont discutés.

Contacts franco-australiens

Un mois après la fin de la période d'observations intensives de COARE, cette conférence a été la première occasion de rencontre entre les scientifiques des pays participant à cette expérience, en particulier entre australiens et français.

Pendant COARE, les océanographes de l'équipe de S. Godfrey, du CSIRO, ont effectué des mesures de structure fine de température à l'interface océan-atmosphère. Ces mesures montrent les forts gradients de température qui peuvent exister dans les premiers mètres par temps calme, et qui ne sont pas directement perceptible par les mesures classiques à la sonde CTD. La mise en commun de nos bases de données dans le cadre de COARE permettra une meilleure compréhension des échanges océan-atmosphère.

Avec les météorologistes du BMRC à Melbourne (K. Puri et al) nous avons comparés les données de vent produites par les modèles et les différentes mesures sur le terrain, obtenues par sondages ou à bord des navires océanographiques. La encore, la mise en commun et l'étude conjointe de ces données sera indispensable pour appréhender les mécanismes du forçage atmosphérique de l'océan dans la région.

En résumé, la participation à cette conférence a permis de resserrer les liens entre le Groupe SURTROPAC et les océanographes et météorologistes australiens. L'exposé des travaux du groupe a réaffirmé la qualité et le niveau international des recherches menées à Nouméa. Les discussions informelles entre scientifiques sur des sujets comme l'étude des interactions océan-atmosphère dans le Pacifique Ouest vont servir de bases à de futures coopérations plus développées.

**Rapport de mission
de P. Rual
à Hobart**

(19 mars - 3 avril 1993)

Introduction

J'ai participé à Hobart, à trois réunions internationales, impliquant toutes plusieurs organismes australiens. La première était une réunion du Groupe d'Experts sur le Contrôle de Qualité des Systèmes Automatiques du Système Mondial Intégré des Services Océaniques (IGOSS / TT-QCAS), dont le but était la définition d'une nouvelle formule de calcul de la profondeur des bathythermographes à tête perdue (XBT). Une publication commune est en cours de rédaction. La deuxième était une autre réunion IGOSS sur les réseaux océanographiques d'observations à partir de bateaux marchands, dont la France, l'Australie et les États Unis d'Amérique, sont les principaux opérateurs. La troisième était la 4^{ième} Conférence Internationale sur l'Océanographie et la Météorologie de l'Hémisphère Sud. Un "poster" commun y a été présenté.

Cette visite a été l'occasion de poursuivre une collaboration ancienne avec l'équipe d'océanographie physique de la division d'océanographie de la Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO), en particulier avec Rick Bailey, Gary Meyers et Paul Boulton.

Groupe d'Experts sur le Contrôle de Qualité des Systèmes Automatiques du Système Mondial Intégré des Services Océaniques

Les membres de cette équipe d'experts, dont je fais partie ainsi que Rick Bailey du CSIRO, ont depuis plusieurs années, fait des comparaisons en mer entre les sondes océanographiques précises utilisées pendant les missions sur les navires de recherche, et les bathythermographes à tête perdue (XBT) utilisés principalement sur des navires non spécialisés. Le but de cette réunion était de terminer la mise au point d'une publication commune sur une nouvelle méthode de détermination de l'erreur de calcul de la profondeur des XBT, indépendante de l'erreur de température. Une nouvelle formule de calcul de la profondeur des sondes XBT, modèles T-4, T-6 et T-7 des constructeurs Sippican et TSK, y est proposée pour adoption par la communauté internationale (Voir à la fin de ce rapport le résumé provisoire de cette publication, non encore soumise à un journal).

Le CSIRO en Australie et l'ORSTOM en France ont beaucoup travaillé sur ce problème ainsi que sur le problème plus général du contrôle de qualité des données

XBT à bord des navires, avant envoi des bathymessages vers le Système Mondial de Télécommunication (SMT) de l'Organisation Météorologique Mondiale (OMM). Le CSIRO a adopté le système développé par l'ORSTOM et CLS-ARGOS à Toulouse, pour transmettre les bathymessages en temps réel. Je suis à l'origine du logiciel de contrôle de qualité du profil thermique avant calcul du bathymessage. J'ai eu de longues discussions avec l'équipe XBT du CSIRO pour définir les tests nécessaires dans les différentes régions océaniques, en particulier dans les régions polaires, et pour améliorer l'ensemble du logiciel dans une version future qui intégrerait les derniers équipements comme le Mark 12 de Sippican.

5^{ème} Réunion Commune COI-OMM pour la Mise en Oeuvre des Programmes XBT Utilisant des Bateaux Marchands pour le Système Mondial Intégré des Services Océaniques

Le but de cette réunion était de faire le point et d'harmoniser les réseaux d'observations océanographiques à partir des bateaux marchands. Pour nous le problème principal était l'harmonisation avec les australiens et les américains, du réseau XBT de l'océan Pacifique. Il y eu aussi une information réciproque sur les nouveaux produits comme les nouvelles sondes de conductivité et température (XCTD) testées par les australiens, les américains et les allemands, ou les thermosalinographes installés depuis deux ans sur des bateaux marchands par l'ORSTOM.

4^{ème} Conférence Internationale sur l'Océanographie et la Météorologie de l'Hémisphère Sud

Avec Rick Bailey et les autres membres de la TT-QCAS, nous avons présenté un "poster", réalisé au CSIRO, sur "Evaluation of the Accuracy of Expendable Oceanographic Probes and their Associated Recording Systems for Climate Research". Cette présentation a eu lieu pendant la session sur les Prédictions Numériques et les Techniques d'Observations.

Conclusion

L'ORSTOM et le CSIRO participent à beaucoup de programmes communs ou complémentaires. Ils utilisent des techniques souvent mises au point en commun, et cela depuis fort longtemps puisque les premiers contacts et missions en mer communes datent des années 1950! Cette mission à Hobart a été l'occasion de concrétiser quelques un des points de coopération entre le groupe SURTROPAC du laboratoire d'océanographie physique du centre ORSTOM de Nouméa et la division d'océanographie du CSIRO à Hobart.

**Revised Depth-Time Equation
for Sippican or TSK
T-7, T-6 and T-4
Expendable Bathythermographs
(XBT's)**

by

K.Hanawa, R.Bailey, P.Rual, A.Sy, and M.Szabados

Abstract

A revised depth-time equation for Sippican and Tsurumi-Seiki (TSK) T-7, T-6, and T-4 type expendable bathythermographs (XBT's) is presented based on the results of an internationally co-ordinated set of controlled XBT-CTD comparison experiments. These experiments were designed to resolve the discrepancies in the revised depth-time equations of previous investigators and were geographically distributed over as many different water masses as possible to assess the possible influence that density structure may have on the XBT fall rate.

A newly developed temperature-error-free method is applied to the data-set to obtain depth difference information between the CTD and the uncorrected XBT data. The accuracies in depth were found in general to be outside of the manufacturers' specified accuracies, and appear to be independent of the production batch, density structure of the water column, and type of probe evaluated for the study. For the T-7 type of probe, the mean depth difference was found to be about 26m at 750m, whereas the manufacturers' depth accuracy specification at 750m is only $\pm 15\text{m}$ ($\pm 2\%$ of depth, or $\pm 5\text{m}$, whichever is the greater).

