

**RAPPORT DE STAGE AU PMEL/NOAA
MOUILLAGES ATLAS**

(Jacques GRELET)

INTRODUCTION

L'objectif de ce stage, effectué du 20 mars au 11 avril 1987 dans les laboratoires du PMEL/NOAA de Seattle fut de me familiariser avec le montage et le mouillage des bouées ATLAS (Autonomous Temperature Line Acquisition System).

Ces mouillages, équipés de chaînes à thermistance, permettent une surveillance continue de la structure thermique de l'océan dans la couche 0-500 m. Les bouées de surface sont équipées de capteurs mesurant la vitesse et la direction du vent ainsi que la température de l'air. Les données sont transmises en temps réel depuis la bouée par l'intermédiaire du réseau ARGOS.

Les quatre bouées ATLAS du rail 165°E sont principalement installées et entretenues lors des campagnes océanographiques du N/O Coriolis. Ces bouées sont financées par les Etats Unis (5°N 2°N et 2°S) mais aussi par la France (5°S) sur contrats MRES et PNEDC. Dans ces conditions, il s'est avéré opportun qu'un technicien du laboratoire effectue un stage de formation sur la fabrication et la maintenance de ces bouées.

Les quinze premiers jours de ce stage ont été consacrés à la préparation de trois mouillages en vue de leur expédition au port de Miami pour la prochaine mission dans le Pacifique Tropical. La dernière semaine m'a permis d'approfondir un certain nombre d'aspects particuliers de ce mouillage avec les techniciens américains.

Je m'attacherai donc, tout au long de ce rapport, à décrire certains points techniques tels que :

- La description des chaînes à thermistances
- L'essai en tension du câble nylon
- L'étalonnage des capteurs
- La description de l'électronique de surface
- L'utilisation du terminal "Radio Shack"

Avant toute explication il faut bien avoir à l'esprit que les choix effectués lors de la conception de ces bouées ont été fonction de :

- L'économie
- La simplicité
- La fiabilité

J'ai eu pendant toute la durée de ce stage l'occasion de m'apercevoir qu'il était parfois difficile de concilier ces trois impératifs.

DESCRIPTION DE LA CHAÎNE A THERMISTANCES

Le travail est réalisé à l'atelier de montage du PMEL. La chaîne à thermistances est constituée de 10 POD (électronique d'acquisition plus capteur) répartis sur une longueur de câble de 500 m.

Le câble électrique à trois conducteurs est coupé à des longueurs définies par les profondeurs d'immersion des POD. Chaque POD est constitué d'un corps cylindrique en PVC et de deux embouts qui font office de terminaisons pour le câble électrique. La liaison embout / câble est réalisée par une coulée d'époxy comme pour les câbles porteurs du mouillage. Le câble électrique est alors dénudé à chaque extrémité pour réaliser la liaison avec la carte électronique.

La thermistance mesurant la température est soudée directement sur l'électronique.

Les joints toriques sont montés sur les embouts et l'électronique est moulée avec de la résine dans le corps du POD. Cette solution est maintenant abandonnée car il est impossible d'intervenir rapidement sur une électronique en panne (il faut couper le câble aux extrémités du POD et refaire le montage réalisé à l'atelier, temps minimum : 24 heures).

En cas de problèmes sur le bateau, il fallait donc, systématiquement changer la chaîne. Sur les nouveaux POD, l'électronique est au préalable moulée dans une résine (Devcon) et la liaison avec le câble se fait au moyen de micro-connecteurs étanches (6 par POD). L'échange d'une électronique défectueuse est alors possible rapidement. Il est à noter qu'il est grandement conseillé d'embarquer avec des cartes supplémentaires sur le bateau.

Le câble est protégé à l'endroit de sa fixation sur la bouée par une pièce en aluminium, prolongée à ses extrémités par un tuyau plastique armé et rempli de résine Uréthane (Flexane 80 Devcon).

Nota : Pour une description plus détaillée d'un POD et du mouillage, se reporter aux Fig 1 et 2.

ESSAI EN TENSION DU CÂBLE NYLON

Pour calculer au plus juste la longueur de nylon nécessaire à chaque mouillage, tous les câbles neufs sont testés en élongation sur une ancienne piste d'atterrissage.

