

3.9 COOPERATION FRANCO-BRESILIENNE EN AMAZONIE :  
TRANSMISSION PAR SATELLITE DES HAUTEURS D'EAU  
DE L'AMAZONE ET DE SES AFFLUENTS

J. Callède\* et L.J. Claudino\*\*

RESUME

En Aout 1983, le Gouvernement français donnait une suite favorable à une requête du Gouvernement brésilien pour coopérer à l'installation et à l'exploitation d'un réseau de télétransmission par satellite des hauteurs d'eau de l'AMAZONE et de ses principaux affluents. Préalablement, une mission d'évaluation avait montré que les satellites à défilement, (SYSTEME ARGOS), étaient parfaitement adaptés à ce travail.

La participation française consiste à la fourniture du matériel électronique au sol et à l'assistance technique pour l'installation, l'exploitation du réseau et la formation des techniciens brésiliens. La participation brésilienne consiste à assumer la part logistique du projet.

Le réseau est géré par la Division de Contrôle des Ressources en eau (DCRH), dépendante du Ministère des Mines et de l'Energie.

Au 10 Juillet 1986, 20 stations hydrométriques, sur les 23 du projet, sont en fonctionnement: 8 sont équipées de limnigraphe avec codeur digital, les 12 autres, sans limnigraphe, sont équipées d'un clavier sur lequel l'observateur indique la hauteur d'eau de la rivière. Il sera possible, avec des capteurs de pluie, de mesurer automatiquement la pluviométrie journalière; éventuellement d'autres paramètres à condition d'installer les capteurs correspondants.

Une station de réception directe est installée à BRASILIA, avec liaison sur un minicalculateur où les messages reçus sont validés chaque jour avant d'être introduits dans la Banque de données de DCRH. En cas de défaillance de cette station, il est possible d'obtenir les messages via le Centre de réception de satellites de CACHOEIRA PAULISTA, géré par l'Institut National de Recherches Spatiales (INPE).

Les premières stations hydrométriques ont commencé de fonctionner dès Juin 1984 avec des résultats très significatifs qui montrent, à cette occasion, qu'en région amazonienne un réseau de télétransmission très fiable peut y être installé. Un autre point réside dans la très faible consommation en énergie électrique, qui permet d'utiliser seulement des piles ordinaires, disponibles un peu partout au BRESIL. Ces résultats sont de première importance, car il en résultera, vu les dimensions du bassin amazonien, une économie notable du coût de fonctionnement du réseau, en plus de la connaissance des paramètres en temps réel.

Il y a en moyenne de 4 à 6 collectes par jour, avec une bonne redondance des messages. Le taux des erreurs de transmission est de 3% sur le total des messages reçus. Les logiciels de traitement sont opérationnels depuis Mai 1985: ils permettent le transcodage, la visualisation et la correction éventuelle des erreurs par l'opérateur.

Ces 20 premières stations hydrométriques du bassin amazonien représentent, en vrai grandeur, ce qui peut se faire de plus moderne dans la technique de l'hydrologie en temps réel. Une extension aux autres bassins brésiliens est déjà envisagée.

\* Ingénieur de recherche ORSTOM, Consultant permanent auprès de DCRH/DNAEE - Brésil

\*\* Ingénieur électricien, DNAEE - Brésil

07 DEC. 1994

SATELLITE TRANSMISSION OF THE AMAZON RIVER AND TRIBUTARIES  
WATER LEVELS MEASUREMENTS

ABSTRACT

In August 1983, the French government gave effect to the Brazilian government's request to cooperate in the installation and exploitation of a satellite teletransmission network for the Amazon river and tributaries water levels measurements. Previously, an evaluation mission had shown the perfect availability of defilment satellite (ARGOS System) in that area.

The French participation consists in furnishing ground electronic materials and technical aid for installation, exploitation and for Brazilian technicians training. The Brazilian participation consists in assuming the logistic part of this project.

The network is managed by the Water Ressource Controle Division (DCRH), depending on the Mines and Energy Ministry.