The revised depth-time equation, which is calculated from the depth difference data by the method of least squares, is given by

$$Z = 6.702t - 0.00228t^2$$

where Z is the real XBT depth in metres at time t in seconds. The revised equation reduces the depth errors to generally within the manufacturers' specified accuracies. An

approximate linear correction formula is determined for correcting depths recorded using the manufacturers' original depth-time equation (z_0), and is given by

$$Z_c = 1.035 z_0,$$

where Z_c is the approximate corrected depth.

The relationship between the scatter of the individual quadratic depth-time equation coefficients and the depth error is discussed. It is shown that when the two coefficients have a certain relationship, the depth differences between the respective depth-time equations are small, even if the two coefficients of those equations have apparently very different values.

The ramifications for the world's oceanographic data bases of the need to revise the depth-time equation for Sippican and TSK T-7, T-6, and T-4 probes are discussed.

TOGA-COARE

Coupled Ocean-Atmosphere Response Experiment in the Western Equatorial Pacific

The Problem

Our planet's climate varies in many ways that are well recognized but poorly understood. A striking example is El Nino, a warming of the surface layer of the Pacific Ocean along the west coast of South America. El Nino events, which occur about every four to five years, appear to disrupt climate in distant places. They are accompanied by droughts in South Pacific, Australia, Indonesia, India and Africa; floods in South America; hurricanes in French Polynesia; and severe winter storms in the United States. Climate variations such as El Nino have serious impacts on human affairs, including loss of life, crop failures and depletion of fisheries. However, they cannot be predicted far enough ahead to allow government officials and other decision-makers to take effective actions to mitigate their impacts.

The scientific and human issues that surround such regional climate variations dramatically illustrate the importance of three central questions in ocean/atmosphere research:

- * How do the ocean and atmosphere interact in a global system to produce climate variations on time scales of seasons to years?
- * Can we understand this coupled system well enough to predict regional climate variations such as droughts, flooding or stormy periods months to years in advance?
- * Once we understand climate variation, can we then assess long-term climate change?

To answer these questions, mathematical models that express ocean/atmosphere processes as equations are run on computers to simulate the behavior of the coupled system. The models can be tested against historical observations to identify additional data required to depict global ocean/atmosphere coupling more realistically. If the models improve sufficiently to reproduce (and perhaps predict) seasonal and interannual climate variations, climate researchers can then address the larger challenge of long-term climate change.

A Critical Region

Energy from the sun drives large-scale atmospheric motions that determine global and regional climate. Because solar radiation strikes the earth most directly near the equator, the equatorial oceans absorb most of this energy. The oceans release much of the energy to the atmosphere as heat or moisture, primarily from tropical "warm pool" regions. In the atmosphere, the upward movement of warm, moist air transports large amounts of energy, releasing it when water vapor condenses into cloud droplets and raindrops. Present climate models lack realism because they do not accurately represent complex mechanisms that transfer energy between warm pools and the atmosphere. Very few weather reports come from the vast tropical warm pool regions, and scientific research has been severely limited by lack of adequate regional oceanographic and atmospheric data.

Computer models and historical data indicate that a particularly important region is the western Pacific warm pool northeast of Australia. With water temperatures generally higher than 29°C (Figure 1), this warm pool is the largest single expanse of warm water on the planet. The region receives nearly 5 meters of rainfall annually as part of an intense convective process that releases great amounts of heat to the upper atmosphere and produces clouds that block some incoming energy but trap outgoing energy. Fresh rain-water falling on the sea surface affects the ocean's ability to absorb and mix heat, which in turn influences the transfer of heat and moisture back to the atmosphere. Variations in the extent and duration of this intense exchange of energy between the warm pool and the overlying atmosphere appear to induce climate variations over the entire Pacific basin and beyond.

The Experiment

The Coupled Ocean-Atmosphere Response Experiment (COARE) is providing data on ocean/atmosphere interactions in the western Pacific warm pool region. COARE was designed by an international group of scientists (Lukas et al., 1991; TOGA-COARE Panel, 1990; Picaut et al., 1989) as an integral part of the Tropical Ocean Global Atmosphere (TOGA) Program. This program is an international scientific effort to describe, model and predict variability of the coupled ocean/atmosphere system on time scales of months to years. As a component of the World Climate Research Program, TOGA is jointly sponsored by the World Meteorological Organization, the International Council of Scientific Unions (ICSU), the UNESCO Intergovernmental Oceanographic Commission and the ICSU Scientific Committee on Oceanic Research. The TOGA-COARE International Project Office in Boulder, Colorado, U.S.A., oversees COARE planning, field operations and data management (TCIPO, 1991), and the COARE Panel is charged with the scientific oversight of the experiment.

COARE has three components: one focused on the atmosphere, one on the ocean and one on the interface between these two systems. Each component of COARE possesses a number of elements (Figure 2). These are:

- * pilot studies of subjects such as ocean mixing
- * a two year-long period of enhanced monitoring of the ocean and atmosphere over the entire western Pacific warm pool region
- * a four-month Intensive Observing Period (IOP) focused on energy exchange and mixing in the center of the region
- * a continuing modeling effort
- * a data-analysis phase

COARE will provide a comprehensive set of accurate scientific data from the western Pacific warm pool to allow climate modelers to quantify more realistically several aspects of coupled ocean/atmosphere processes. The experiment focus on energy exchange between ocean and atmosphere over an area of nearly 7.5 million square kilometers. Extending from 10°N to 10°S latitude and 140°E to 180° longitude, the COARE domain covers the warmest part of the warm pool region (Figure 3). The domain covers mainly open ocean with scattered islands and atolls.

Enhanced monitoring of the ocean and atmosphere over the western Pacific warm pool region, using ground-based weather stations, weather balloons, research vessel surveys, volunteer observing ships, moored buoys, surface drifters, and meteorological and oceanographic satellites, has begun in September 1991 and will continue up to December 1993. During the four-month IOP, from November 1992 through February 1993, COARE scientists will determine how moisture, momentum and heat are transferred between the ocean and the atmosphere during fair and stormy conditions. In addition to island-based surface observing stations equipped with radar and other atmospheric sounding and profiling devices, researchers are using the basic observational platforms of oceanographic and atmospheric research: ships, buoys, aircraft, balloons and satellites. These platforms carry advanced direct and remote sensors carefully calibrated to measure energy exchanges accurately.

A Multinational Effort

The COARE field experiment, coordinated from an operation and communication center in Townsville, Australia, requires a truly multinational research effort. More than 700 scientists, students, technical and logistical specialists and ship and aircraft crew members from at least 15 nations participate directly in the field research. During the IOP, more than a dozen ships, from Australia, France, Japan, the People's Republic of China and the United States, will deploy instrumented buoys and measure temperature, salinity, current and mixing in the upper ocean. Seven aircraft from Australia, the United Kingdom and the United States will measure temperature, moisture, precipitation and mixing in the atmosphere, operating from Townsville and Honiara in the Solomon Islands. The ship and aircraft data will be combined with measurements from special observing facilities, weather stations, balloons and satellites operated by many nations, including Australia, the Federated States of Micronesia, France, Germany, Indonesia, Japan, Nauru, New Zealand, Papua New Guinea, the People's Republic of China, Russia, the Solomon Islands, South Korea, Taiwan, the United Kingdom and the United States. Many governments will provide invaluable logistical support and assistance with transportation, housing, import and export regulations, customs clearances, and other administrative and diplomatic matters associated with a large-scale international scientific field experiment.

