

DOCUMENT 4.5.

PRÉSENTATION DES BALISES ARGOS

Michel PEBERAY

*Responsable Commercial Balises Argos
ÉLECTRONIQUE MARCEL DASSAULT
Saint-Cloud, FRANCE*

RÉSUMÉ

L'Électronique Marcel DASSAULT a développé sous contrat du CNES les principaux éléments du Système ARGOS : les équipements embarqués sur satellites TIROS-N, les stations d'orbitographie et les balises permettant de collecter des informations dans les différents domaines concernant l'environnement.

Ces balises équipent : des bouées, des bateaux, des ballons, qui sont localisés par les satellites, et des stations fixes pour la collecte de donnée seule.

Pour ces différentes utilisations, EMD a livré plus de 200 balises dont le fonctionnement est parfaitement satisfaisant.

1. INTRODUCTION

Depuis 1963, l'Électronique Marcel DASSAULT a participé à la plupart des programmes spatiaux du Centre National d'Études Spatiales - CNES - .

Cette participation s'est concrétisée par l'étude et la réalisation d'équipements spécifiques soit pour les satellites de la série Diamant, soit pour des applications sol.

En particulier, le CNES a confié à l'EMD une participation importante au programme EOLE de localisation et de collecte de données par satellite.

1.1. Programme EOLE

Ce satellite était prévu initialement pour l'étude de la carte des vents dans l'hémisphère sud. Pour ce programme, outre certains équipements pour le satellite, l'EMD a réalisé en cinq mois les 500 répondeurs en électronique friable pour les ballons. Chaque répondeur, affecté d'une adresse, était interrogé par le satellite auquel il transmettait un message permettant son identification, sa localisation et le recueil des données (température, pression, etc.).

Par la suite l'EMD a réalisé une cinquantaine de répondeurs EOLE adaptés pour des expériences complémentaires :

- mesures océanographiques (courants marins, dérive d'icebergs),
- transmission de messages à partir de navires,
- expérience de géodésie.

Ce programme auquel ont participé de nombreux pays a été un succès complet.

1.2. Programme ARGOS

L'expérience acquise au cours du programme EOLE a permis à l'EMD d'être choisi par le CNES pour étudier et réaliser les principaux éléments du système de localisation et de collecte de données ARGOS.

L'originalité de ce programme réside dans le système d'accès aléatoire. Les balises ne sont que de simples émetteurs qui transmettent leurs données indépendamment de toute interrogation du satellite et de toute synchronisation.

Pour ce programme, EMD a réalisé :

- les ensembles de réception et de traitement qui équiperont les huit satellites TIROS-N,
- les stations d'orbitographie qui forment le maillage de référence du système ARGOS,
- et enfin, les balises opérationnelles pour les différents domaines d'utilisation prévus par le système :
 - . maritime
 - . terrestre
 - . aérien.

Ces balises sont conçues pour assurer la collecte de données sur l'environnement et éventuellement pour permettre leur localisation.

Pour tenir compte de la durée du programme opérationnel (au moins jusqu'en 1985) et permettre, en conséquence, aux utilisateurs de prévoir une ou plusieurs expériences de longue durée au cours de ce programme, la fiabilité de l'électronique a été particulièrement étudiée. Notamment, l'électronique est réalisée en composants de classe militaire.

2. PRÉSENTATION DES BALISES ARGOS

L'équipement minimum nécessaire pour utiliser le système ARGOS se compose de l'ensemble électronique, de son interconnexion et de l'antenne.

Cet équipement minimal, adaptable à tous les domaines d'utilisation, est prévu pour les utilisateurs qui disposent d'une alimentation en tension continue non régulée et d'un support permettant l'intégration de l'électronique avec ses propres équipements.

Des éléments supplémentaires peuvent être fournis de façon à assurer éventuellement l'entière autonomie de la balise :

- boîtier pour installation au sol, sur bouée ou sur navire
- alimentation secteur.

Ou pour permettre des utilisations particulières :

- sous-ensemble piloté par microprocesseur à faible consommation, permettant le prélèvement des données capteurs à heures fixes et leur mise en mémoire entre deux prélèvements
- sous-ensemble «minuterie» permettant de commander périodiquement la mise en marche et l'arrêt de la balise.

