

ANALYSE DES COURANTS
 SUPERFICIELS ET SUBSUPERFICIELS EQUATORIAUX
 DURANT UNE PERIODE DE SIX JOURS
 A 170° EST*

Courant Equatorial Pacifique et courant de Cromwell

par

Jacques NOEL et Jacques MERLE

Océanographes au Centre ORSTOM-NOUMEA

R é s u m é

Analyse des courants relatifs à 300 m, rencontrés au cours de 6 jours de station fixe à l'équateur sur le méridien 170°E, en novembre 1966. Deux courants principaux étaient en présence : le courant Equatorial Pacifique superficiel portant à l'Ouest, le courant de Cromwell subsuperficiel et portant à l'Est. Le courant superficiel avait une forte composante Nord, alors que le courant de Cromwell était divisé en deux noyaux de vitesse, l'un à 100 m, l'autre à 200 m de profondeur, tous deux presque zonaux et séparés à 150 mètres par un minimum portant au Sud-Est. L'évolution dans le temps de ces caractères moyens semble suggérer que le courant de Cromwell était perturbé périodiquement par des ondes de marée semi-diurne de direction Nord-Sud.

A b s t r a c t

Analysis of the currents, relative to a 300 m reference level, met during a station of six days on the equator and the 170°E, on November 1966. There was two main currents : the Pacific Equatorial current, and the Pacific Equatorial undercurrent. The first had an important meridional component and was flowing to the north-west. The second, divided into two cores at depth of 100 m and 200 m, was mostly eastward, but its minimum at 150 m was south-eastward. The time evolution of those mean characters seems to show a semi-diurnal perturbation of the Equatorial undercurrent by north-southward tidal waves.

INTRODUCTION

Une étude de l'évolution des propriétés hydrologiques et chimiques des masses d'eaux équatoriales le long du méridien 170°E a été entreprise par le Centre ORSTOM de Nouméa. De novembre 1965 à octobre 1967, 10 croisières

* Note communiquée au Congrès UGGI de Berne, septembre 1967.

ont été effectuées à cet effet avec le N.O. "Coriolis" ; les quatre premières croisières qui étaient trimestrielles (programme "BORA") ont montré des situations hydrologiques très différentes dont l'évolution était difficile à suivre. Il a donc paru nécessaire de resserrer l'intervalle de mesure ; des croisières toutes les cinq semaines et constituant le programme "CYCLONE" ont alors été entreprises. Un objectif particulier a cependant été assigné à "CYCLONE I", la première de cette série : l'étude des variations hydrologiques à court terme en un point donné de l'océan afin d'estimer la validité d'une coupe équatoriale effectuée en 4 jours.

Ainsi, une station prolongée, d'une durée de 6 jours a été occupée en un point fixe à 170°E et $0^{\circ}36'\text{S}$ du 24 au 30 novembre 1966 (fig.1). Le choix de cette position a été dicté par la présence de l'île Océan qui a permis de définir au radar la position du bateau avec une précision de l'ordre de 0,5 mille. Pendant ces 6 jours au point fixe, des mesures de courant de la surface à 300 m furent effectuées deux fois par jour, respectivement vers 10 h et 17 h, heure locale ; une palanquée hydrologique jusqu'à 1000 m toutes les quatre heures et une mesure bathythermique toutes les demi-heures complétèrent ces mesures. Ce sont les résultats de courantométrie qui font l'objet de cet article.

1 - Technique de mesure

L'appareil de mesure était un courantomètre Ekman. Le premier et le principal problème à résoudre était la recherche d'une méthode permettant d'effectuer des mesures de courantométrie correctes à partir d'une plate-forme dérivante. Le procédé utilisé a été le suivant : avant de commencer les mesures, le navire prenait un cap et une vitesse qui amenaient le câble hydrologique, lesté de son poids, à une position d'équilibre verticale. A partir de cet instant, le cap et la vitesse du navire n'étaient plus modifiés pendant les deux heures de mesures courantométriques. L'expérience a montré que le câble restait presque vertical pendant la durée de la station, ce qui permet de supposer que la dérive de l'ensemble bateau, câble et courantomètre était uniforme pendant la durée des mesures. En procédant ainsi, on s'assurait que les courants relatifs mesurés aux différents niveaux étaient la somme du courant absolu à ce niveau et du vecteur représentant la dérive de l'ensemble de l'appareillage.