The Future

With COARE, as with any large field project in oceanographic and atmospheric research, a major part of the scientific work begins after the data-gathering phase is finished. Analysis and reanalysis of the COARE data to reach scientific conclusions about ocean/atmosphere interactions will start immediately after the IOP. This process can begin promptly because a system for data management (organizing the immense amounts of data collected in the field so they will be available to researchers as soon as possible in useful form) was developed as part of the overall experiment plan. The task of representing the scientific conclusions mathematically in coupled ocean/atmosphere models can proceed rapidly because pilot modeling studies before the field experiment helped define the kinds of data to be collected and the observing and measuring techniques needed to collect them. Weather forecasting and analysis centers of several nations will provide standard and special services to COARE during the course of operations. These centers will in turn use the COARE data set to improve models of ocean/atmosphere interaction and tropical and global forecasts. Although analysis of the COARE data set will continue for many years the ability of climate researchers to understand and predict present climate variability and possible future climate change should improve very quickly.

Note: This summary of the TOGA-COARE Program was originally prepared by the TOGA-COARE International Project Office and then amended by J. Picaut.

References

- Levitus, 1982: Climatological Atlas of the World Ocean. *NOAA Prof. Paper 13*, 173 pp.
- Lukas, R., P. Webster, and J. Picaut (Eds), 1991: Oceanography and Meteorology of the Western Pacific Warm Pool, Papers from the Western Pacific International Meeting and Workshop on TOGA-COARE. *J. Geophys. Res.*, 96, Supp., 3123-3436.
- Picaut, J., R. Lukas, and T. Delcroix, (Eds), 1989: Proceedings of the Western Pacific International Meeting and Workshop on TOGA-COARE. *ORSTOM, Nouméa, New Caledonia*, 833 pp.
- TOGA-COARE Panel, 1990: Scientific Plan for the TOGA Coupled Ocean-Atmosphere Response Experiment. *WMO/TD 64 Addendum, WCRP Publ. Ser. 3 Addendum*, World Clim. Res. Prog., Geneva.
- TOGA-COARE International Project Office, 1991: TOGA-COARE Experiment Design. *Univ. Corp. Atmosph. Res., Boulder, Colorado*, , 90 pp.

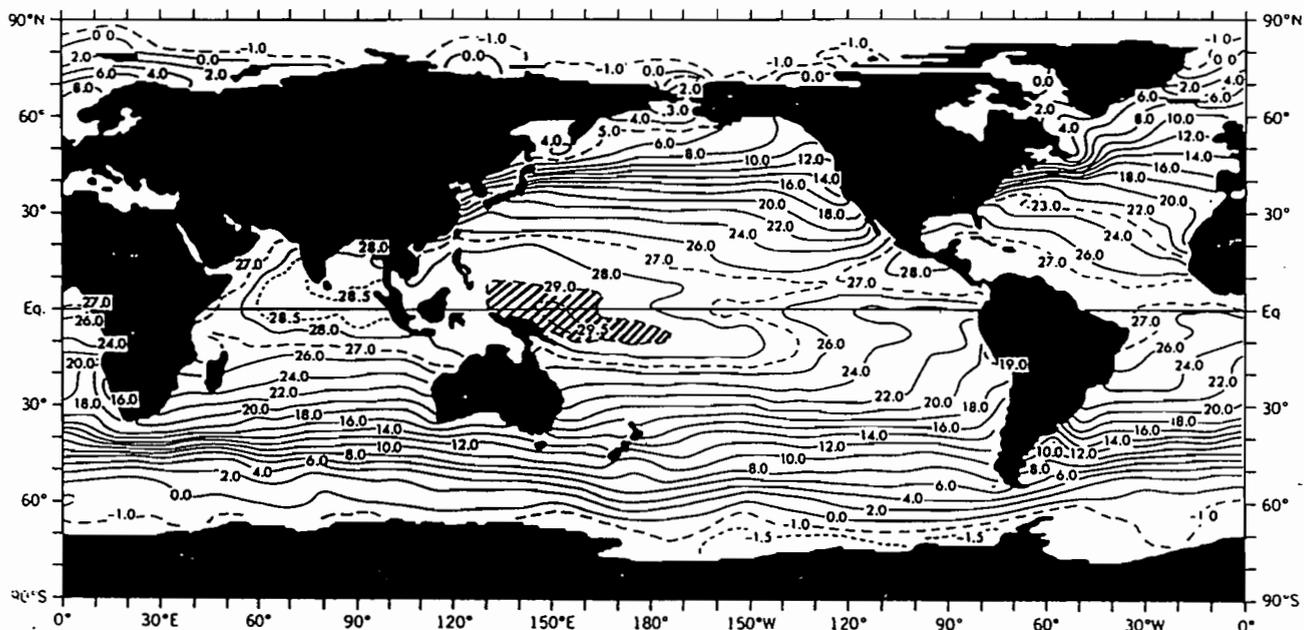


Figure 1

Mean sea surface temperature. Hashed area denotes temperature higher than 29°C (from Levitus, 1982)

Element	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
Modeling							
Pilot Studies							
Enhanced Monitoring							
Intensive Obs. Phase							
Analysis							

