

UTILISATION DES SATELLITES ARTIFICIELS A DEFILEMENT  
POUR LA COLLECTE DES DONNEES HYDROLOGIQUES

Son utilisation au BRESIL sur le Bassin de l'Amazone  
par

Jacques CALLEDE, Docteur-Ingénieur,  
ORSTOM (France)

Ministère des Mines et de l'Energie  
DCRH / DNAEE  
BRASILIA ( Brésil)

Dès l'arrivée des satellites de collecte de données, les hydrologues de l'ORSTOM (ex-Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer) se sont préoccupés de les utiliser pour la collecte, en temps réel, des données hydrologiques. Cela a commencé d'abord avec le Projet EOLE (1971) puis continué avec l'arrivée de METEOSAT et du Système ARGOS.

1 LA PHASE D' EVALUATION ET DE RECHERCHE TECHNOLOGIQUE

En 1978, profitant d'une mission (sur un tout autre sujet) en Afrique de l'Ouest, j'ai eu la possibilité, grâce au concours des constructeurs et des gestionnaires des satellites, d'évaluer les possibilités de METEOSAT (satellite géostationnaire, équivalent européen des GOES américains) et du Système ARGOS (satellite à défilement). Cette expérimentation s'est déroulée sur environ 6 mois et a montré tout l'intérêt de cette nouvelle technique. Elle a permis, également, de définir les critères technologiques à adopter, surtout en ce qui concernaient les modifications à apporter aux stations limnigraphiques existantes. De même, nous avons pu définir les spécifications techniques à demander aux constructeurs pour répondre, enfin, aux besoins des hydrologues, car la préoccupation majeure de ceux-ci se limitait uniquement aux besoins de la collecte météorologique.

07 DEC. 1994

R.S.T.O.M. Fonds Documentaire

N° : 41594

Cpte : B

Une seconde évaluation s'est effectuée conjointement avec la Météorologie Nationale française pour l'emploi de METEOSAT. Cette expérience a eu lieu en GUYANE FRANÇAISE, à SAINT-LAURENT du MARONI. Elle a montré toute la valeur de la collecte via les satellites géostationnaires, mais surtout la limitation d'emploi du Système mondial des télécommunications météorologiques.

## 2 PREMIERES APPLICATIONS OPERATIONNELLES DU SYSTEME ARGOS

Dès 1980, une première application opérationnelle s'est effectuée au SOUDAN, dans le delta intérieur du Nil Blanc (SUDD). Une seconde a eu lieu, presque simultanément, au SENEGAL pour une étude de barrages souterrains. De même, l'emploi des satellites a été approuvé, en FRANCE, tant pour les hydrologues du Bassin de la Seine que pour ceux de la Loire.

Le bassin du fleuve Niger, en Afrique, est en cours d'équipement (65 stations) et il en est de même pour la zone où intervient l'Organisation Mondiale de la Santé (!) pour la lutte contre un fléau africain, l'onchocercose. En effet, cette Organisation doit connaître, avec une bonne précision, les débits des rivières où ses avions, ou ses hélicoptères déverseront, le jour même, des doses d'insecticide nécessaires à tuer les larves des "simulis" mais qui devront être sans aucun effet dangereux sur les poissons.

Il y a également plusieurs autres projets en préparation: INDONESIE, EGYPTE, BOLIVIE.

Toutes ces applications utilisent les satellites à défilement, plus commodes d'emploi que les satellites géostationnaires. En effet, le satellite à défilement s'affranchit des problèmes de réglage et de contrôle d'une horloge interne à la station au sol, horloge qui ne doit pas dériver de plus de 20 secondes/an pour ne pas perturber l'émission d'une autre station. En plus l'antenne d'une station-sol utilisant un géostationnaire est d'une dimension suffisante pour en faire un beau perchoir à oiseaux ou pour attirer un oeil

tant soit peu vandale.