Cette dérive a été évaluée relativement à la profondeur de 300 m prise comme couche de mouvement nul. Ce choix est justifié à la fois parce que, dans le Pacifique central, la limite profonde du courant de Cromwell est voisine de cette profondeur et aussi parce que c'est la profondeur à laquelle l'on rencontre une couche homogène d'une épaisseur assez grande ; cette couche homogène, composée d'une eau dite "équatoriale à 13° ", constitue dans tout le Pacifique occidental la base du courant de Cromwell (MONTGOMERY et STROUP, 1962) ; par la suite ce choix s'est révélé satisfaisant lorsqu'avec des moyens de mesure plus élaborés, il a été possible de déterminer les courants jusqu'à 1500 m de pro-

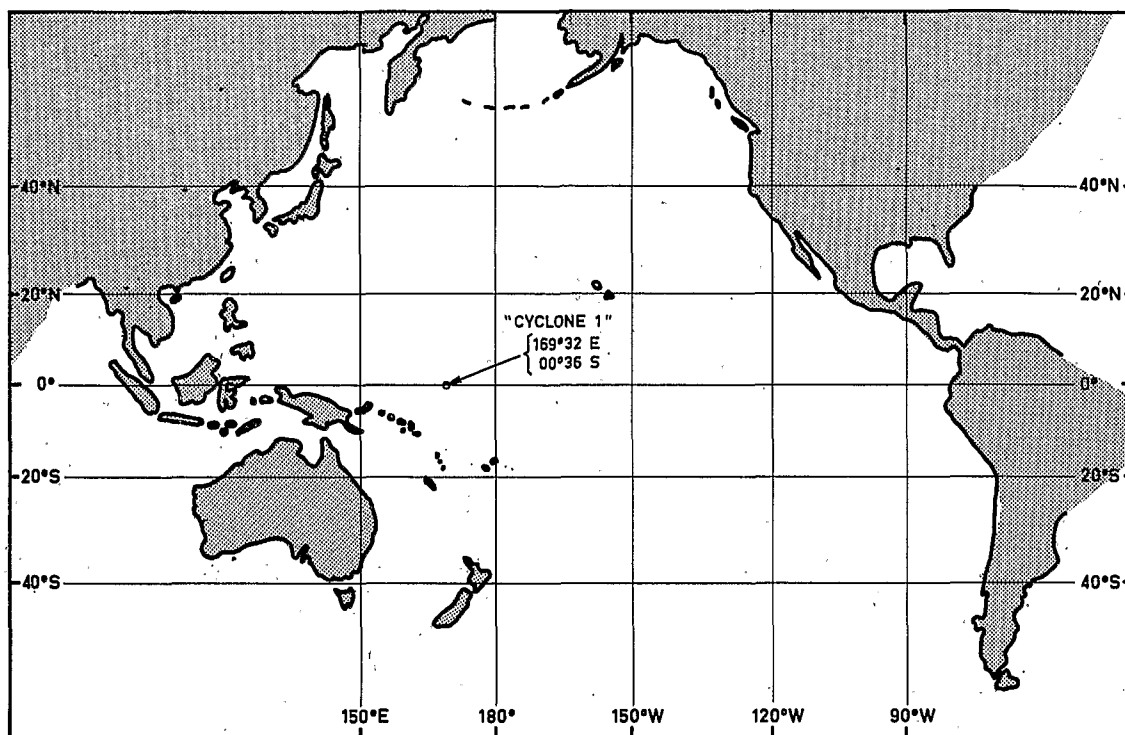


Figure 1. - Croisière "CYCLONE I", Station fixe du 24 au 30 Novembre 1966.

fondeur : au cours des 5 croisières "CYCLONE" qui ont suivi, les intensités à 300 m n'ont jamais dépassé 0,1 m/s (ROTSCHI, RUAL et MAGNIER, communication personnelle, 1968).