Figure 2

TOGA-COARE schedule of activities

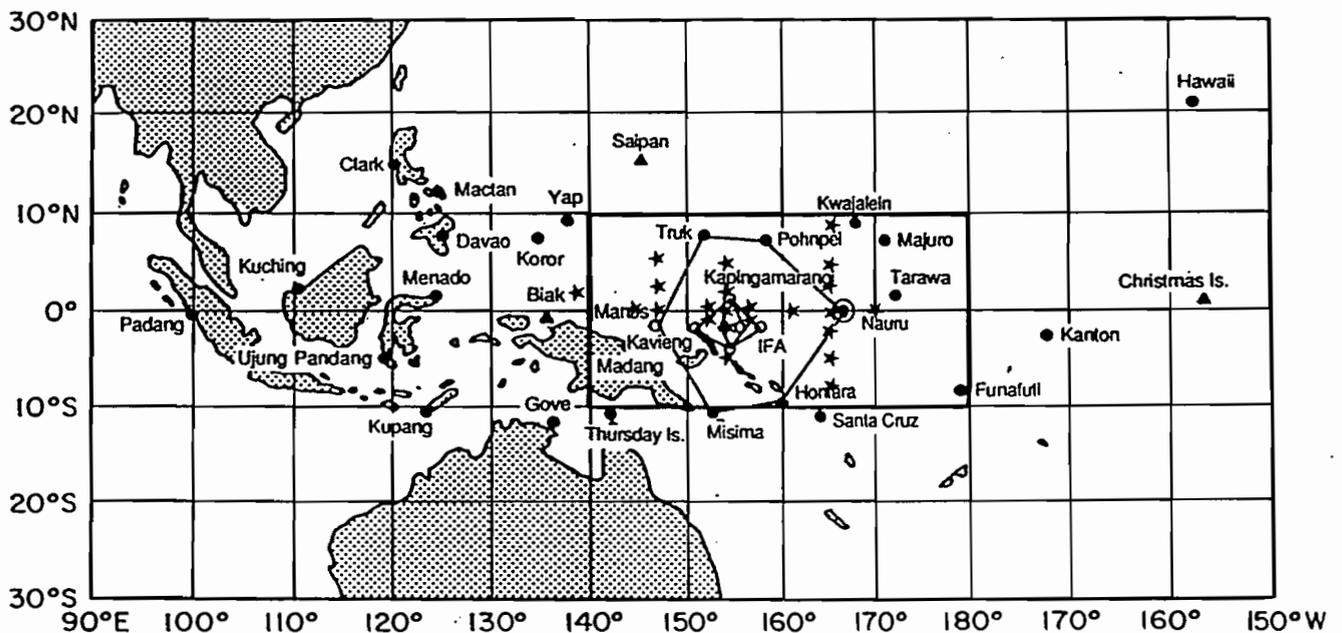


Figure 3

The TOGA-COARE region (10°N-10°S, 140°E-180°) showing the Intensive Flux Area (IFA) centered at 2°S-156°E, and the locations of lower-atmosphere profilers (solid triangles), proposed integrated sounding systems (open circles), rawinsonde stations (solid circles) and oceanographic moorings (stars)

Proceedings of the First Workshop of the TOGA-TAO

Implementation Panel

(Honolulu, 9-10 November 1992)

Edited by

Michael J. McPhaden

NOAA/PMEL, Seattle

1. SUMMARY

A first workshop of the TOGA-TAO Implementation Panel was held at the East-West Center at the University of Hawaii in Honolulu on 9-10 November 1992. The purposes of this workshop were to 1) formalize the organizational structure and terms of reference for the Panel, and 2) begin the process of defining strategies that will ensure uninterrupted implementation and long-term maintenance of the TOGA-TAO array. The workshop was attended by 15 participants representing the United States, Japan, Korea, Australia, Germany, and Taiwan. In addition, written input was provided in absentia by a representative from France.

Accomplishments of the workshop include 1) establishment of an organizational structure including terms of reference, membership, and proposed sponsorship by the International TOGA Scientific Steering Group; 2) a detailed plan for TAO cruises in 1993, and an outline of cruise activities for the first half of 1994; and 3) the development of plans for increased coordination and interaction with several programs of overlapping scientific interest.

2. OVERVIEW OF THE TOGA-TAO ARRAY

2.1 *Status of the Array*

The TOGA-TAO array was designed to provide oceanographic and meteorological observations critical for describing, understanding, modeling, and predicting short-term climate variability, the most prominent mode of which is the El Niño/Southern Oscillation phenomenon. As of November 1992, the array consisted of 53 ATLAS moorings and 6 current meter moorings spanning the region 8°N to 8°S, 95°W to 137°E (Figure 1). ATLAS moorings measure surface winds, air temperature, relative humidity, sea surface temperature (SST) and subsurface temperatures to 500 m depth; daily averages and some spot hourly meteorological data are telemetered to shore in real-time via Service Argos. ATLAS data are also transferred by Service Argos to the Global Telecommunications System (GTS) for distribution to operational oceanographic and meteorological centers. Ocean current measurements are made at selected locations along the equator; at four of these sites, surface meteorology and upper ocean current profiles are telemetered to shore via Service Argos in real-time from PROTEUS moorings. The array is presently supported by the United States, France, Japan, Korea, and Taiwan. In 1992 approximately 340 days of shiptime were required to service the array (east of the dateline, 190 days on NOAA ships; west of the dateline, 120 days on the RV *Le Noroit* and 30 days on the RV *Wecoma*).

TAO Array

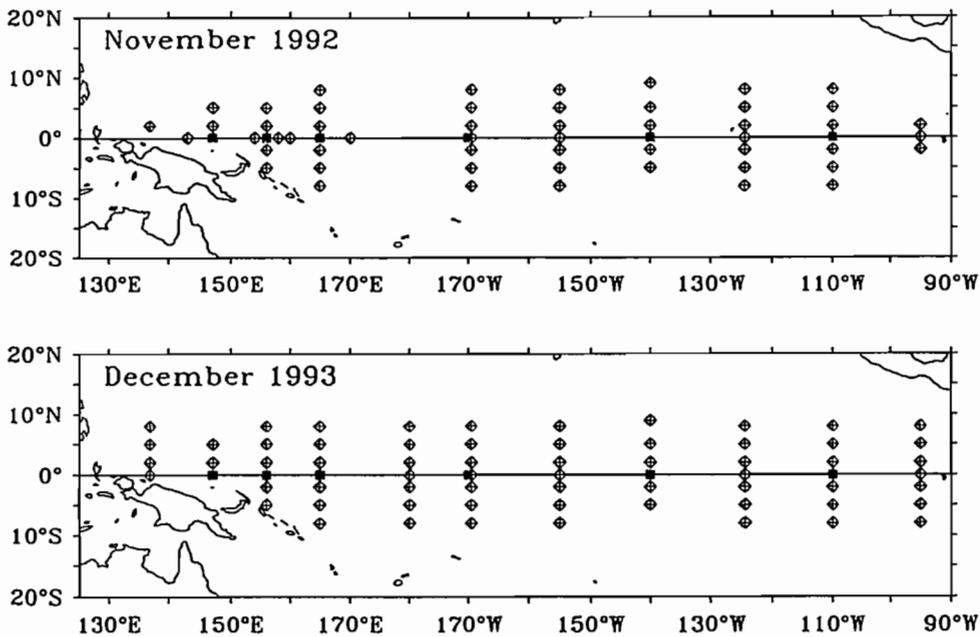


Figure 1. Schematic of the TOGA-TAO Array in November 1992 and December 1993. Diamonds indicate ATLAS moorings and squares indicate current meter moorings.

6.5 Australia (G. Meyers for J. Godfrey, CSIRO)

The interannual variations of rainfall on a continental scale in Australia are influenced as much by patterns of sea surface temperature in the Indian Ocean as by patterns in the Pacific Ocean. An analysis of rainfall by the Australian Bureau of Meteorology showed that one of the dominant modes of variation is associated with a synoptic scale cloud-band that extends across the country from the Northwest Shelf to Victoria, and that the interannual strength of this mode is highly correlated with Indian Ocean SST. The continental scale rainfall during recent episodes of ENSO provide examples of how the Indian Ocean influences prediction-skill in Australia. In the canonical ENSO drought develops in the eastern third of the country. However, during the episode of 1986-87 the drought was largely moderated apparently due to the Indian Ocean influence, and again in 1991-92 it was moderated in Victoria.

Australia therefore strongly recommends extension of TAO into the Indian Ocean for the purpose of better understanding the role of ocean dynamics in the development of Indian Ocean SST. From a global perspective, outcomes of the development would be improved ability to predict the Asian and Australian Monsoons and to predict cyclone activity.

The R/V *Franklin* is scheduled for two voyages in the Indian Ocean in 1994, and could be used for TAO. M. Tomczak of Flinders University will deploy WOCE moorings off the Australian coast and make a hydrographic section south of Sri Lanka in August/September. S. Godfrey will carry out surface heat flux experiments on the return voyage.

