

**COLLECTE DE DONNEES D'ENVIRONNEMENT PAR SATELLITE
ET SON APPLICATION DANS LE CADRE D'UN RESEAU HYDROLOGIQUE**

B. FROMANTIN

1 INTRODUCTION

La surveillance d'un réseau hydrologique peut s'effectuer de différentes manières :

- a) mémorisation des données sur le site (sur papier ou sur mémoire électronique),
- b) transmission par radio ou téléphone,
- c) transmission par satellite.

La solution (a), mémorisation des données sur le site, implique pour l'utilisateur la nécessité d'aller régulièrement sur chaque site recueillir les données mémorisées.

Ce système :

- ne lui permet donc pas de disposer des données dans un délai rapide surtout si le réseau est très étendu,
- est très coûteux en exploitation puisqu'il faut se rendre fréquemment sur le site,
- ne permet pas d'avoir d'informations sur l'état du matériel entre deux visites (si la plateforme de mesure tombe en panne l'utilisateur ne s'en apercevra que quand il se rendra à nouveau sur le site).

La solution (b), transmission par radio ou téléphone, n'est envisageable que sur des réseaux assez peu étendus, dans les zones où le relief est relativement plat car les liaisons radio entre les plateformes d'émission et la station de réception ne s'établissent qu'en portée optique (ce qui nécessite une étude préalable approfondie).

Si la zone est montagneuse, cette solution devient vite rédhitoire en prix car il faut utiliser des stations relais sur les points hauts des montagnes, avec tous les inconvénients que ceci implique au point de vue installation et mise en oeuvre.

De même, si le réseau est étendu, il faut nécessairement des émetteurs à forte puissance ce qui pose des problèmes d'alimentation mais également de maintenance car les émetteurs sont en général complexes.

Enfin, il est de plus en plus difficile d'obtenir des fréquences radio disponibles et les brouillages (en particulier dans les pays au climat tropical ou équatorial) sont assez fréquents.

La solution (c), transmission par satellite, présente par rapport aux systèmes précédents des avantages certains :

- Elle permet de constituer des réseaux s'étendant sur plusieurs centaines, voire plusieurs milliers de kilomètres autour d'une station de réception.
- Le matériel de transmission est simple, peu encombrant, facile à installer, peu consommateur d'énergie et très fiable.
- Les plateformes de transmission sont toutes identiques, quelle que soit la distance qui les sépare de la station de réception, ce qui facilite les problèmes de mise en oeuvre, de maintenance et de dépannage.
- Les problèmes de brouillage sont inexistant car les fréquences utilisées pour les liaisons par satellite ont été choisies par les agences spatiales en tenant compte des phénomènes radio-atmosphériques et sont réservées exclusivement à cet usage.

2 DIFFERENTS TYPES DE SATELLITES UTILISABLES

2.1 Deux grandes catégories de satellites sont utilisables pour la collecte de données d'environnement.

Les satellites à défilement (ARGOS) qui ont une couverture mondiale (deux satellites à 800 km d'altitude en orbite polaire).

Les satellites géostationnaires (METEOSAT, GOES, GMS) qui couvrent chacun une portion du globe.

METEOSAT : Europe, Afrique, Pays du Golfe, Madagascar, La Réunion.

GOES : Amérique du Nord et du Sud.

GMS : Pacifique, Japon, Indonésie, Chine partie Est.

L'Océan Indien (Inde, Pakistan en particulier) n'est pour le moment pas couvert par un satellite géostationnaire.

On trouvera ci-après résumées les caractéristiques de ces deux types de systèmes.

PRESENTATION SCHEMATIQUE DES DEUX SYSTEMES DE TELETRANSMISSION PAR SATELLITE UTILISABLES

ARGOS

METEOSAT (GOES, GMS)