Le test comprend trois phases :

- Une traction de 300 kg et la mesure de la longueur
- Une traction de 1250 kg et la mesure de la longueur + une pause de 5 minutes
- Une traction de 60 kg et la mesure de la longueur

La valeur de 1250 kg correspond à un allongement de 10% du câble.
L'allongement du câble peut être de 42% avant rupture.

Le cordage est arrimé à un crochet à même le sol et est tiré par un élévateur. Les mesures sont lues sur un tensiomètre digital.

Les câbles sont enroulés et déroulés en même temps sur le plateau d'un camion. Leurs longueurs sont mesurées avec précision car de ces mesures dépendra la solidité du mouillage.

La longueur des câbles est d'environ 700 m et pour chaque mouillage, la dernière bobine est marquée tous les 50 m afin de pouvoir effectuer des mesures précises sur le bateau.

Calcul de la longueur de nylon à mouiller :

Si l'on appelle "L" la profondeur mesurée au sondeur et "C" la longueur de câble d'acier, la longueur "l" du mouillage s'exprime de la façon suivante :

$$l = (L-C) \times k \quad \text{avec } k = 0.99 \text{ si le fond est plat} \\ k = 0.98 \text{ si le fond est accidenté}$$

Le câble d'acier est préparé à l'atelier par longueur de 100 m et les terminaisons sont assemblées à l'époxy (les efforts sont répartis de façon uniforme sur tous les torons du câble et ceci sans affaiblissement des propriétés mécaniques).

Nota : Une description du câble acier est donnée figure 3.

ETALONNAGE DES CAPTEURS

Tous les capteurs d'une même chaîne sont étalonnés avec leur électronique dans un bain dont la température est contrôlée par un capteur de marque Sea Bird. La réalisation des capteurs (corps et électronique) est sous-traitée. Les capteurs sont reliés à l'électronique d'acquisition à laquelle est connecté un TRS80 (micro-ordinateur Tandy modèle 100) sur lequel les données sont d'abord lues, puis transmises à une imprimante. On fait varier la température du bain de 5 à 32° tous les 3° puis de 32° à 8° tous les 6°, les valeurs en hexadécimal sont notées sur l'imprimante ainsi que la fréquence du capteur SBE.

Les capteurs de pression sont étalonnés sur banc de 10 bars en 10 bars.

Le laboratoire informatique où sont traitées les données ARGOS se charge ensuite de calculer les différentes constantes pour chaque capteur.

UTILISATION DU TERMINAL RADIO SHACK

Le calculateur portable TRS80 modèle 100 est utilisé comme terminal pour l'électronique d'acquisition de la bouée. Ses fonctions sont les suivantes :

- vérification des données de surface
- vérification des données de la chaîne
- initialisation de l'électronique

En connectant un récepteur ARGOS Telonics à ce micro-ordinateur, on peut très facilement vérifier la bonne émission des données ainsi que leurs exactitudes.

Lors de mon séjour à Seattle j'ai acheté un micro-ordinateur identique afin de pouvoir effectuer ces tests par nous mêmes. De plus, le groupe SURTROPAC a acheté dès mon retour un récepteur Telonics pour vérifier le bon

fonctionnement des émetteurs ARGOS des systèmes XBT. Ce récepteur pourra être aussi utilisé pour les mouillages des bouées ATLAS.

Voici en détail les commandes utilisées par le logiciel de la bouée :

- SET : initialisation de l'électronique
- GAP : fait avancer la bande magnétique pendant 30 s
- FAS : modifie l'intervalle d'acquisition des capteurs
- WND : visualise les valeurs relatives à la direction et à la vitesse du vent
- TMP : visualise les valeurs de surface et de la chaîne
- DEP : visualise pour les premières 12 heures, toutes les minutes les valeurs du vent et toutes les 4 minutes les valeurs de la chaîne.

Les valeurs sont toutes lues en hexadécimal, la conversion en vraie grandeur peut être faite rapidement pour l'heure et le vent mais pour la pression et la température il est nécessaire d'avoir les coefficients d'étalonnage.