Une mesure fut effectuée tous les 25 m, de la surface à 300-400 m avec une durée de palier de 4-5 minutes selon les cas ; ce temps de mesure relativement faible est cependant suffisant compte tenu de la forte intensité des courants régnants.

Avec le matériel et la technique décrits précédemment et dans le cadre des hypothèses de travail que l'on a adoptées, on a estimé que la précision relative des mesures était $\pm 10^\circ$ en direction pour un courant d'intensité moyenne (0,25 m/s) et $\pm 0,1$ m/s en intensité.

La direction des courants est donnée par rapport au Nord géographique. Les profondeurs adoptées pour les différents niveaux de mesure sont celles données par la ligne filée ; l'erreur systématique ainsi introduite est faible du fait de la verticalité du câble, et l'imprécision de profondeur qui en résulte est sans conséquence sur l'analyse qui va suivre.

RESULTATS

La précision des mesures permet seulement des interprétations qualitatives. Néanmoins les faits mis en évidence sont plus importants par les conséquences de leur existence que par leur intensité.

Analyse d'ensemble des résultats

Composante Est-Ouest :

La figure 2 donne une représentation de la composante Est-Ouest des courants en fonction du temps et de la profondeur ; elle montre une permanence d'ensemble de la structure verticale de la circulation. De la surface à 75 m environ, le courant porte à l'Ouest : c'est le courant équatorial Pacifique ; notons cependant qu'à partir du 27 novembre un courant très superficiel portant à l'Est apparaît, entraînant un approfondissement du courant Ouest. Au-dessous de 75 m, le courant porte à l'Est ; nous sommes dans la zone du courant de Cromwell. Deux renforcements de l'intensité apparaissent vers 100 et 200 m de profondeur respectivement, montrant un courant de Cromwell séparé en deux noyaux.

Composante Nord-Sud :

Les variations de composante Nord-Sud, données sur la figure 3, montrent encore une circulation avec une structure permanente dans son ensemble ; de la surface à 150 m environ, le courant porte au Nord et la composante Nord est d'autant plus grande qu'on est près de la surface ; au-dessous de ce flux Nord et sur une épaisseur de quelques dizaines de mètres, le courant porte au Sud. Plus profondément, les directions sont variables et les intensités faibles. Notons ici aussi une perturbation apparaissant le 27 novembre qui modifie la structure d'ensemble, particulièrement au niveau du flux vers le Sud.

Analyse de la structure moyenne du courant

La permanence globale des structures du courant tant dans sa composante Est-Ouest que dans sa composante Nord-Sud autorise à considérer une structure moyenne.

Un vecteur vitesse moyen a été calculé à chaque profondeur à partir de l'ensemble des stations occupées entre le 24 et le 29 novembre. Un hodographe du vecteur vitesse moyen en fonction de la profondeur a été construit (fig. 4a). Cet hodographe met en évidence les aspects généraux du courant déjà décrits au paragraphe précédent et précise certaines particularités de structure moins apparentes sur les figures 1 et 2.