Même fonction : collecte des données

- <u>Zone de couverture</u> :	- <u>Zone de couverture</u> :
Totalité du Globe	Zone de visibilité du satellite 1/3 du globe entre 65° de latitude Nord et 65° de latitude Sud.
- <u>Caractéristiques générales de l'émetteur</u> :	- <u>Caractéristiques générales de l'émetteur</u> :
· longueur du message transmis : 256 bits max	· longueur du message transmis : 5104 bits (canal normal) 184 bits (canal d'alerte)
· émission périodique (toutes les 100 à 200 s)	· émission à heure fixe (canal normal)* · émission instantanée (canal d'alerte)
· fréquence fixe 401,65 MHz	· 66 canaux de fréquence différente existent sur le satellite à partir de 402 MHz
· adresse de la plateforme attribuée par le Service ARGOS	
- <u>Réception des données</u> :	La fréquence et l'heure d'émission sont fixées par l'ESA (Agence Spatiale Européenne).
1°) Par un centre spécialisé (Centre ARGOS aux USA ou en FRANCE) avec dissémination des résultats aux utilisateurs par télex, par envoi de listings ou bandes magnétiques.	- <u>Réception de données</u>
2°) Par une station locale de réception directe développée par CEIS-Espace et décrite ci-après	1°) Par le Centre spécialisé de l'ESA à DARMSTADT (RFA) avec dissémination des résultats aux utilisateurs par le réseau GTS (Système Global de Télécommunication) sous forme de télex, listings ou bandes magnétiques
	2°) Par une station locale de réception satellite directe développée par CEIS et décrite ci-après.

* Canal d'alerte permet de transmettre instantanément un message d'alerte (dépassement de seuil)

NOTA : Les plateformes METEOSAT peuvent être utilisées avec les satellites GOES et GMS.

2.2 AVANTAGES ET INCONVENIENTS

ARGOS

Le système ARGOS présente l'avantage d'être un système à couverture mondiale, donc utilisable dans n'importe quel endroit du globe.

La longueur du message qui peut être transmis au satellite est de 256 bits ce qui est généralement suffisant pour des applications hydrologiques où le nombre de capteurs est peu élevé (hauteur pluviométrique, température, hygrométrie,...).

Le message n'est évidemment transmis au satellite puis renvoyé à la station de réception que lorsque le satellite passe au-dessus de la plateforme hydrologique. La fréquence de passage du satellite au-dessus d'un site est fonction de la latitude de ce site (à l'équateur 4 à 6 fois par jour, à 45° de latitude 8 à 10 fois par jour, au pôle 16 à 18 fois par jour).

Le temps d'attente entre deux passages satellites peut varier entre 100 minutes et 6 heures.

METEOSAT (GOES, GMS)

S'agissant de satellites géostationnaires qui sont donc toujours visibles, il est théoriquement possible de retransmettre les données des plateformes en permanence vers les satellites.

Cette solution aurait l'inconvénient de limiter très vite le nombre d'utilisateurs du système.

C'est pourquoi il a été prévu deux modes d'utilisation du satellite :

- transmission à heures fixes (le temps s'écoulant entre deux transmissions étant fonction des besoins de l'utilisateur sans que ce temps, sauf cas très exceptionnel, ne puisse être inférieur à une heure, trois heures étant le cas le plus courant).
- transmission sur alerte (la transmission est dans ce cas immédiate dès qu'un capteur délivre une information considérée comme critique : dépassement d'un seuil sur une hauteur d'eau, une vitesse de vent, une température).

A noter que dans ce cas, la longueur du message transmis est de 185 bits maximum au lieu de 5104 bits maximum dans le cas d'une transmission à heures fixes.

Le mode le plus couramment utilisé est la transmission à heures fixes.

Les deux modes peuvent cohabiter (transmission à heures fixes + transmission sur alerte).

La transmission sur alerte n'est pratiquement jamais utilisée seule.

3 CHOIX D'UN SYSTEME DE TRANSMISSION (ARGOS ou METEOSAT - GOES - GMS)

Le choix d'un système de transmission se fait en analysant avec les utilisateurs les points suivants :

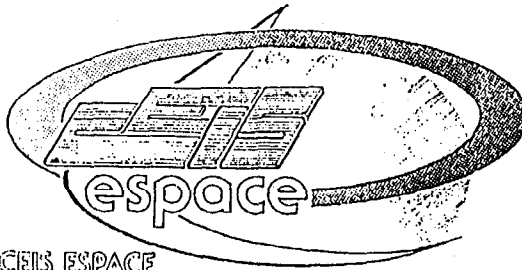
- 1) Où sera installé le système ?
- 2) Quelle est la fréquence de transmission souhaitée pour les données ?
- 3) Quelle est la longueur maximum du message à transmettre ?
- 4) Y-a-t-il nécessité d'un canal d'alerte ou non ?