### 3 LA TECHNOLOGIE UTILISEE SUR LES STATIONS HYDROMETRIQUES POUR LA TELETRANSMISSION PAR SATELLITES A DEFILEMENT.

- Capteurs: ce sont les capteurs (limnigraphes et pluviographes) utilisés habituellement par les hydrologues de chaque pays. Sont utilisés les limnigraphes OTT (type X ou XX), SEBA (type OMEGA) et LEUPOLD and STEVENS (type A71 ou SERVOMANOMETER). Pour les pluviographes, tous les types à auget basculeur, équipés d'un dispositif générant un "top" à chaque basculement (contact à mercure, interrupteur REED) sont utilisables.

- Codeurs: à ces capteurs sont obligatoirement associés des codeurs donnant la valeur, en numération binaire, du phénomène mesuré par le capteur. Comme les stations hydrométriques sont éloignées de toute source d'énergie électrique, il faut alors trouver la solution la moins gourmande, ce qui amène souvent à choisir des codeurs mécaniques du type "absolu" (c'est à dire donnant la valeur exacte du paramètre mesuré et non une valeur incrémentale, en plus ou en moins). Citons en particulier les codeurs LEUPOLD and STEVENS (MEMOMARK, associé à un perforateur de ruban), NEYRTEC, Compagnie des Signaux et d'Entreprises Electriques (SIGTAYCOD). Certains autres codeurs sont incrémentaux et doivent être associés à une électronique de comptage absolument affranchie de tout risque de microcoupure dans l'alimentation en énergie électrique: citons les codeurs OTT et SEBA, bien utilisés également en télétransmission hydrologique.

- Electronique de transmission: elle est essentiellement constituée d'un émetteur fonctionnant dans la bande des 402 MHz. L'émission a lieu toutes les 120 secondes, que le satellite soit en visibilité ou non de la station hydrométrique. S'il est en visibilité, le message est reçu par le satellite et retransmis ensuite. Sinon le message est perdu. Le message ne peut pas dépasser 256 bits, valeur bien souvent

insuffisante pour d'autres applications, mais qui se révèle confortable pour son utilisation en Amazonie.

Par contre, la consommation en énergie électrique est très faible: de l'ordre de 50 mW. Ceci autorise l'utilisation de piles sèches de grande diffusion et qui donnent cependant une autonomie de l'ordre de l'année.

- Antenne: elle est de dimension très réduite, protégée par un randome hémisphérique de 10 cm de rayon : le risque de destruction par vandalisme est donc très réduit.

#### 4 LE RETOUR DES DONNEES AUX SERVICES UTILISATEURS:

C'est le maillon le plus faible de la chaîne. Plusieurs solutions peuvent être utilisées: consultation des archives du Service gestionnaire du satellite (installé à TOULOUSE, pour le Système ARGOS) par téléphone ou par telex, emploi du Service international des télécommunications météorologiques (GTS), utilisation en temps différé des archives du Service gestionnaire transférées sur support informatique (bandes magnétiques, listings, etc..). Dans les meilleurs cas de figure, en FRANCE, un délai de 6 à 12 heures est nécessaire. Pour l'Amérique du Sud... c'est plus long!

Une solution très souple consiste à s'équiper d'une station de réception indépendante, qui va recevoir, sur 147 Mhz, les messages du satellite et les sortir sur une imprimante et sur une unité de disques magnétiques. Malheureusement, il semblerait que le Service ARGOS n'apprécie guère cette solution, où les utilisateurs échappent à son contrôle : la réémission sur 147 Mhz va ainsi disparaître sur les futurs satellites et, sauf à s'équiper avec une antenne de poursuite, délicate et onéreuse, pour recevoir les signaux en 2 Ghz, il nous sera alors bien obligé de repasser par le biais du telex (ou du réseau TRANSPAC) et de TOULOUSE, solution également chère, longue et peu fiable.