Nota : Différents exemples sont décrits en figure 4

DESCRIPTION DE L'ELECTRONIQUE DE SURFACE

L'électronique du tube est construite autour des trois cartes suivantes :

- Carte CPU
- Carte I/O
- Carte pour capteur de vent

La carte CPU est constituée des éléments suivants :

- une alimentation 5 volts
- un port parallèle pour commander le lecteur Mémodyne
- une sortie RS232 à 300 bauds pour le terminal série
- une horloge programmable
- une mémoire de 8K octets

La carte I/O comprend :

- 2 alimentations séparées pour les chaînes de capteurs
- un décodeur d'adresse
- un module déterminant l'intervalle de temps entre deux moyennes
- un compteur pour convertir le signal modulé en courant issu des capteurs
- un bus pour les registres de contrôle et d'état
- un UART (unité de transmission) au format ARGOS

La carte de vent comprend :

- un convertisseur Analogique Digital pour la direction

- un circuit de comptage pour la vitesse
- un convertisseur de phase pour la direction de la bouée
- un bus de données

Il a été rajouté entre l'électronique et les différentes connections avec l'extérieur des filtres RF car les émissions radio des bateaux passant à proximité de la bouée détruisaient l'électronique.

Les batteries sont au Lithium et permettent au mouillage de fonctionner pendant 14 mois. Elles sont protégées sur le sommet avec un papier isolant provenant de batteries EGG pour un bon fonctionnement du compas. Le tube est rempli lors de sa fermeture avec de l'azote.

Lors de mon séjour au laboratoire PMEL/NOAA, une électronique modifiée était en cours de validation. Ses nouvelles caractéristiques sont :

- électronique à basse consommation
- nouveau transmetteur ARGOS
- émission des données toutes les minutes dans une fenêtre de quatre par jour sélectionnée en fonction du passage des satellites
- nouveau logiciel écrit en Forth permettant une adaptation aisée de l'électronique à des besoins particuliers
- nouveau circuit d'alimentation des capteurs avec protection contre les court-circuits

Cette électronique bien que performante va bientôt être abandonnée car elle utilise de nombreux composants périphériques au microprocesseur.

Le laboratoire de la NOAA étudie actuellement un système basé autour du microprocesseur 16 bits Motorola 6811 qui ne nécessite qu'une dizaine de composants périphériques. Géré par un logiciel puissant, le tout sera relié à un émetteur ARGOS de faible encombrement. Ce type de système devrait se généraliser sur les équipements de la prochaine génération mais pour l'instant le coût en est trop élevé pour respecter les critères définis dans le cahier des charges.

REMARQUES PARTICULIERES

L'électronique du tube est testée pendant 2 semaines dans une étuve à 40°C afin de déceler d'éventuelles défaillances des composants.

Les batteries sont livrées montées et il a été nécessaire de rajouter une résistance sur les fils d'alimentation afin de limiter le courant de sortie car ces piles sont munies d'un fusible interne de protection qu'il n'est pas possible de remplacer.

Il peut être nécessaire de démonter le PTT (transmetteur ARGOS) pour modifier la position des interrupteurs S2, S3 et S4 si l'on veut changer les caractéristiques de l'émetteur.

CONCLUSION

Je pense que l'utilité d'un tel stage n'est plus à démontrer. Son intérêt, outre la formation aux techniques de montage des bouées ATLAS m'a permis de travailler au sein d'une équipe de techniciens dynamiques et d'acquérir de nouvelles techniques de travail.

Les méthodes utilisées pour la préparation et le déploiement des mouillages (check-list, informatisation des fournisseurs, gestion des pièces détachées etc ..), ont pu être réutilisées pour nos propres besoins avec succès (préparation du matériel XBT, préparation du matériel physique lors des campagnes, gestion des stocks).

J'ai pu lors de la campagne SURTROPAC 9 réaliser la deuxième phase du stage : le mouillage des bouées et leur mise en route sur le site. Grâce aux conseils des techniciens américains présents sur le N/O Coriolis, j'ai pu réaliser entièrement le mouillage de deux bouées ATLAS et mettre ainsi en pratique les enseignements du stage réalisé au PMEL/NOAA.