La réponse précise à ces questions permet d'orienter l'utilisateur vers l'un ou l'autre des systèmes qui sont complémentaires et non pas concurrents.

4 LES EQUIPEMENTS (PLATEFORME DE TRANSMISSION ET STATION DE RECEPTION)

On trouvera ci-après une documentation succincte présentant :

- Un exemple de plateforme de transmission hydrologique par satellite ARGOS (PH11).
- Une description des stations de réception ARGOS et METEOSAT (SRDA 86 et SRM 87).



CEIS ESPACE

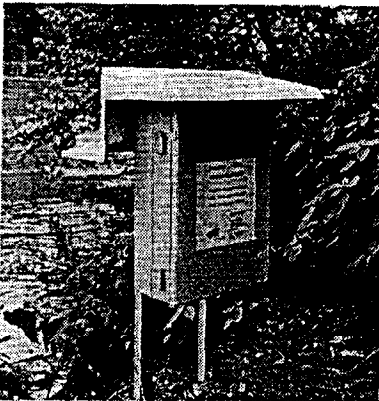
PLATEFORME DE COLLECTE

DE DONNEES AUTONOME

PH 11

Z.I. THIBAUD - RUE DES FRERES BOUDES - 31084 TOULOUSE CEDEX FRANCE

TEL. 61 44 39 31 - TELEX 521 039 F



Les plateformes autonomes PH 11 assurent l'acquisition de données hydrométéorologiques (hauteur et température d'eau, pluviométrie) et leur télétransmission par satellite à défilement (ARGOS) ou géostationnaires (METEOSAT, GOES, GMS).

Associées à une station de réception ARGOS (SRDA86) ou METEOSAT (SRDM 85), elles permettent de constituer des réseaux complets de télésurveillance de bassins fluviaux, retenues d'eau, etc,...

La plateforme PH 11 se présente sous la forme d'un ensemble compact, robuste, facile à installer et autonome grâce à sa batterie rechargée par panneau solaire.

Description

Elle est constituée par :

- un limnigraphe à capteur de pression piézorésistif associé à une sonde de température d'eau,
- un pluviomètre à augets basculants (option),
- un abri en polyester très robuste contenant lui-même un coffret étanche pour l'électronique d'acquisition et de transmission,
- en option, une mémoire statique amovible de 64 Ko peut-être installée pour assurer la mémorisation des hauteurs d'eau sur de longues périodes (plusieurs semaines à plusieurs mois suivant la fréquence des relevés),
- une batterie avec régulateur de tension,
- un double toit supportant également le panneau solaire.

Paramètres transmis

- en version de base :
 - . Hauteur d'eau
 - . Température d'eau
 - . Température interne du coffret
 - . Tension batterie et contrôle de panneau solaire

- en option :

- . Pluviométrie
- . Nombre d'octets enregistrés sur la mémoire statique amovible de 64 Ko si celle-ci est présente.
- . Autres paramètres, sur demande.

Fonctionnement type avec un émetteur ARGOS

- Relevé de la hauteur d'eau toutes les demi heures et mémorisation de 15 mesures successives correspondant à une période de 7 heures. La durée entre deux passages satellite étant au maximum de 6 H 30 mn à l'équateur, aucune information n'est perdue à la réception par l'utilisateur qui dispose de l'intégralité des relevés mémorisés
- Pour la température de l'eau, seule l'information relevée au moment du passage du satellite est transmise. Il en est de même pour la mesure cumulée de la pluviométrie si cette option existe.
- Les paramètres technologiques transmis systématiquement sont la température interne du coffret renfermant l'émetteur et l'électronique ainsi que la tension batterie et le contrôle du panneau solaire.

Fonctionnement type avec un émetteur METEOSAT

- L'utilisation du système METEOSAT permet la réception des données à heures fixes relevées par exemple aux heures synoptiques.
- Chaque message peut avoir une longueur maximum de 5104 bits utiles pour les transmissions de données.
- Eventuellement, un canal d'alerte peut être couple au canal normal d'émission et transmettre immédiatement des informations lors du franchissement d'un seuil prédéfini sur l'un des capteurs.