## 5 L'APPLICATION DU SYSTEME ARGOS AU BRESIL: LE RESEAU AMAZONIEN

En mai 1982, j'ai effectué une première mission de démonstration et d'évaluation d'un système de télétransmission par satellite à défilement, en installant une électronique de transmission à RESENDE, sur le Paraíba do Sul. Le retour des données s'effectuait, à BRASILIA, via le GTS (Service mondial des télécommunications météorologiques). En Octobre de la même année, une seconde station était installée à BOA VISTA (Roraima) tandis qu'une station de réception directe fonctionnait à BRASILIA.

Suite à cette démonstration et à une requête du Ministère des Mines et de l'Energie, le Gouvernement français coopérait à la mise en place d'un réseau de télétransmission par satellite sur le bassin amazonien en mettant à la disposition du BRESIL le matériel électronique nécessaire à sa réalisation.

Le réseau comprend:

- 21 électroniques d'émission: (2 autres électroniques d'émission devraient être fournies en 1986);
- 1 station de réception directe;
- 1 valise de test (vérification du bon fonctionnement des électroniques d'émission);
- 10 codeurs digitaux;
- 13 claviers "simplifiés" (constitués par 4 roues codeuses);
- 3 transcodeurs Gray/décimal, pour le contrôle du calage des codeurs.

Le réseau comprend, simultanément, 10 stations hydrométriques équipées (ou qui le seront prochainement) d'un limnigraphe à flotteur LEUPOLD and STEVENS auquel est associé mécaniquement le codeur digital et 13 stations équipées d'un clavier "simplifié" où l'observateur indiquera, 2 fois par jour, la hauteur d'eau de la rivière. Il est également possible

de mesurer la pluie: il suffit d'adjoindre un classique pluviographe à augets basculeurs, genre PLG8 de la Société HIDROLOGIA S.A. L'électronique comptera alors les impulsions des augets et télétransmettra le total cumulé. Enfin, 4 bits de contrôle permettent de vérifier un voltage suffisant des piles ou de connaître 3 événements par "tout ou rien".

L'énergie électrique est fournie, à chaque station, par une batterie de 9 piles RAY-O-VAC type 941, 6 volts, que l'on trouve un peu partout au BRESIL.

Le réseau est installé et exploité par la DCRH/DNAEE, où je travaille en coopération étroite avec Mr Paulo GARCIA, Ingénieur responsable des réseaux de télétransmission hydrologique. Les résultats sont reçus à BRASILIA sur la station de réception directe installée dans les locaux de DCRH/DNAEE. L'antenne se trouve sur le toit de l'immeuble. Les données télétransmises apparaissent sur une imprimante associée à la station et sont écrites sur 2 unités de disques souples. Une liaison supplémentaire permettra une insertion dans un réseau informatique plus puissant.

Etat d'avancement des travaux: au 1 Août 1985, 15 stations hydrométriques, sur les 21, sont équipées (7 avec limnigraphes, 8 avec claviers). Normalement, la totalité du réseau devrait fonctionner fin 1985. La station de réception directe fonctionne depuis Septembre 1984.

Traitements en informatique des données recues sur la station de réception directe: les programmes de traitement (sur microordinateur . SCOPUS) sont opérationnels depuis Mai 1985. Il reste seulement à réaliser le programme de liaison, suivant le protocole RS232C, entre la station et le microordinateur SCOPUS (actuellement les données sont rentrées sur le SCOPUS par lecture des disques souples créés sur la station de réception directe).

Les programmes de traitement consistent en:

a) lecture du disque souple formaté INTEL et écriture sur un disque souple formaté CP/M. Transformation du fichier binaire compacté en fichier Code ASCII. Association de ce fichier à un fichier Stations hydrométriques, décodage des données télétransmises, correction éventuelle d'une dérive en temps, calcul de la redondance des messages relatifs à une station. Tri ascendant en fonction des numéros Stations.

b) visualisation sur l'écran, station par station, de la date du passage satellite, des hauteur d'eau et de pluie du passage précédent, des hauteur d'eau et de la pluie du passage actuel. Validation ou corrections de ces valeurs, par la console et mise à jour du fichier Données télétransmises (classement station par station, jour par jour).

c) sauvegarde du fichier mis à jour.