On 10th July 1986, 20 hydrometrical stations, out of the 23 of the project, are working: 8 are equipped with a level water recorder and an encoder, others, without water recorder, are equipped with a manual encoder on which the observer indicates the river water level. It will be possible, with a rainfall sensor, to make daily rainfall measurement, and other parameters may be made if the adequate sensors are installed.

A direct reception station is installed in BRASILIA, with a minicomputer connexion, where the received messages are validated each day before their inscriptions in the data bank of the DCRH. In case of failure of this reception station, it is possible to get messages through the Satellite reception Centre installed in CACHOEIRA PAULISTA and managed by the Spacial Research National Institute (INPE).

The first hydrometrical stations began to run in June 1984, with very significant results which show, at that time, that in the Amazonian area, a very trustworthy teletransmission network can be installed. The second point consists in the fact that there is very small electrical consumption, which permits the use of regular batteries, available anywhere in BRAZIL. These results are of primary consequence: because of the Amazonian catchment size, there will be a considerable economy of the network operation cost, moreover real-time parameters knowledge.

There is an average of 4 to 6 daily collects, with a good message redundancy. The error rate is 3 per cent out of the total of the messages. The software has been operational since May 1985: it permits transcoding, visualization and a possible error rectification by the operator.

These first hydrometrical stations of the Amazonian catchment show, in real size, the most modern realization in technology of real time hydrology. The extension to other catchments is already being considered.

En Aout 1983, le Gouvernement français donnait une suite favorable à une requête du Gouvernement brésilien pour la fourniture du matériel électronique destiné à l'installation d'un réseau de télétransmission par satellite des hauteurs d'eau de l'AMAZONE et de ses principaux affluents. Un tel réseau s'avérait indispensable pour la connaissance, en temps réel, du régime instantané du bassin amazonien ceci pour les besoins de l'agriculture, de la navigation, de la gestion des ouvrages hydroélectriques ou hydroagricoles et aussi pour assurer, en temps utile, la sauvegarde des habitants en cas d'inondation.

#### POURQUOI UN SYSTEME DE TELETRANSMISSION PAR SATELLITE ?

Le système de télétransmission par satellite a été choisi suite à une mission d'évaluation, effectuée en 1982, par les Hydrologues de l'Institut français de Recherche Scientifique pour le développement en Coopération (ORSTOM) en liaison avec la Division de Contrôle des Ressources en eau (DCRH) du Département national des Eaux et de l'Energie Electrique (DNAEE) dépendant du Ministère des Mines et de l'Energie. La mission a permis, essentiellement, de se rendre compte que les satellites à défilement, comme ceux du SYSTEME ARGOS, sont parfaitement adaptés à la télétransmission en région amazonienne (Calède, 1982). Cette solution s'avère meilleure que l'utilisation des satellites géostationnaires, des moyens radioélectriques classiques, ou enfin du réseau téléphonique, ceci pour des raisons de facilités d'installation, d'alimentation en énergie électrique et de coût d'exploitation du réseau.

#### COMMENT FONCTIONNE LE SYSTEME DE TELETRANSMISSION PAR SATELLITE

- 2 satellites tournent en 105 minutes autour de la Terre en passant successivement au Pole nord puis au Pole Sud. Se déplaçant sur une orbite située à 850 km d'altitude, chaque satellite est, du fait de la rotation terrestre, en visibilité de tout point de la Terre au moins 2 fois par jour.

Entre autres équipements, le satellite possède, à bord, un récepteur ARGOS sur 403 Mhz et un ré-émetteur sur 137 Mhz. Un second circuit électronique, plus complexe, stocke les informations sur mémoire magnétique. Ce second circuit n'est pas utilisé pour le réseau amazonien.

-un certain nombre d'émetteurs au sol, appelés "balises" émettent sur 403 Mhz, régulièrement toutes les 2 minutes, que le satellite soit en vue de l'émetteur ou non. Si le satellite est en vue, le message est reçu, puis retransmis à la station de réception directe.

-une station de réception directe, reçoit, via le satellite sur 137 Mhz, les messages émis par les "balises", et retransmis chaque fois que le satellite est en visibilité de la station et de la "balise". Actuellement la station est installée à Brasilia, au Siège du Département National des Eaux et de l'Énergie Électrique (DNAEE) où les messages reçus sont automatiquement écrits sur une imprimante et sur une unité magnétique.