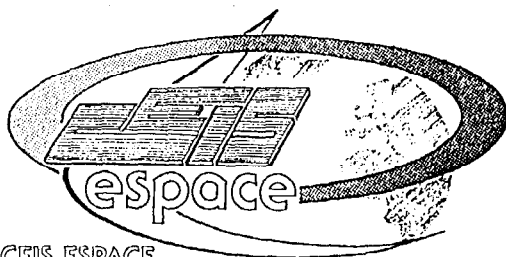
Option mémoire statique 64 Ko amovible

Cette mémoire permet d'enregistrer et de mémoriser la hauteur d'eau chaque fois que celle-ci varie d'un pas constant réglable par l'utilisateur. Son autonomie est fonction de l'amplitude de ce pas et des fluctuations du niveau du cours d'eau, elle peut varier de quelques semaines à quelques mois.

L'information nombre d'octets enregistrés sur la mémoire est également transmise dans le message ARGOS afin de prévoir son échange en temps voulu. La relecture de cette mémoire est possible à l'aide d'un lecteur de cartouche mémoire spécifique (LCM).

Caractéristiques techniques générales

- Fixation au sol sur deux supports UPN
- Dimensions de l'abri : 25 cm X 70 cm X 45 cm
- Dimensions du toit : 65 cm X 75 cm X 35 cm
- Poids : 40 Kg
- Conditions d'environnement : 0 à +60°C en fonctionnement
-55°C à +85°C en stockage
- Alimentation : 12 V



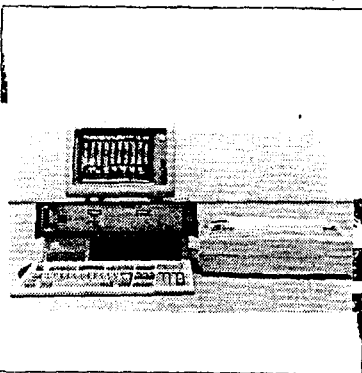
CEIS ESPACE

STATION DE RECEPTION

directe ARGOS

SRDA 86

Z.I. THIBAUD - RUE DES FRERES BOUDES - 31084 TOULOUSE CEDEX FRANCE
TEL. 61.44.39.31 - TELEX 521 039 F



La station SRDA 86 permet, par le système ARGOS, de recevoir et de traiter les informations de collecte de données émises par des plateformes de mesure situées dans un rayon de 2 500 km autour de la verticale du satellite à condition que celui-ci soit en visibilité directe de la station de réception.

Les mesures transmises peuvent être d'ordre météorologique, hydrologique, océanologique, sismologique, etc....

Conçue avec un matériel robuste, fiable et modulaire, la SRDA 86 est de mise en oeuvre facile pour un coût de maintenance minime.

PRESENTATION

En version de base, la station comprend :

- une antenne avec préamplificateur,
- Un récepteur en version table,
- Un synchronisateur de télémétrie sur une carte au format IBM PC (inclus dans le calculateur),
- Un calculateur type IBM PC XT ou compatible avec mémoire de masse, clavier, moniteur couleur et imprimante pour édition des résultats,
- Un logiciel de base associé au calculateur.

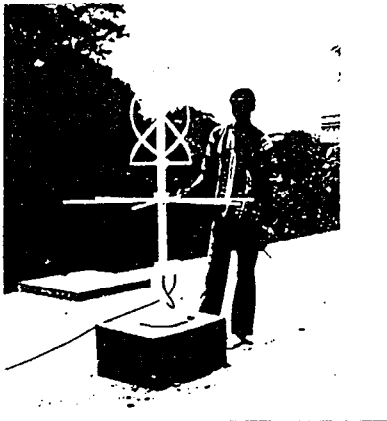
INFORMATIONS OBTENUES

Traitées par le logiciel de base :

- Numéro de la plateforme
- Niveau de réception
- Nombre de capteurs associés à la plateforme
- Mesures enregistrées par ces capteurs

Traitées par un logiciel complémentaire :

- Numéros de code des plateformes reçus lors du passage satellite
- Prévisions de passage des satellites,
- Transformation des données brutes en grandeurs physiques
- Calcul de moyennes, mini, maxi, seuil d'alerte, etc....



ANTENNE : Fixe, Omnidirectionnelle, de type tourniquet.