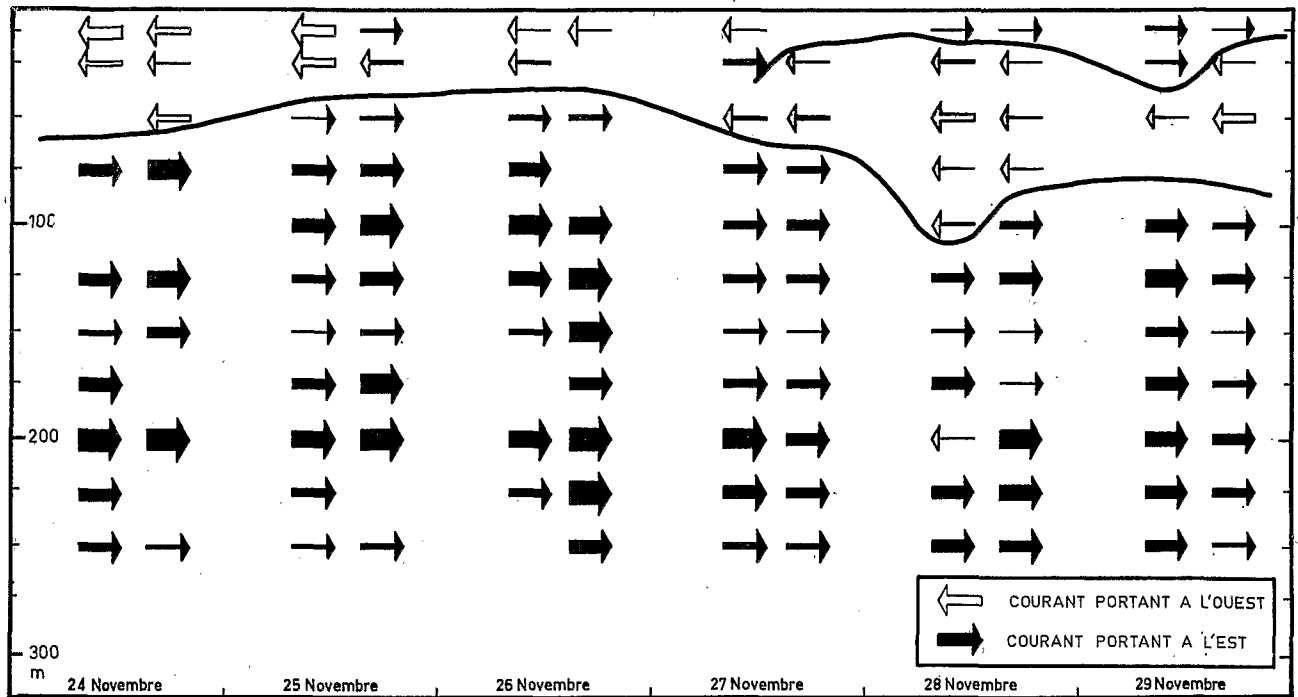


Figure 2. - Composante Est-Ouest du courant en fonction de la profondeur et du temps : l'épaisseur des flèches est proportionnelle à l'intensité du courant: 0,5mm représente 0,1 m/s.