Il serait certainement très intéressant, dans un proche avenir, que je puisse effectuer une mission sur un navire américain. Cette proposition m'a été faite lors de mon séjour à Seattle. Je pourrais ainsi parfaire les aspects techniques de mon stage et me familiariser avec les méthodes de travail utilisées à bord de leurs navires de recherche.

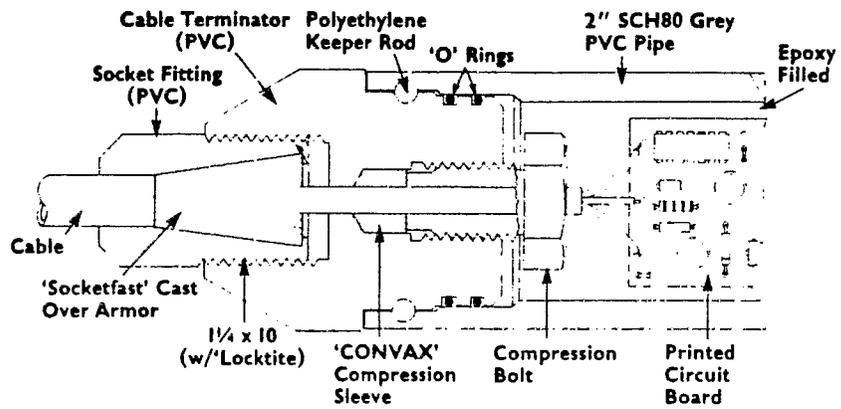


Fig 1 : Description détaillée d'un capteur de température de la chaîne à thermistance (POD)