- gamme de fréquence : 135 - 140 Mhz
- impédance : 50 Ohms
- gain : 3 db
- polarisation circulaire droite
- hauteur totale : 1,70 m
- diamètre plan de sol : 1,30 m
- Poids : 9 Kg
- Tenue au vent : 160 Km/h

Avec préamplificateur accordé :

- gain : 13 à 32 db
- gain de réglage : 30 db
- Fo : 137,27 Mhz
- impédance d'entrée : 50 Ohms

RECEPTEUR DE TELEMESURE

- Fréquence de réception 136,77 ou 137,77 Mhz en fonction du satellite
- Bande passante de sortie 27 Khz
- Présentation en coffret version table

SYNCHRONISATEUR DE TELEMESURE

Constitué d'un synchronisateur de bits et d'un synchronisateur de format.

- Rythme de bits : 8320 bits/seconde
- Modulation type slip phase-mode PCM
- Temps d'acquisition < 12 ms
- Temps d'accrochage boucle < 4 ms
- Présentation sous forme d'une carte IBM PC (Format long)

SOUS ENSEMBLE INFORMATIQUE

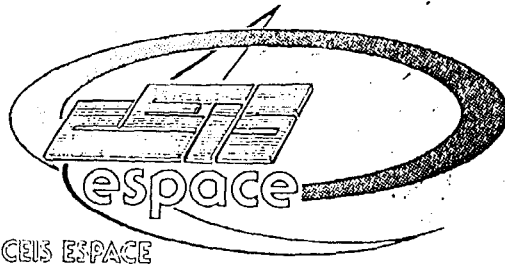
Le matériel se compose de :

- Un ordinateur IBM PC XT (ou compatible)
- Un clavier écran couleur
- Une unité centrale avec : mémoire vive : 640 Ko
mémoire de masse : disque dur : 20 Mo
mémoire de masse : disquettes 5 1/4 : 360 Ko
Liaison série asynchrone RS 232
Liaison parallèle type centronics pour imprimante
Carte horloge
- Une imprimante 132 colonnes pour édition des résultats

ALIMENTATION

Tension : 110 V ou 220 V)
(à préciser à la commande
Fréquence : 60 Hz ou 50 Hz)

Sur option : alimentation secourue avec une autonomie de 15,30 ou 60 minutes.

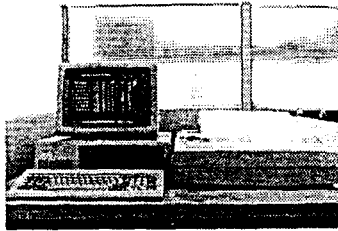


STATION DE RECEPTION

directe METEOSAT

SRDM 85

Z.I. THIBAUD - RUE DES FRERES BOUDES - 31084 TOULOUSE CEDEX FRANCE
TEL. 61 44 39 31 - TELEX 521 039 F



La station SRDM 85 assure par l'intermédiaire du canal WEFAX (1694,5 Mhz) du satellite METEOSAT, la réception et le traitement des données transmises par les plateformes de collecte de données :

Domaines d'application

Météorologie, hydrologie, climatologie, sismologie, pollution, off-shore, etc,...

En option, un tiroir image associé à un moniteur vidéo permet de recevoir en temps réel les images METEOSAT du canal WEFAX (domaine infrarouge et visible) retransmises par l'Agence Spatiale Européenne à DARMSTADT.

Présentation

La SRDM 85 est constituée par :

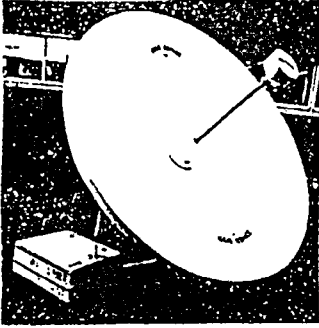
- Une antenne parabolique et de son support,
- Un préamplificateur convertisseur de fréquence placé au pied de l'antenne,
- Un récepteur 137 Mhz associé à un synchronisateur sous forme de 2 cartes au format IBM PC incluses dans le calculateur,
- Un calculateur de type IBM XT ou compatible avec écran graphique couleur, disque dur de 20 Mo, clavier, ports série et parallèle,
- Une imprimante 132 colonnes pour édition des résultats.