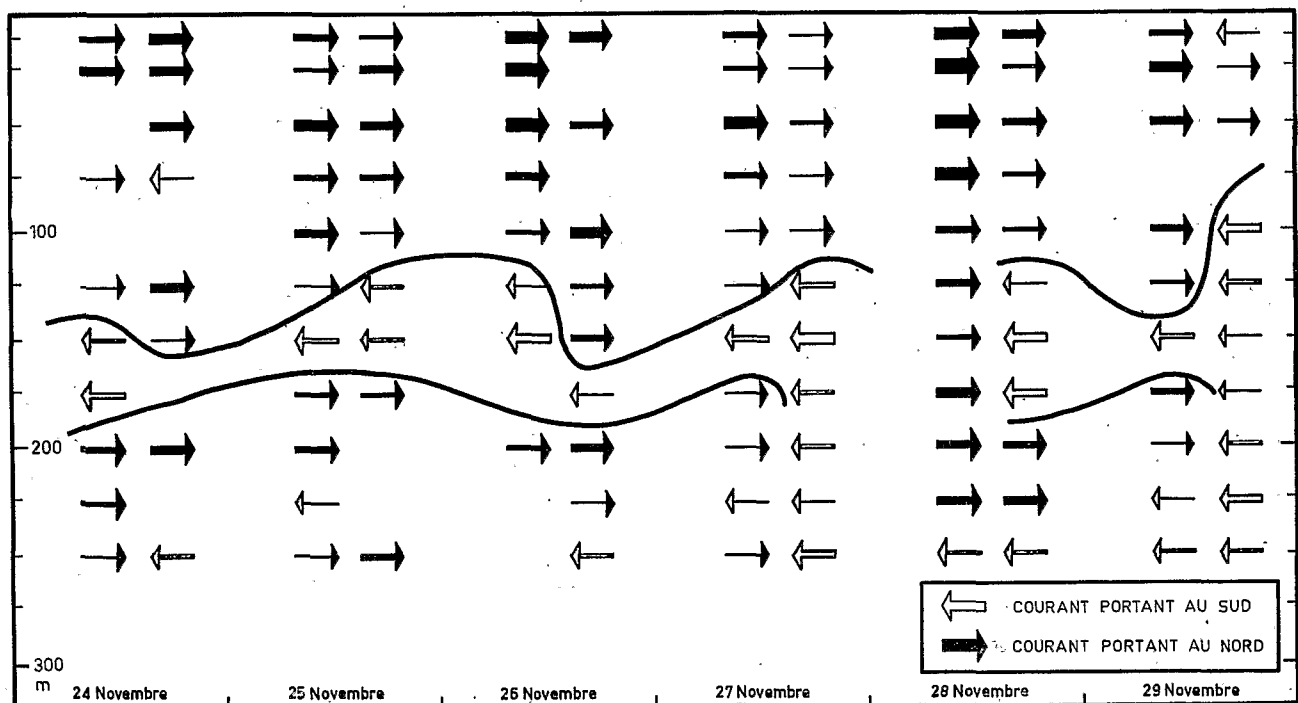


Figure 3. - Composante Nord-Sud du courant en fonction de la profondeur et du temps. L'épaisseur des flèches est proportionnelle à l'intensité du courant: 0,5 mm représente 0,1 m/s.

Le fait principal, déjà noté, est l'existence d'une composante Nord-Sud non négligeable ; le long d'une verticale, le courant n'est donc pas zonal. De la surface à la profondeur de 300 m, les directions et les intensités du vecteur courant évoluent rapidement. Le courant qui porte au Nord-Ouest, puis au Nord entre la surface et 50 m s'infléchit vers l'Est pour être franchement Est entre 100 m et 125 m. Il continue ensuite sa rotation en direction du Sud pour atteindre le Sud-Est à la profondeur de 150 mètres. La profondeur augmentant, la rotation s'inverse, le courant coule à nouveau en direction de l'Est à partir de 175 m et s'y maintient jusqu'à la profondeur de 300 m.

Les intensités sont aussi très variables en fonction de la profondeur. Deux maximums d'intensité situés aux profondeurs respectives de 100 m et 200 m, correspondant à une direction Est, encadrent un minimum relatif d'intensité à 150 m correspondant à une direction Sud-Est.

La représentation perspective du vecteur courant en fonction de la profondeur (figure 4b) met particulièrement en évidence le rôle de coupure que peut jouer le courant portant au Sud-Est à la profondeur de 150 m et le mode à double noyau de vitesse qui en résulte pour le courant de Cromwell.