Chacune de ces 3 phases se fait en enchaînement (utilitaires SUBMIT/EXECUTA, GERATP).

Tous les 10 jours, une sortie sur imprimante, en clair, est envoyée aux Services gestionnaires du réseau à BELEM, GOIANIA et MANAUS. Tous les mois, un disque souple du Fichier Données télétransmises est remis au responsable du réseau hydrométrique de DCRH/DNAEE.

## 6 LES PREMIERS RESULTATS DE TELETRANSMISSION PAR SATELLITE

Ils sont très encourageants. Une rapide statistique établie depuis que la chaîne de traitement est opérationnelle, soit Mai 1985, donne les résultats suivants, pour la période 1 Mai/31 Juillet et pour 11 stations:

- Nombre de passages par jour: il y a au moins 1 passage par jour, la valeur modale se situant entre 5 et 6 passages. Dans 70% des cas, il y a au moins 5 passages par jour. Vu les caractéristiques du bassin amazonien, 1 seul passage est suffisant: là nous avons une bonne marge de sécurité.

- Redondance des messages: durant un passage, le satellite peut recevoir et retransmettre jusqu'à 10 fois le même message d'une station: il suffit que le satellite soit à la fois en visibilité de ladite station et de BRASILIA. La réception de plusieurs messages identiques est une preuve de l'exactitude de la télétransmission.

Ici, nous avons environ 68% des messages qui sont répétés au moins une fois. Compte tenu du nombre de passages/jour nous pouvons estimer que 4 fois par jour, en moyenne, il y aura redondance dans la collecte.

- Erreur de transmission: le nombre de message faux est d'environ 3%. Les erreurs consistent généralement à un seul bit, sur la totalité du message, qui prend une valeur erronée. Lorsqu'il y a redondance, il est facile de détecter le mauvais message. Dans les autres cas, l'examen des valeurs précédentes ou suivantes permet à tout coup de détecter l'erreur de bit et de corriger, lors de la validation sur la console, la donnée télétransmise.

## Z LES PROJETS D'AVENIR AU BRESIL POUR CETTE TECHNIQUE

Malgré quelques problèmes de mise au point, il apparaît déjà que cette technique recueille une certaine approbation de la part des services hydrologiques brésiliens.

Un premier transfert de compétence s'effectue actuellement par la formation d'un technicien hydrologue brésilien qui sera capable d'installer les stations et d'y effectuer les travaux de maintenance 1 et 2 degrés.

En ce qui concerne le matériel, déjà l'INPE a réalisé un prototype d'électronique de transmission qui a été certifié par le Service ARGOS, gestionnaire du Système. Les industriels spécialisés en hydrométrie (HIDROLOGIA S.A., à RIO DE JANEIRO) suivent de très près cette technique et sont prêts à commercialiser les équipements nécessaires.