Australian and German oceanographers are trying to make the logistical arrangements to deploy a mooring from R/V *Sonne* in August 1993 and recover it by R/V *Franklin* approximately 1 year later, while a visit to the site by R/V *Sonne* may be possible in early 1994. The equipment for the mooring would be provided by both sides. Australian technicians trained by PMEL in TAO mooring technology are available. Godfrey would like to continue the moorings south of the Bay of Bengal from *Franklin* in 1994 if collaborators could be found. Proposals to use *Franklin* for recovery in 1995 will be due in June 1993.

6.7 France (J. Picaut, ORSTOM)

After a first meeting between S. P. Hayes and J. Picaut in Seattle in September 1984, it was decided that the SURTROPAC Group in ORSTOM-Noumea and the Ocean Climate Research Division at NOAA/PMEL in Seattle would work together for the installation and maintenance of a line of ATLAS moorings along 165°E as part of the TOGA program. With the help of the R/V *Coriolis*, two ATLAS moorings were first installed in July 1985. Subsequently, funds for one to two ATLAS per year was made available to NOAA until 1990 by the SURTROPAC Group through direct ORSTOM funding and through contracts with MRT (Ministere de la Recherche et de la Technologie) and PNEDC (Programme National d'Études de la Dynamique du Climat). By 1990, the 165°E line had increased to 5 ATLAS moorings and a new line was planned along 156°E as part of the COARE Enhanced Monitoring Array. This expansion of the international TOGA-TAO effort (Hayes et al., 1991) was made possible with the arrival in Noumea of the R/V *Le Noroit* in early 1991 to replace the RV *Coriolis* which was retired after 25 years of service.

This cooperation between ORSTOM-Noumea and NOAA/PMEL was extended in 1991 to include the maintenance of PROTEUS moorings (McPhaden et al., 1992) at 0°, 165°E and at 0°, 156°E. Presently, the SURTROPAC Group is responsible for maintaining 12 moorings of the TOGA-TAO array along 165°E and 156°E with the R/V *Le Noroit*. During each semi-annual SURTROPAC and COARE156 cruise along these meridians, a team of U.S. technicians goes onboard *Le Noroit* to work with 2 electronics technicians of the SURTROPAC Group. These SURTROPAC technicians acquired the necessary knowledge for repairing and servicing TAO moorings through several visits to NOAA/PMEL, and through participating in cruises onboard NOAA research vessels.

In addition to the value for real-time monitoring of the 1986–87 and 1991–92 El Niños, the TOGA-TAO array has been used by most of the SURTROPAC scientists for scientific analyses. By using the differentiated form of the zonal momentum balance, Picaut et al. (1989) were able to prove that low-frequency zonal currents are nearly in geostrophic balance at the equator. This work was extended by Picaut et al. (1990) using current measurements from three equatorial moorings in order to estimate low-frequency zonal currents from GEOSAT satellite altimetric measurements. This technique enabled Delcroix et al. (1991) to estimate the importance of equatorial Kelvin and Rossby waves in surface zonal current variability during the 1986–87 El Niño. Delcroix et al. also used ATLAS mooring data to validate the GEOSAT satellite altimetric measurements. Current meter mooring data from 0°, 165°E were used to document interannual displacements of the warm pool associated with El Niño/La Niña episodes during 1986–88 (McPhaden and Picaut, 1990). Henin (1989) compared the dynamic heights calculated from 17 ORSTOM-Noumea and US/PRC cruises with dynamic heights calculated from ATLAS moorings along 165°E, and pointed out the necessity of having salinity measurements in order to accurately determine dynamic heights in the warm pool region from TOGA-TAO data. A comparison of modelled sea level with surface dynamic heights determined from TAO moorings, and sea level determined from tide gauges and GEOSAT data, enabled Menkes et al. (1992) to find that the dissipation in Pacific equatorial long wave models is stronger than expected. Y. du Penhoat is using ATLAS winds together with BODEGA drifter measurements for a study of the diurnal cycle in SST. For the first 6 months of the TOPEX/POSEIDON mission, ATLAS moorings situated at 2°S, 156°E and 2°S, 164°E on satellite track cross-over points have been equipped with surface pressure sensors, 12–15 temperature-salinity recorders, 5–7 deep temperature

recorders, 2 bottom pressure recorders and 2 inverted echo sounders (Picaut et al., 1992). The main purpose of this new co-operation between ORSTOM-Noumea, NOAA/PMEL, NASA/Goddard Space Flight Center and Lamont Doherty Geological Observatory is to validate the TOPEX/POSEIDON altimeter with open ocean sea level measurements of 1–2 cm accuracy. This experiment will also add a lot of additional temperature and salinity information to the COARE experiment.

After servicing TAO moorings on the final regularly scheduled SURTROPAC and COARE cruises in August–September 1992, i.e. SURTROPAC-16 along 165°E and COARE156-3 along 156°E, the R/V *Le Noroit* will do a 3-month long cruise along 156°E during the Intensive Observing Period (IOP) of TOGA-COARE. At the end of the IOP in February 1993, the R/V *Le Noroit* will service TOGA-TAO moorings along 156°E, then sail back to France to be refurbished after 22 years at sea. Given the tremendous needs for research vessel shiptime in mainland France, especially for WOCE cruises, it is anticipated that no French research vessel suitable for deep ocean mooring work will be stationed in Noumea for the remainder of the TOGA program. However, it is expected that the SURTROPAC Group will not disband at the end of TOGA, which means that either *Le Noroit* or another French research vessel would have to be sent to Noumea in support of post-TOGA field work. Discussions on how to develop and maintain operational oceanographic measurements as part of GOOS have started in France under IFREMER leadership.

References

- Delcroix, T., J. Picaut and G. Eldin, 1991: Equatorial Kelvin and Rossby waves evidenced in the Pacific Ocean through GEOSAT sea level and surface current anomalies. *J. Geophys. Res.*, 96, 3249–3262.
- Hayes, S. P., L. J. Mangum, J. Picaut, A. Sumi and T. Takeuchi, 1991: TOGA-TAO: A moored array for real-time measurements in the tropical Pacific. *Bull. Am. Met. Soc.*, 72, 339–347.
- Henin, C., 1989: Thermohaline variability along 165°E in the western tropical Pacific Ocean (January 1984–January 1989). Proc. Western Pacific International Meeting and Workshop on TOGA-COARE. ORSTOM, Noumea, J. Picaut, R. Lukas and T. Delacroix, eds., 155–163.
- McPhaden, M. J., H. B. Milburn, A. I. Nakamura, and A. J. Shepherd, 1991: PROTEUS-Profile telemetry of upper ocean currents. *Sea Tech.*, 32, 10–19.
- McPhaden, M. J. and J. Picaut, 1990: El Niño/Southern Oscillation displacements of the western equatorial Pacific warm pool. *Science*, 250, 1385–1388.
- Menkes, C., J. P. Boulanger, and J. Picaut, 1992: Dissipation in a Pacific long wave equatorial model using tide gauge, mooring and GEOSAT data (in preparation).
- Picaut, J., A. J. Busalacchi, T. Delcroix and M. J. McPhaden, 1992: Rigorous open-ocean validation of TOPEX/POSEIDON sea level in the western equatorial Pacific. TOPEX/POSEIDON Joint Verification Plan, Jet Propulsion Laboratory Publication 92-9, pp. V14–16.
- Picaut, J., S. P. Hayes and M. J. McPhaden, 1989: Use of the geostrophic approximation to estimate time varying zonal currents at the equator. *J. Geophys. Res.*, 94, 3228–3236.
- Picaut, J., A. J. Busalacchi, M. J. McPhaden, and B. Camusat, 1990: Validation of the geostrophic method for estimating zonal currents at the equator from GEOSAT altimeter data. *J. Geophys. Res.*, 95, 3015–3024.