3. DESCRIPTION DES DIFFÉRENTES VERSIONS D'UTILISATION

Suivant les caractéristiques de l'oscillateur choisi, chaque balise peut assurer la localisation et la collecte de données ou seulement la collecte de données.

3.1. Balise pour bouée

Cette balise comprend :

- une électronique
- un boîtier contenant l'électronique
- une antenne (séparée du boîtier).

3.2. Balise pour navire ou station sol

Cette balise comprend :

- une électronique
- une alimentation par secteur ou batterie
- un coffret contenant l'électronique et éventuellement l'alimentation secteur
- une antenne (séparée du boîtier).

3.3. Balise pour ballon

Une version de l'électronique ARGOS a été développée pour fonctionner dans la gamme de température de -70°C à $+60^{\circ}\text{C}$.

4. DESCRIPTION DE L'ÉLECTRONIQUE

L'électronique des balises est conçue pour fonctionner dans les conditions d'environnement les plus sévères. Elle est constituée par :

- le sous-ensemble UHF avec son oscillateur ultra-stable,

- le sous-ensemble de traitement des données capteurs (SETDS) et le sous-ensemble alimentation-minuterie,
- l'interconnexion.

Dans ce système, les balises ne sont pas interrogées par les satellites. Elles émettent régulièrement à une cadence suffisante pour être reçues plusieurs fois par le satellite à chaque passage de ce dernier (cf. Tableau des caractéristiques techniques).

5. DESCRIPTION DE L'ENSEMBLE ÉLECTRONIQUE

5.1. Le sous-ensemble UHF

Le sous-ensemble UHF assure la génération du signal radio fréquence à 401,650 MHz, modulé en phase par le message PCM généré par le «Sous-ensemble de Traitement des Signaux» (SETDS).

L'émission régulière de ce signal est déclenchée par un ordre provenant de la minuterie. La cadence de cette émission peut varier de 40 s à 200 s par pas de 10 s, et sa durée de 360 à 920 ms suivant la longueur du message capteur qui peut comprendre de 32 à 256 bits.

La fréquence porteuse est élaborée par multiplication de la fréquence du signal délivré par l'oscillateur ultra stable. Les stabilités de fréquence à court et moyen terme de cette porteuse, sur laquelle le satellite effectue les mesures de fréquence Doppler, déterminent les performances de localisation du système.

Le sous-ensemble UHF se compose essentiellement des circuits de multiplication en fréquence, de modulation et d'émission à 401,650 MHz.

5.2. L'oscillateur ultra stable OUS

L'oscillateur ultra stable délivre le signal de référence utilisé pour l'élaboration de la porteuse radiofréquence et des rythmes digitaux nécessaires au fonctionnement du SETDS.

Deux types d'OUS sont qualifiés :

- un OUS localisable de faible consommation (4 mA), gamme de température -5°C à $+35^{\circ}\text{C}$ - Gradient à $0,5^{\circ}\text{C}$ par 20 mn
- un OUS localisable également de faible consommation (4 mA), gamme de température -40°C à $+60^{\circ}\text{C}$ - Gradient à $0,1^{\circ}\text{C}$ par 20 mn.

5.3. Le sous-ensemble alimentation - minuterie

A partir de la tension continue non régulée, plage de variation de tension admissible 16 à 35 V, le sous-ensemble alimentation élabore les différentes tensions continues régulées, et cadencées au rythme de l'émission, nécessaire au fonctionnement de l'ensemble électronique.

Le sous-ensemble alimentation est équipé d'un circuit de protection contre les émissions permanentes, qui agit dès que la durée de l'émission est égale à 2 secondes, ainsi que d'un dispositif qui stoppe l'émission si la tension d'alimentation est trop faible (seuil à 13 volts environ).

La minuterie contrôle la cadence des émissions, dont la périodicité s'étend de 40 à 200 s par pas de 10 s, programmable par cavaliers.