#### REPARTITION DE LA COOPERATION FRANCO/BRESILIENNE SUR LE PROJET DE TELETRANSMISSION PAR SATELLITE EN AMAZONIE

La participation française dans le Projet de Coopération consiste en la fourniture d'une station de réception directe, de 23 balises, et des matériels annexes non fabriqués au BRESIL. De même la FRANCE met à la disposition du BRESIL l'assistance technique, en l'occurrence un Conseiller technique à plein temps, pour la mise en fonctionnement du matériel, la réalisation des logiciels informatiques pour l'exploitation du réseau, la formation du personnel technique brésilien et le perfectionnement technologique en la matière.

La participation brésilienne consiste essentiellement à assumer la part logistique du projet: fournir l'infrastructure hydrométrique des points de mesure où seront installés les émetteurs, fournir les matériels et matériaux pour l'équipement de ces stations, mettre à disposition du Projet - dans le secteur informatique - les équipements nécessaires, prendre en charge les voyages du Conseiller technique lors de ses déplacements dans la zone du Projet, désigner les personnels qui travailleront en équipe avec le Conseiller technique de l'ORSTOM et qui recevront une formation technique au BRESIL ou à l'extérieur.

#### DESCRIPTION DU RESEAU DE TELETRANSMISSION HYDROLOGIQUE EN AMAZONIE

Au 1er Juin 1986, 20 stations sont déjà en fonctionnement; premier résultat de ce programme de Coopération franco-brésilienne effectué dans le cadre de la Convention DNAEE/CNPq/ORSTOM:

-8 stations sont équipées de limnigraphe, avec codeur digital relié à l'émetteur et transmettent automatiquement la hauteur d'eau sans aucune intervention de l'observateur de la station.

-12 stations, sans limnigraphe, sont équipées d'un clavier sur lequel l'observateur indique, 2 fois par jour, la hauteur d'eau de la rivière lue sur l'échelle.

Il sera possible, lorsque les capteurs de pluie seront installés, de mesurer automatiquement, sur la totalité des stations, la pluie tombée entre 2 passages successifs. De même manière, à chacune de ces stations, d'autres paramètres pourront être mesurés dès

que les capteurs nécessaires seront mis en place et reliés à la balise.

Les premières stations ont commencé à fonctionner dès Juin 1984 avec des résultats très significatifs, montrant à cette occasion qu'en région amazonienne un réseau de télétransmission très fiable peut y être installé.

Un autre point important, et qui doit être souligné, réside dans la faible consommation en énergie qui permet d'utiliser des piles 6 volts, disponibles un peu partout au BRESIL, avec une autonomie minimale de 8 mois de fonctionnement ininterrompu.

Ces résultats sont de première importance, vu les dimensions de la région amazonienne, les difficultés d'accès aux diverses stations et le temps perdu dans ces déplacements par les équipes de terrain pour l'entretien ou le dépannage des stations hydrométriques classiques. Il en résultera, principalement, une diminution du coût de fonctionnement du réseau et, en même temps avec la connaissance des paramètres en temps réel, la suivie du comportement hydrologique d'un des bassins hydrographiques les plus grands du Monde. Ceci confirme les prévisions des hydrologues québécois (Pesant, 1984), qui estiment que le coût de la télétransmission par satellite est amorti en 3 années de fonctionnement par l'économie réalisée sur les frais de tournées hydrologiques.

La station de réception directe, installée dans les locaux de DCRH/DNAEE/MME à BRASILIA, fonctionne depuis Septembre 1984. La sauvegarde de la collecte s'effectue en liaison avec l'Institut national de Recherches spatiales ( INPE ) qui reçoit lui-aussi les données ARGOS sur sa station de réception de CACHOEIRA PAULISTA, située entre SAO PAULO et RIO de JANEIRO. Cette possibilité de sauvegarde est des plus précieuse: elle s'effectue avec une réception dans la bande des 2 GHz (en multiplexage sur le canal image) tandis que le Service ARGOS laisse entendre que la retransmission sur 137 MHz sera supprimée dans quelques années... Aussi allons-nous réaliser une liaison ordinateur-telex afin de recevoir ces messages, via CACHOEIRA PAULISTA, sans aucune recopie humaine.