Variation de la structure du courant avec le temps

La structure moyenne décrite représente l'ensemble des caractères permanents du courant pendant la période d'observation ; des évolutions en fonction du temps, ne modifiant pas cette structure générale, sont cependant décelables. Mentionnons en premier, une évolution lente, amenant un courant Est en surface, qui s'est amorcée le 27 novembre et s'est poursuivie jusqu'au 29 novembre ; cette perturbation de surface dont les causes ne seront pas discutées ici entraîne un approfondissement du flux Ouest et modifie la structure générale décrite (fig.2). Si l'on différencie les mesures du matin de celles du soir, des 24, 25 et 26 novembre, les vecteurs vitesse moyens à chaque profondeur font apparaître plusieurs faits (fig.5) :

- à toutes profondeurs, supérieures à 50 m, le courant est plus intense le soir que le matin ;
- la variabilité de la direction du courant en fonction de la profondeur est plus grande le matin que le soir ;
- aux profondeurs de 100 m et 200 m correspondant aux maximums d'intensité orientés vers l'Est, les vecteurs vitesse ont une direction plus Nord le matin que le soir ;
- le minimum relatif à 150 m a une composante Sud nettement marquée le matin.

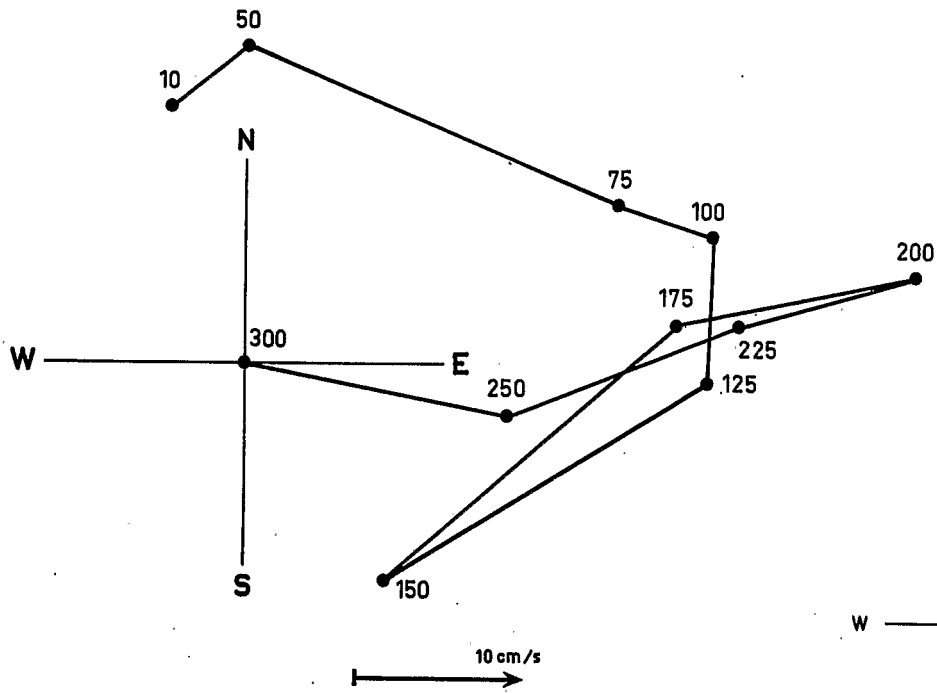


Figure 4a. - Hodographe du vecteur vitesse moyen en fonction de la profondeur.