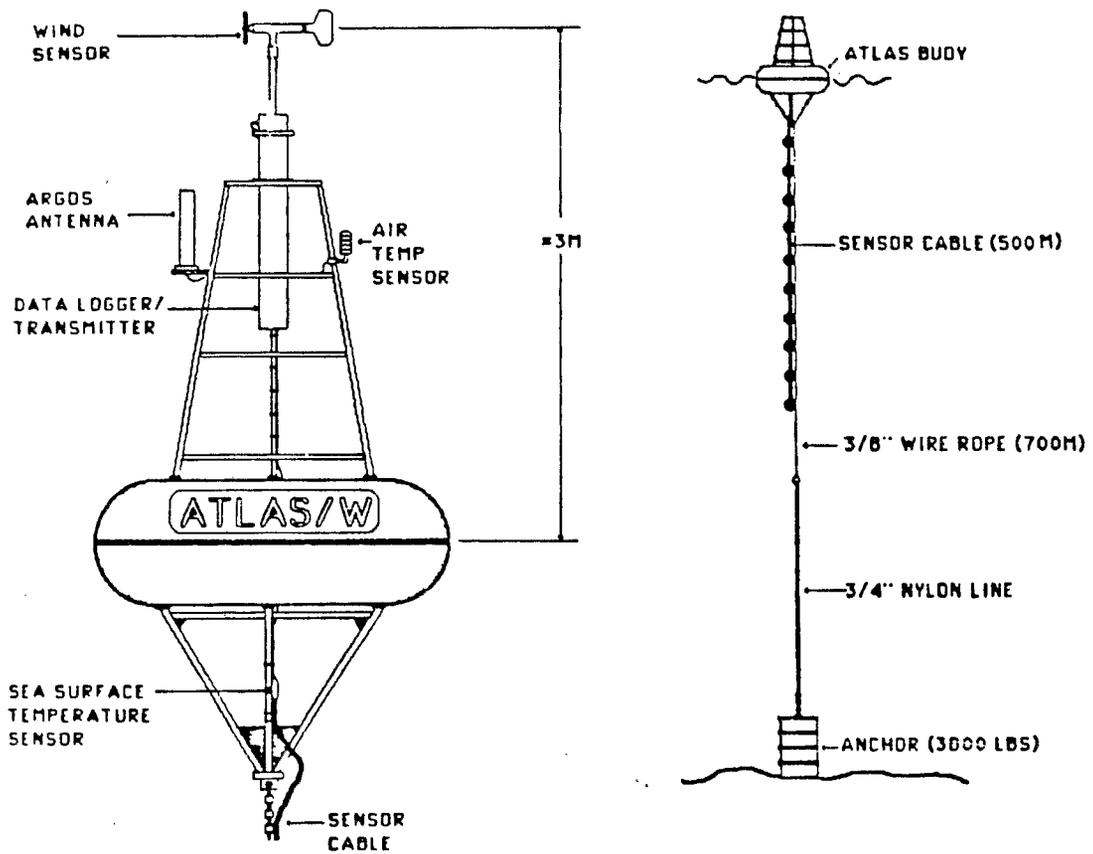


Fig. 2 : Description de la bouée de surface munie de ses capteurs.
Synoptique du mouillage ATLAS.

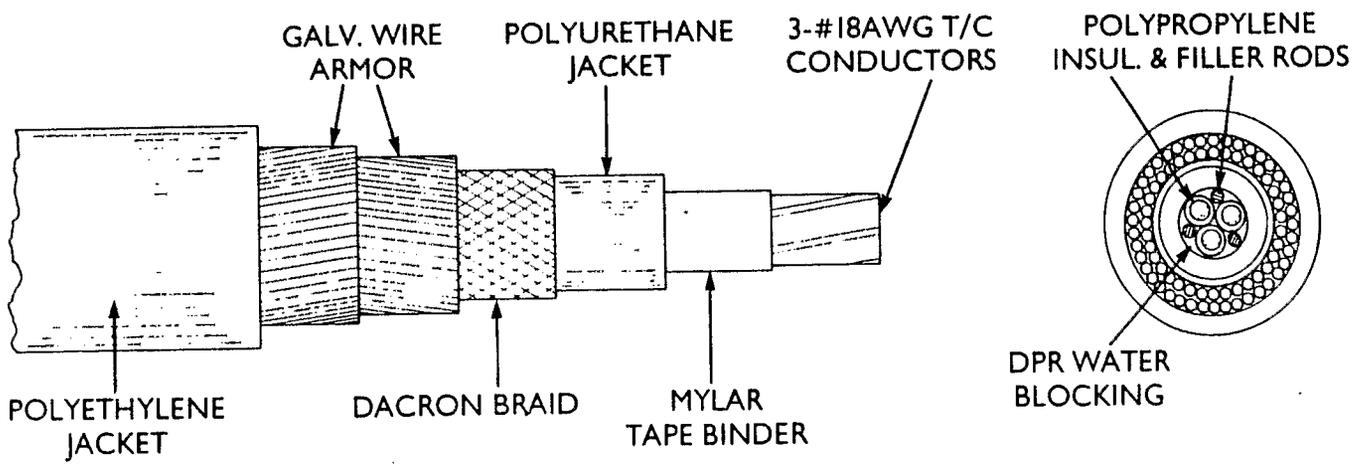


Fig 3 : Description du câble électrique de la chaîne à thermistance

DATE	U	V	FOOF	CKSUM			
DATE	U	V	FOOF	CKSUM			
DATE	U	V	FOOF	CKSUM			
DATE	U	V	FOOF	CKSUM			
DATE	AT	SST	20M	40M	60M	80M	100M
120M	140M	180M	300M	500M	P300M	P500M	CKSUM

Format des données - Mode Initialisation de l'électronique

XX	XX	XX	XX	XX	XX		
TM	DT	UU	VV	FO	OF	XX	CK
TM	DT	UU	VV	FO	OF	XX	CK
TM	DT	UU	VV	FO	OF	XX	CK
TM	DT	UU	VV	FO	OF	XX	CK

Format des données de surface reçues avec le récepteur Telonics (ARGOS)

XX	XX	XX	XX	XX	XX		
TM	DT	20	20	40	40	20	20
40	40	60	60	80	80	100	100
120	120	140	140	180	180	300	300
500	500	300F	300P	500P	500P	CK	SM

Format des données de la chaîne à thermistance reçues avec le récepteur Telonics

Fig 4 : Format des données disponibles sur le terminal Radio Shack