En version de base, l'utilisateur dispose des logiciels suivants :

- Acquisition en temps réel des messages en provenance des plateformes,
- Sélection des plateformes à suivre (40 en standard, ou plus en option),
- Sélection d'une plateforme particulière,
- Edition de toutes les données des plateformes en code hexadécimal ou ASCII,
- Vérification permanente de la qualité de la transmission.

En option :

- Logiciel d'application universel permettant la restitution en grandeurs physiques des informations reçues et leur édition sur imprimante, et ce, quel que soit le



format des messages balises et les courbes d'échelonnement des capteurs associés.

- Tout autre logiciel spécifique ou intégration de modèle.

Antenne :

Fréquence de fonctionnement : 1,7 Ghz
Parabole de 1,5 m montée sur support orientable manuellement.

Polarisation linéaire.

Poids : 32 Kg

Préamplificateur convertisseur :

Gain : 34 dBm

Fréquence d'entrée : 1 694,5 Mhz

Fréquence de sortie : 137,0 Mhz

Récepteur :

- Fréquence nominale de réception : 137,5 Mhz \pm 50 KHz

- Facteur de bruit \leq 2 db

- Sensibilité : - 100 dBm à + 10 dBm

- Impédance d'entrée : 50 Ω

Synchronisateur :

- de bits : . Signal d'entrée : biphase sinusoïdale

. Impédance d'entrée : 680 Ω

. Fréquence de bits : 12 500 bits/seconde

- de format : . Contrôleur de protocole HDLC

. Microcontrôleur avec mémoire morte et mémoire vive

. Interface RS 232 pour communication avec l'unité centrale du calculateur fonctionnant à 19 200 bits/seconde.

Option image

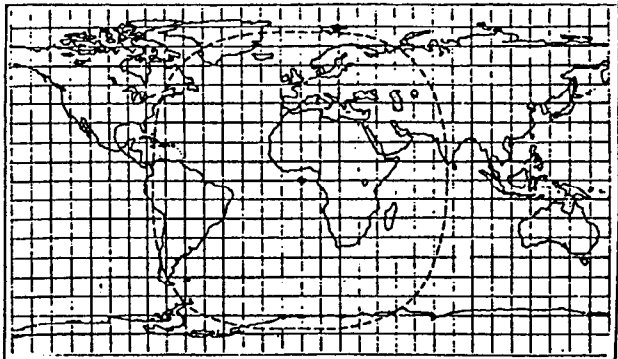
Pour les utilisateurs souhaitant disposer des images de couverture nuageuse et infra-rouge pour leurs prévisions météorologiques, un tiroir de décodage d'images et un moniteur de visualisation peuvent être adjoint à la station SRDM 85.

Réception des données transmises par les plateformes de collecte :

Durée : 17 s toutes les 4 mn (le temps restant est occupé par la transmission des images météorologiques).

Zone de visibilité

La station SRDM 85 peut recevoir toutes les plateformes placées dans la Zone représentée ci-contre, quelle que soit son implantation dans cette même zone.



DISCUSSION

De Marsily s'interroge sur la place disponible sur les satellites. La réponse est fournie par Fromantin et Pouyaud : Sur le système ARGOS, en Europe et en Mer du Nord, le taux d'occupation est de 85%. Mais il est possible de diminuer beaucoup l'occupation par un effort conjoint des utilisateurs et des constructeurs. Comme en plus il devrait y avoir de nouveaux satellites utilisés par ARGOS, on peut avancer le chiffre de 1 000 balises possibles dans l'avenir, en comparaison des 250 actuellement supportées par le système. Il faut aussi ajouter qu'il y a beaucoup plus de places disponibles en Afrique qu'en France. Pour le système METEOSAT, il y a 120 balises installées pour 3.400 possibles.

A une nouvelle question de de Marsily sur le pourcentage d'erreurs de chaque système, Brun donne le chiffre de 1 bit faux sur 100 000 (10^{-5}) pour le matériel CENTRALP. Fromantin donne une fiabilité à 85% pour les appareils CEIS. Pouyaud cite le cas de la station d'Odienne qui reçoit les messages de balises placées en Guinée. Il y a 4 à 6 passages chaque jour, avec 4 à 6 messages à chaque passage. Il y a toujours eu au moins 2 messages bons à chaque passage.

Cambon pose le problème des orages pour les liaisons radios développées par CENTRALP. Pour supprimer ce risque Brun indique qu'il faut un système double, radio et téléphone.