7.2 *The XBT Network and TAO (G. Meyers, CSIRO and N. Smith, BMRC, Australia)*

The TOGA/WOCE XBT network in the tropical oceans was planned to use all of the regularly traveled shipping routes, following three sampling strategies developed for different purposes. The purpose of low density sampling is to document large scale patterns of upper layer heat content and to provide a global data set for assimilation in models. The minimum sampling density is one XBT profile per 1.5° latitude by 7.5° longitude, repeated monthly. The coverage of shipping routes obtained in 1991 is nearly complete in the Pacific Ocean, 50% to 100% complete in the Atlantic Ocean and considerably less than 50% in the Indian Ocean. The purpose of frequently repeated transequatorial sections is to monitor the time variation of major currents at six longitudes in the Pacific Ocean and four each in the Atlantic and Indian Oceans. The sampling rate on the selected lines is 18 transects per year with an XBT profile at each degree of latitude. In 1991 this level of sampling was achieved on three lines in the Pacific Ocean and one in the Indian. The purpose of the third sampling strategy, called high density sampling, is to document well resolved synoptic transects of the currents, including narrow currents associated with the continental boundaries, fronts and eddys. Examples of results from the first two modes of sampling were presented.

The XBT network and TAO have been developed separately primarily because they have different capabilities and serve different purposes. However, the time is right to begin considering how the two data sets can be combined to map the thermal variations with large scales. Maps of the depth of the 20°C isotherm were prepared using the thermal analysis system at Bureau of Meteorology Research Center in Melbourne, with all of the available data (XBT and TAO combined) and with XBT-only and TAO-only data sets. The analyses were prepared directly from the observations without using a dynamical model. The mapping errors provided by the statistical analysis scheme showed in a quantitative way how the two networks are complementary. Together they provide a framework covering about half of the tropical Pacific Ocean where the normalized mapping errors (rms error/rms signal) are less than 0.6. Ideally, a model with the correct physics could carry information forward in time filling in the data sparse areas with equally accurate information. The combined data set had a (dimensional) mapping error of 7 m averaged in the equatorial band 7.5°N to 7.5°S , while the XBT data alone achieves a mapping error of 9 m and the TAO data alone an error of 8 m.

ANNEXES

Coopération franco-australienne

Sciences et Technologies Marines

Participation franco-australienne au programme TOGA-COARE

Responsable français : J. Picaut

Groupe SURTROPAC, Centre ORSTOM de Nouméa

PRESENTATION DU PROGRAMME TOGA-COARE

Dans le cadre du Programme Mondial de Recherche sur le Climat (WCRP), un programme international de dix années, portant sur l'étude des océans tropicaux et de l'atmosphère globale (TOGA) a été entrepris en janvier 1985 (ITPO, 1990). Ce programme vise à étudier, comprendre et si possible prévoir la variabilité du système couplé océans tropicaux-atmosphère globale aux échelles de quelques mois à quelques années. A ces échelles, il est maintenant admis que la principale source de dérèglement du climat de notre planète est due à l'El Niño-Oscillation Australe (ENSO), phénomène couplé océan-atmosphère dans le Pacifique Tropical. L'ENSO de 1982-83, considéré comme le plus catastrophique du siècle, a eu des conséquences dramatiques sur la moitié de la population du globe. En particulier, l'Australie et la Nouvelle Calédonie ont subi une sécheresse particulièrement importante et la Polynésie a été ravagée par une série de cyclones sans précédent.

De part l'importance du phénomène ENSO, les efforts internationaux de recherche TOGA se sont concentrés sur le Pacifique et tout particulièrement sur sa partie ouest. L'importance de cette région dans la genèse des événements ENSO, les difficultés pour comprendre et modéliser le couplage océan-atmosphère très marqué de cette région ont rendu nécessaire le développement d'un programme particulier d'études océaniques et atmosphériques intensives dans le Pacifique Tropical Ouest. Ce sous programme TOGA, appelé COARE pour "Coupled Ocean-Atmosphere Response Experiment", est formé de trois composantes, une atmosphérique, une océanique et une visant à étudier l'interface océan-atmosphère. Dans chacune des composantes, les objectifs scientifiques devraient être atteints par une série d'études pilotes, une période de suivi accru (septembre 1991 - décembre 1993), une période d'observations intensives (IOP, 1er novembre 1992 - 28 février 1993) et une composante de modélisation spécifique. Ce programme, longuement discuté au niveau international lors du "Symposium International sur le Pacifique Ouest et Réunion de Travail TOGA COARE" au Centre ORSTOM de Nouméa en mai 1989 (Picaut et al., 1989), a été adopté comme programme international par l'"Intergovernmental TOGA Board" à Genève en janvier 1990 (WCRP, 1990). L'Australie, les Etats Unis, la Chine, la France et le Japon se sont fermement engagés dans ce programme de recherches internationales océan-atmosphère, sans précédent depuis l'opération GATE (Global Atmospheric Research Programme - Atlantic Tropical Experiment) de 1974. D'autres pays devraient participer à ce programme, en particulier l'Allemagne, la Corée, l'Indonésie, la Nouvelle Zélande, le Royaume Uni et l'Union Soviétique.

PARTICIPATION FRANCAISE ET AUSTRALIENNE DANS TOGA-COARE

Un programme COARE-France (1990) a été défini à la suite de plusieurs réunions des représentants d'équipes de recherche en météorologie, modélisation et océanographie physique. En novembre 1990, ce programme COARE-France a été accepté par le Comité Scientifique du Programme National d'Etude de la Dynamique du Climat (PNEDC). Les laboratoires principalement impliqués sont le Centre National de Recherche Météorologique (CNRM), le Centre de Recherche de Météorologie Dynamique (CRMD), le Centre de Recherche en Physique de l'Environnement Terrestre et Planétaire (CRPE), le Laboratoire de Météorologie Dynamique (LMD), le Laboratoire d'Océanographie Dynamique et de Climatologie (LODYC) et le Groupe SURTROPAC du Centre ORSTOM de Nouméa.

Les principales opérations françaises pour COARE vont consister à développer et utiliser un radar Doppler sur avion P3 et le nouveau radar ELDORA/ASTRAIA sur avion Electra (coopération CRPE-NOAA-NCAR). Trois bouées météorologiques MARISONDE vont être larguées durant l'IOP. En plus des campagnes océanographiques pour effectuer des mesures CTD et ADCP et remplacer les mouillages le long de 165°E et 156°E, une série d'opérations océanographiques seront assurées par le Groupe SURTROPAC durant l'IOP : lâchers intensifs d'XBT et de bouées dérivantes dans la zone COARE, mesures par thermosalinographe de surface sur navires marchands et mesures CTD et ADCP répétées de 5°N à 5°S le long de 156°E pendant trois mois à partir du N/O Le Noroit.