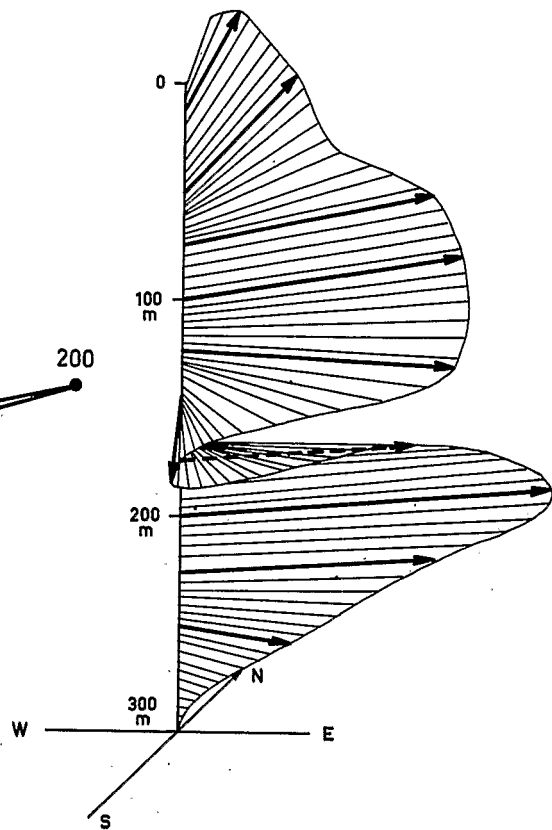


Figure 4b. - Représentation perspective du vecteur courant en fonction de la profondeur.

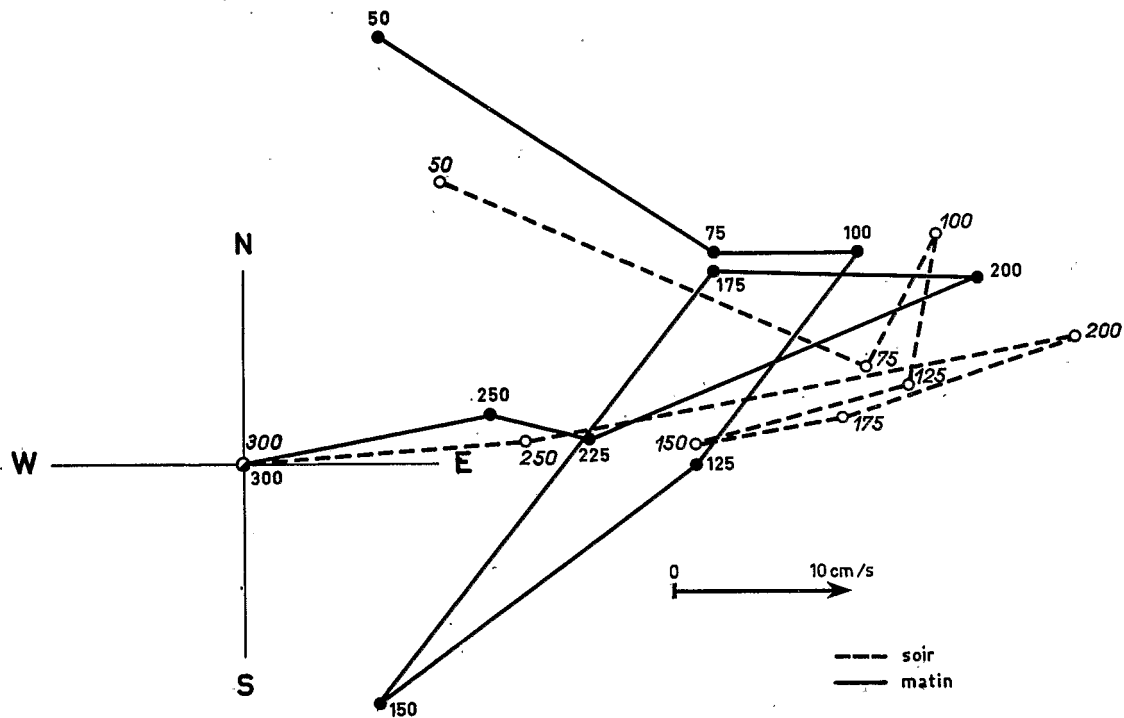


Figure 5. - Hodographe des vecteurs vitesse moyens du matin et du soir des 24, 25 et 26 Novembre.