Consommation de l'électronique :

- en dehors de l'émission 0,5 mA
- pendant l'émission IEE = 0,7 A

TABLEAU DES CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES

Emission

- fréquence émission = 401.65 MHz \pm 3.10⁻⁶
- stabilité à long terme = \pm 5.10⁻⁶/an
- puissance délivrée au pied de l'antenne = 3 W^{+ 0,5}
- 1,5 dB
- stabilité de puissance durant une émission = meilleur que 0,5 dB
- temps d'établissement en puissance (10 à 90 %) = \leq 1 ms
- modulation : - type = biphase avec filtrage de
prémodulation
- indice = 1,1 \pm 0,1 rad

Oscillateur ultra-stable

Spécifications de stabilité :

- long terme sur 2 h = $\Delta f/f \leq 10^{-6}$
- moyen terme sur 20 mn = $\Delta f/f \leq 10^{-8}$
- court terme sur 100 ms = (variance d'Allan) $\Delta f/f \leq 10^{-6}$
- fréquence de calage = \pm 3.10⁻⁶
- dérive due au vieillissement = \pm 5.10⁻⁶ par an

Accès capteurs

- codage des données = mot de 8 bits
- rythme digital = 400 bits/s
- signaux de servitude envoyés aux capteurs :
 - créneau émission (commun à tous les capteurs)
 - horloge 800 Hz de transfert (commune à tous les capteurs)
 - créneau de transfert (commun à tous les capteurs)
 - créneaux interrogation (1 par capteur).

Caractéristiques mécaniques et climatiques (Version standard)

- température de fonctionnement = - 55° C à + 60° C (hors OUS)
- température de stockage = - 55° C à + 70° C
- humidité relative = 95 % à + 55° C
- vibrations = gamme de 1 à 25 Hz
amplitude crête-crête
- choc = 11 ms 50 g

A titre d'exemple, les caractéristiques de consommation moyenne sont les suivantes :

- pour une balise non localisable équipée de 4 capteurs : 2 mA
- pour une balise localisable équipée de 4 capteurs : 5,1 mA

5.4. Le sous-ensemble de traitement des signaux - SETDS -

Le SETDS a pour fonction d'assurer les tâches concernant :

- l'organisation de la séquence d'émission
- l'élaboration du message PCM transmis à 400 bits/s en biphase au modulateur
- l'organisation du transfert des informations des capteurs
- le transcodage en un message binaire série, à partir des informations délivrées par les circuits électroniques propres aux capteurs.

6. NATURE DES MESSAGES ÉMIS

6.1. Nombre de capteurs :

1 à 8 en version standard. En option : extension à 24 capteurs par adjonction d'une carte.

6.2. Signaux capteurs (binaires uniquement) :

- soit par mot de 8 bits par entrée capteur,
- soit par message série de 1 à 256 bits sur une seule entrée capteur.

6.3. Messages standards

Les messages standards se composent de mots de 8 bits avec un maximum de 32 mots de 8 bits. La longueur du message capteur émis est programmable par groupe de 4 capteurs ou de 32 bits.

Il est parfois utile de coder les informations en provenance de certains capteurs sur plus de 8 bits. Dans ce cas, il est nécessaire, pour traiter les informations au sol, que chaque groupe de 32 bits comprenne un nombre entier de mots ou de messages en provenance des capteurs.

7. UTILISATION DU SYSTEME ARGOS

La mise en service du système ARGOS, à peine deux jours après le lancement du satellite s'est déroulée de façon parfaite.

Les équipements embarqués, le réseau des stations d'orbitographie et les balises de probation, tous de fabrication EMD, ont parfaitement fonctionné dès la mise en service du satellite avec des performances, surtout en localisation, meilleures que prévues.

Actuellement, à peu près 300 balises ont été fabriquées par EMD. Elles sont affectées à différents programmes et en particulier :

- elles équipent les bouées SAFARE - CROUZET de la Météorologie Nationale Française qui participent à la PEMG et les bouées du Centre National d'Exploitation des Océans pour des expériences d'océanologie,

- elles équipent les ballons du Laboratoire de Météorologie Dynamique pour l'expérience BALSAMINE dans le cadre de MONEX,
- placées sur des icebergs autour du Pôle Sud, elles permettent d'étudier leur dérive,
- elles équiperont prochainement des stations de collecte de données hydrologiques. Une station fonctionne déjà en Afrique,
- des expériences ont lieu actuellement pour mesurer les hauteurs de la neige en montagne, en sismologie pour déterminer les épicentres de séisme, en météorologie pour la collecte des données au sol ou en mer.
- enfin, à titre d'expérience, elles équiperont les voiliers de la prochaine Transat française.