L'implication dans COARE de l'Australie est aussi importante. Les laboratoires de recherche principalement concernés sont rattachés au Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization (CSIRO), au Bureau of Meteorology et aux universités de Flinders et de Sydney.

L'Australie va accroître la fréquence de mesure et le nombre de stations de radio sondages sur les îles situées dans la zone COARE (130°E-180°, 10°N-10°S). En plus des campagnes océanographiques nécessaire au maintien des mouillages courantométriques à 0°-147°E, durant l'IOP, il est prévu deux campagnes d'un mois à partir du N/O Franklin. Le principal objectif scientifique de ces campagnes est d'étudier la structure fine de température, salinité et courant et de mesurer les flux à l'interface air-mer, autour de 2°S-156°E. L'utilisation de l'avion de recherche australien Cessna 340, devrait être un élément important pour les mesures de flux près de la surface marine. Townsville allant être la base logistique la plus importante de COARE, les Australiens comptent aussi fournir à la communauté internationale un ensemble de produits de modélisation atmosphérique en temps quasi réel.

OPERATION OCEANOGRAPHIQUES COMMUNES, JUSTIFICATION FINANCIERE

Durant l'IOP de COARE, les mesures faites à partir du N/O Franklin nécessiteront un ensemble de capteurs de rayonnement, une sonde CTD remorquée SEASOAR, un ADCP et une série de capteurs de température et de salinité sur 0-5m installés devant la quille. Pour effectuer ces mesures à petite échelle, le N/O Franklin devra effectuer des trajets en papillon autour de 2°S-156°E.

Durant l'IOP, le Groupe SURTROPAC, à bord du N/O Le Noroit, travaillera à une échelle plus importante (section 5°N-5°S répétée le long de 156°E) pour étudier les effets des coups de vent d'ouest générateurs probables d'El Niño. Notons que le Groupe FLUPAC du Centre ORSTOM de Nouméa, rattaché à JGOFS-France, devrait profiter des mesures physiques à petites échelles des Australiens à 2°S-156°E pour estimer le flux vertical de carbone à partir du N/O Alis. Dans le projet franco-australien se rapportant au réseau de mouillages TOGA-TAO, le Groupe SURTROPAC demande trois thermosalinographes pour effectuer, à partir du mouillage 2°S-156°E, des mesures de salinité en continu à proximité de la surface. Ces mesures complèteraient judicieusement les mesures fines effectuées par les Australiens autour de ce mouillage. En particulier, elles devraient permettre d'évaluer le rôle de la salinité dans les échanges océan-atmosphère. A l'inverse, la participation d'un spécialiste australien, pour mettre en place sur le N/O Le Noroit un ensemble de capteurs de rayonnement, devrait permettre d'observer les interactions océan-atmosphère à grande et moyenne échelle (5°N-5°S) et compléter les mesures purement océanographiques du Groupe SURTROPAC. Cette complémentarité franco-australienne servira aussi de lien entre les études à fine et moyenne échelles de COARE.

Il est donc demandé un support financier pour embarquer sur le N/O Le Noroit un Australien spécialiste de mesures de rayonnement et ses instruments. Pour éviter que cette coopération se limite à un simple transfert de données, un soutien financier pour des échanges de scientifiques entre le CSIRO d'Hobart et le Centre ORSTOM de Nouméa est aussi demandé.

REFERENCES

- COARE-France, 1990: Programme COARE-France, partie océanique. *Proposition au PNEDC, Centre ORSTOM de Nouméa*, 14pp.
- International TOGA Project Office, 1990: Tropical Ocean and Global Atmosphere (TOGA) International Implementation Plan. *ITPO N°1., Organisation Mondiale de la Météorologie, Genève, Suisse*, 103pp.
- Picaut, J., R. Lukas, et T. Delcroix, 1989: Proceedings of the "Western Pacific International Meeting and Workshop on TOGA COARE", *Centre ORSTOM de Nouméa, Nouvelle Calédonie*, 850pp.
- World Climate Research program, 1990: Scientific plan for the TOGA Coupled Ocean-Atmosphere Response Experiment. *WCRP publications, 3 Addendum, 64, Organisation Mondiale de la Météorologie, Genève, Suisse*.

Coopération franco-australienne

Sciences et Technologies Marines

Le réseau TOGA-TAO de mesures en temps réel dans le Pacifique Tropical

Responsable français : J. Picaut
Groupe SURTROPAC, Centre ORSTOM de Nouméa

OBJECTIFS SCIENTIFIQUES

Le maintien et le développement des réseaux opérationnels qui mesurent en temps réel les principaux paramètres d'interaction entre les océans tropicaux et l'atmosphère sont devenus une priorité du programme international TOGA (Tropical Ocean and Global Atmosphere). Les mesures correspondantes sont utilisées pour des études diagnostiques du système couplé océan-atmosphère. Elles devraient aussi aider à prédire la variabilité du système océans tropicaux-atmosphère globale, par assimilation dans des modèles couplés.

DESCRIPTION DU RESEAU TOGA-TAO

Initialement le réseau TOGA-TAO (Tropical Atmosphere Ocean) ne comportait que des mouillages ATLAS (Autonomous Line Acquisition System) transmettant par ARGOS et sur le GTS des mesures de vent, de température de l'air et de température de la mer sur 11 niveaux de 0 à 500m (Milburn et McLain, 1986). Avec la création récente du système opérationnel PROTEUS (Profile Telemetry of Upper Ocean Currents; McPhaden et al., 1991) de mouillage équipé de profileur acoustique à effet Doppler (ADCP) à transmission ARGOS, le réseau TOGA-TAO s'est étendu à toutes les mesures de courants effectuées à partir de mouillages. Le réseau inclut aussi les mouillages équipés de courantmètres traditionnels qui devraient peu à peu être remplacés par des ADCP à transmission ARGOS. Des capteurs d'humidité, de rayonnement et de pluviométrie devraient progressivement compléter les mesures faites à partir de tous ces mouillages. L'ensemble de ce réseau TOGA-TAO répond en grande partie aux recommandations récentes de l'International TOGA Project Office quant à l'amélioration et à l'extension des systèmes d'observations opérationnels.