Il est intéressant de noter l'existence simultanée le matin, d'une augmentation de dispersions des directions du courant, d'une rotation vers le Sud à 150 m et d'un ralentissement général de tout le système à toutes profondeurs supérieures à 50 m. Le courant de Cromwell qui est presque zonal le soir semble donc subir une modification générale de son intensité et de sa direction le matin. Les forces perturbatrices possibles sont les forces de marées qui dans cette région du Pacifique provoquent des courants orientés Nord-Sud et sont par conséquent susceptibles de modifier la direction d'un courant Est-Ouest particulièrement au niveau de ses minimums d'intensité. La fréquence des mesures, quoique suffisante pour déceler une évolution journalière, ne permet pas de préciser exactement la période de ces évolutions. Cependant l'étude des bathythermogrammes, des mesures de salinité et de température fait apparaître une période d'évolution semi-diurne des caractères hydrologiques de cette région. Il se pourrait donc que les évolutions journalières observées traduisent une pulsation semi-diurne du courant de Cromwell sous l'influence des forces de marée.

CONCLUSIONS

L'existence au moins temporaire d'un double noyau dans le courant de Cromwell et la variabilité dans le temps de ce même courant, mises en évidence par la croisière "CYCLONE I" confirment les remarques faites depuis quelques années par différents auteurs ; l'image classique d'un courant de Cromwell s'écoulant d'Ouest en Est le long de l'équateur comme un véritable "jet" semble devoir être modifiée. KNAUSS (1960 et 1966) a décelé des variations importantes du courant de Cromwell, en particulier dans son débit ; il a montré que le courant de Cromwell qui était apparu géostrophique en 1958 ne l'était plus en 1961. MONTGOMERY (1962) a montré que l'on peut trouver dans le Pacifique Ouest un courant de Cromwell divisé en plusieurs noyaux et qu'il existe une continuité possible entre ces noyaux Est et le contre-courant équatorial Nord. TSUCHIYA (1961) a fait aussi les mêmes remarques.

L'analyse que nous avons faite de la variabilité des vitesses dans le temps ne permet pas de dire si de telles variations sont dues seulement à des modifications de l'intensité dans le temps ou aussi à des variations dans l'espace des limites géographiques du courant de Cromwell. Des variations dans l'espace ont déjà été détectées dans cette partie du Pacifique ; ISTOSHIN et KALASHNIKOV (1965) signalent que lors de la quatrième croisière du YU.M. SKOKAL SKYI il est possible que le contre-courant équatorial Nord ait déplacé le courant équatorial vers le Sud et que le courant de Cromwell ait formé alors un immense méandre entre 170°E et 180° ; de plus, ces auteurs ont mesuré une véritable migration du courant de Cromwell vers le Sud en quelques jours.

Le fait que les courants superficiels et subsuperficiels ne soient pas zonaux mais au contraire puissent se représenter en fonction de la profondeur comme un vecteur tournant rend difficilement acceptables les modèles de circulation équatoriale théoriques bâtis à partir de l'hypothèse de courants zonaux ; ces modèles de circulation étayés par des mesures effectuées dans le Pacifique oriental ne peuvent probablement pas s'appliquer à la circulation équatoriale du Pacifique occidental ; il se confirme ainsi qu'il n'est pas possible de concevoir un même type de courant de Cromwell de l'Ouest à l'Est du Pacifique.

BIBLIOGRAPHIE

- ISTOSHIN Yu.V. and KALASHNIKOV A.A. (1966) - The Cromwell current in the western part of the Pacific. *Oceanology*, 5 (6), (english translation).
- KNAUSS J.A. (1960) - Measurements of the Cromwell current. *Deep Sea Res.*, 6 (4) : 265-285.
- KNAUSS J.A. (1966) - Further measurements and observations on the Cromwell current. *J. Mar. Res.*, 24 (2) : 205-239.
- MONTGOMERY R.B. (1962) - Equatorial undercurrent observations in Review J. *Oceanogr. Soc. Japan*, 20th anniversary vol., 487-498.
- MONTGOMERY R.B. and STROUP E.D. (1962) - Equatorial waters and currents at 150°W in July-August 1952. *The John Hopkins Oceanographic studies*, n° 1, John Hopkins Press, Baltimore, 68 p.

551.465.53