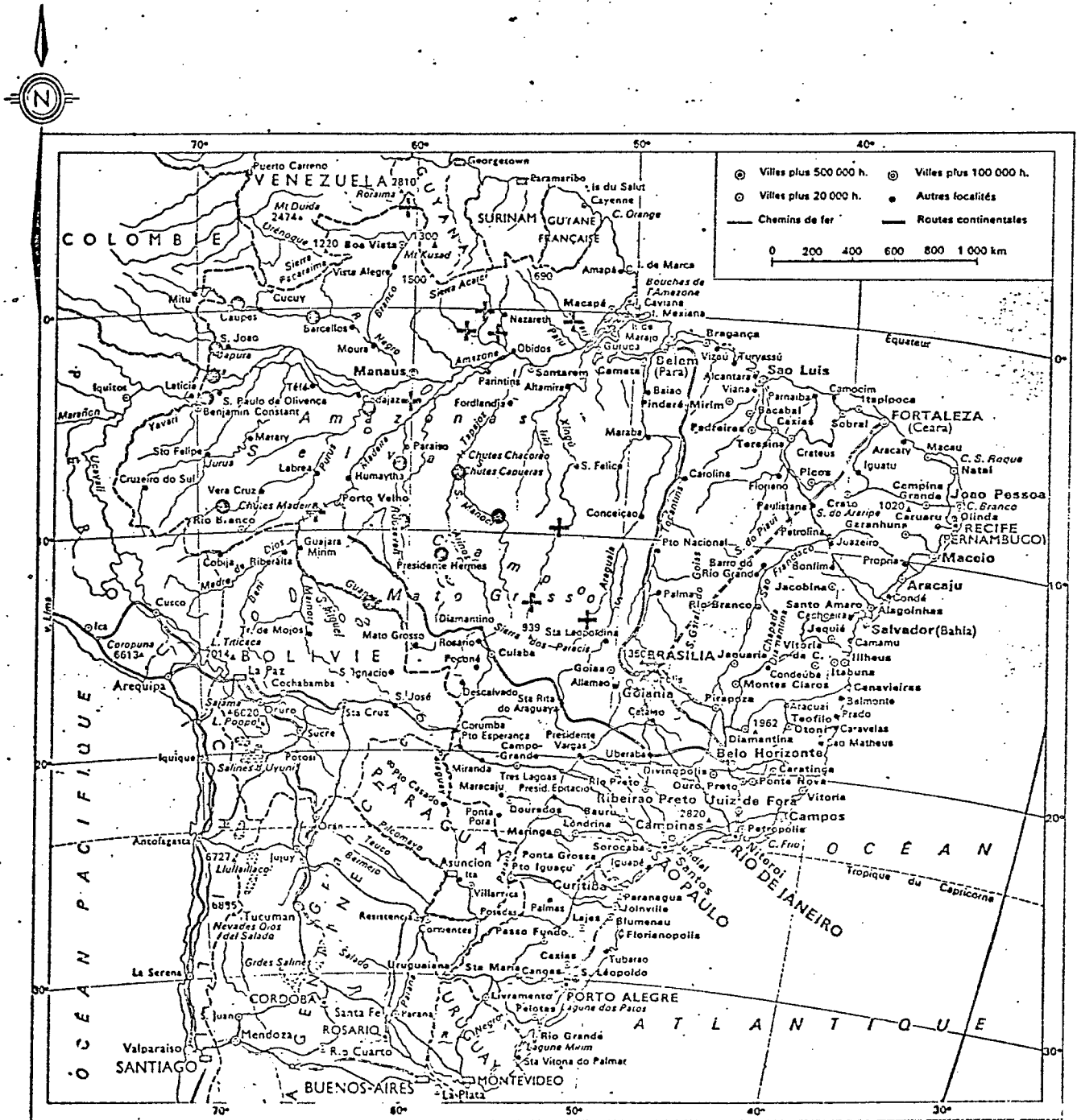
## 8 CONCLUSION

Dans les 5 années à venir, il n'est pas déraisonnable de penser que 200 à 250 stations seront équipées suivant cette technique, d'autant plus que le satellite brésilien de collecte de données, à orbite équatoriale basse (premier satellite au monde adoptant cette orbite, qui intéresse bien des pays, dont l'INDONESIE), sera compatible avec les émissions sur 402 MHz.

Il reste cependant à souhaiter que, pour le futur, les gestionnaires des satellites respectent leurs engagements initiaux et n'attendent pas que les utilisateurs se soient équipés pour alors leur faire payer très cher les services rendus par l'utilisation des satellites.

# Projet de télétransmission sur le bassin de l'Amazone (Système ARGOS)

## Emplacement des stations



★ station de réception

⊙ station à clavier

+ station automatique