ETAT ACTUEL ET DEVELOPPEMENT DU RESEAU TOGA-TAO DANS LE PACIFIQUE OUEST

Le réseau TOGA-TAO concerne l'ensemble du Pacifique Equatorial et, en septembre 1991, comporte 23 mouillages ATLAS (le long des méridiens 147°E, 156°E, 165°E, 170°W, 140°W, 125°W et 110°W) et six mouillages courantométriques équatoriaux (147°E, 156°E, 165°E, 170°W, 140°W, 110°W), ces derniers équipés pour moitié de courantmètres classiques sans transmission ARGOS. Si les Etats Unis, principalement par le PMEL-NOAA de Seattle, sont maître d'oeuvre de la quinzaine de mouillages du Pacifique Est et Central, c'est grâce à une collaboration entre l'Australie, la France et le Japon que le réseau s'est développé dans le Pacifique Ouest. La France assure le maintien d'une dizaine de mouillages ATLAS et de deux mouillages courantométriques le long de 165°E et 156°E, à partir d'un navire océanographique de la Flotte Nationale et avec le soutien matériel des Etats Unis. L'Australie maintient un à deux mouillages courantométriques à 147°E, en alternance avec le Japon pour assurer un relevage par navire océanographique tous les six mois. Une collaboration plus efficace entre la France et l'Australie, au niveau des navires océanographiques, devrait aider au développement de ce réseau TOGA-TAO.

Dans le cadre de la période d'observations accrues (septembre 1991 - décembre 1993) et de la période d'observations intensives (1er novembre 1992 - 28 février 1993) du programme international TOGA-COARE (Coupled Ocean Atmosphere Response Experiment), le réseau actuel de 14 mouillages

ATLAS et courantométriques du Pacifique Ouest devrait être étendu à plus d'une trentaine de mouillages. La coopération internationale entre l'Australie, les Etats Unis, la France et le Japon devrait aussi inclure la Corée et probablement l'Indonésie. Il faut noter qu'une partie de ces mouillages dans la zone COARE (140°E-180°, 10°S-10°N) ne se rattache pas directement au réseau TOGA-TAO. L'extension de ce réseau à une soixantaine de mouillages (principalement ATLAS) dans tout le Pacifique Tropical est une priorité du programme TOGA et ne se fera que par le développement de la coopération internationale actuelle (Hayes et al., 1991). Par contre près de la moitié des 32 mouillages dans la zone COARE ne seront maintenus que le temps de la période d'observations accrues ou de la période d'observations intensives.

S'il est recommandé et prévu d'installer un capteur de salinité sur une bonne partie des mouillages ATLAS sur l'ensemble du Pacifique Tropical (Hayes et al., 1991), l'intérêt marqué des mesures de salinité pour COARE (Lukas et Lindstrom, 1991; COARE-France, 1990) a rendu nécessaire l'installation progressive de thermosalinographes sur quelques mouillages du Pacifique Ouest. En effet l'apport d'eaux douces par les précipitations, très importantes sur le Pacifique Ouest, réduit la salinité de surface et stabilise les couches de surface du réservoir d'eaux chaudes, modifiant ainsi les interactions océan-atmosphère marquées du Pacifique Ouest. Durant la période d'observations intensives de COARE, les Australiens vont effectuer deux campagnes océanographiques pour l'étude de la structure fine de température et de salinité par une succession de trajets en papillon au centre de la zone COARE (2°S-156°E). Afin de compléter judicieusement ces études il est fortement souhaitable d'équiper le mouillage ATLAS à 2°S-156E, maintenu par la France, d'un maximum de thermosalinographes.

JUSTIFICATION DU FINANCEMENT DEMANDE

Dans le cadre du développement du réseau TOGA-TAO, nous proposons d'établir une coopération directe entre le Centre ORSTOM de Nouméa et le CSIRO d'Hobart par la mise en place de thermosalinographes supplémentaires sur le mouillage à 2°S-156°E. Indépendamment de l'intérêt scientifique direct des mesures en continu de salinité qu'en tireraient les scientifiques français et australiens concernés par ce projet, l'adjonction de capteurs de salinité sur les mouillages devrait aboutir à une connaissance plus précise des variations de la topographie dynamique de la surface et aider au délicat problème de validation des altimètres des satellites ERS1 et TOPEX-POSEIDON.

Pour valoriser les données récoltées en commun, il sera nécessaire de favoriser les échanges de scientifiques entre le CSIRO d'Hobart et le Centre ORSTOM de Nouméa.

REFERENCES

- COARE-France, 1990: Programme COARE-France, partie océanique. *Proposition au PNEDC, Centre ORSTOM de Nouméa*, 14 pp.
- Hayes, S. P., L. J. Mangum, J. Picaut, A. Sumi, et K. Takeuchi, 1991: TOGA-TAO: A moored array for real-time measurements in the tropical Pacific Ocean. *Am. Met. Soc.*, 72, 339-347.
- Lukas, R., et E. Lindstrom, 1991: The mixed layer of the western equatorial Pacific ocean. *J. Geophys. Res.*, 96, Sup., 3343-3358.
- McPhaden, M. J., H. B. Milburn, et A. J. Sheperd, 1991: PROTEUS: profile telemetry of upper ocean currents. *Sea Tech.*, 10-19.
- Milburn, H. B., et P. McLain, 1986: ATLAS: a low cost satellite data telemetry mooring developed for NOAA's climate research mission. *Marine Systems International Symposium, Mar. Tech. Soc., Nouvelle Orleans*.

Liste des acronymes

ADCP : Acoustic Doppler Current Profiler
ATLAS : Autonomous Temperature Line Acquisition System
BMRC : Bureau of Meteorology Research Center
CEM : Centre for Environmental Mechanics
CNES : Centre National d'Etudes Spatiales
CNRM : Centre National de Recherche Météorologique
COARE : Coupled Ocean-Atmosphere Experiment
COI : Commission Océanographique Intergouvernementale
CRMD : Centre de Recherche de Météorologie Dynamique
CRPE : Centre de Recherche en Physique de l'Environnement
CSIRO : Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization
CTD : Conductivity Temperature Depth
ENSO : El Nino-Southern Oscillation
FLUPAC : Flux dans l'ouest du Pacifique équatorial
GPS : Global Positioning System
GTS : Global Telecommunication System
ICSU : Intergovernmental Council of Scientific Unions
IFA : Intensive Flux Array
IFREMER : Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer
IGOSS : Integrated Global Ocean Services System
IMET : Improved Meteorological Instrumentation
IOP : Intensive Observation Period
ISOT : International Scientific Oversight Team
ITCPO : International TOGA COARE Project Office
JAMSTEC : Japan Marine Science and Technology Center

JGOFS : Joint Global Ocean Flux Study

LMD : Laboratoire de Météorologie Dynamique

LODYC : Laboratoire d'Océanographie Dynamique et de Climatologie

MAE : Ministère des Affaires Etrangères

MRT : Ministère de la Recherche et de la Technologie

NASA : National Aeronautics and Space Administration

NOAA : National Oceanic and Atmospheric Administration

OMM : Organisation Mondiale de la Météorologie

ORSTOM : Institut Français de Recherche Scientifique pour le Développement en
Coopération

PMEL : Pacific Marine Environmental Laboratory

PNEDC : Programme National d'Étude de la Dynamique du Climat

PROTEUS : Profile Telemetry of Upper Ocean Currents

RAAF : Royal Australian Air Force

SSG : Scientific Steering Group

STM : Système Mondial de Télécommunication

SURTROPAC : Surveillance Tropical Pacifique

TAO : Tropical Atmosphere-Ocean

TCP : TOGA COARE Panel

TOA : Terre Océan Atmosphère

TOGA : Tropical Ocean and Global Atmosphere

XBT : Expendable Bathythermograph

XCTD : Expendable Conductivity Temperature Depth Profiler

WCRP : World Climate Research Programme