#### LES PREMIERS RESULTATS DE FONCTIONNEMENT DU RESEAU

Le réseau est opérationnel depuis Mai 1985. A cette date a commencé l'introduction des hauteurs d'eau, de manière automatique, dans la Banque de données hydrométriques de DCRH/SIH ( Système d'Informations Hydrométéorologiques ), avec les résultats suivants:

##### -Résultats de la collecte: nombre de passages par jour.

Environ 10 passages sont reçus chaque jour sur la station mais la moitié, environ, captent des "balises" qui ne sont pas du réseau amazonien. Dans 70% des cas, il y a au moins 4 passages par jour, la plus forte fréquence se situant entre 5 et 6 passages/jour.

-Vérification de la collecte: nombre de messages émis par une station durant un passage.

La durée d'un passage varie entre quelques secondes et une quinzaine de minutes. Comme les "balises" émettent toutes les 2 minutes, il est possible de recevoir jusqu'à 8 messages d'une "balise" lors

d'un passage. Or la répétition de messages identiques est une garantie de transmission exacte de la collecte. Les premiers résultats montrent que 68% des messages sont répétés au moins 1 fois. Compte tenu du nombre de passages par jour, chaque station voit sa collecte répétée environ 4 fois par jour.

-Erreurs de transmission:

3% des messages présentent une erreur de transmission. Cette erreur est très facilement éliminée lorsqu'il y a répétition du message lors d'un même passage. Dans le cas d'un message unique, le technicien chargé de la validation de la collecte, sur ordinateur, va déceler l'erreur par comparaison aux valeurs transmises lors des passages précédents. Jusqu'à présent aucun message n'a été perdu ou inexploité et ceci depuis Mai 1985.

### LE TRAITEMENT INFORMATIQUE DE LA COLLECTE

Depuis Mai 1985, le traitement de la collecte reçue sur la station de réception de BRASILIA s'effectue chaque jour sur ordinateur.

La chaîne de traitement(Callède,1986) permet :

-d'effectuer automatiquement la conversion des paramètres du message, reçu en hexadécimal, en valeurs métriques correspondant à ce qui a été mesuré sur la station hydrométrique lors de la télétransmission.

-de permettre au technicien de visualiser les valeurs télétransmises pour un passage et pour la collecte précédente, avec possibilité d'effectuer les corrections si besoin est.

-de mettre à jour le fichier hydrométrique.

En outre, chaque mois, ce fichier est transformé pour le rendre directement utilisable par le Système d'Informations Hydrométéorologiques (SIH) de DCRH/DNAEE.

### LA FORMATION TECHNOLOGIQUE DES TECHNICIENS BRESILIENS

Depuis Mai 1984, l'installation, la mise en route et l'exploitation du réseau de télétransmission par satellite en Amazonie ont été effectuées par une équipe franco-brésilienne de DCRH/DNAEE/MME. L'équipe technique brésilienne chargée de ce Projet se compose de 2 ingénieurs électroniciens, 1 ingénieur hydrologue et 1 technicien. Elle s'occupe aussi bien des travaux de terrain que de bureau.

Ces 20 premières stations hydrométriques du bassin amazonien représentent, en vrai grandeur, ce qui peut se faire de plus moderne dans la technique de l'hydrologie en temps réel.

La DNAEE, comme organisme responsable de la gestion des ressources hydriques à l'échelon national brésilien, prévoit, en raison des résultats obtenus jusqu'à maintenant, d'installer dans de nombreux bassins hydrographiques du BRESIL, des systèmes de télé-

transmission du même genre, ceci de par son expérience acquise en région amazonienne.

Il faut aussi noter l'intérêt porté à ce système par les hydrologues boliviens. En 1983, déjà, une requête avait été déposée auprès de la Communauté Economique Européenne pour assurer le financement d'un réseau de 10 stations hydrométriques du bassin de l'Amazonie bolivienne, avec une station de réception à LA PAZ. Malheureusement, il semblerait que ce projet n'ait pas reçu l'accord de BRUXELLES.

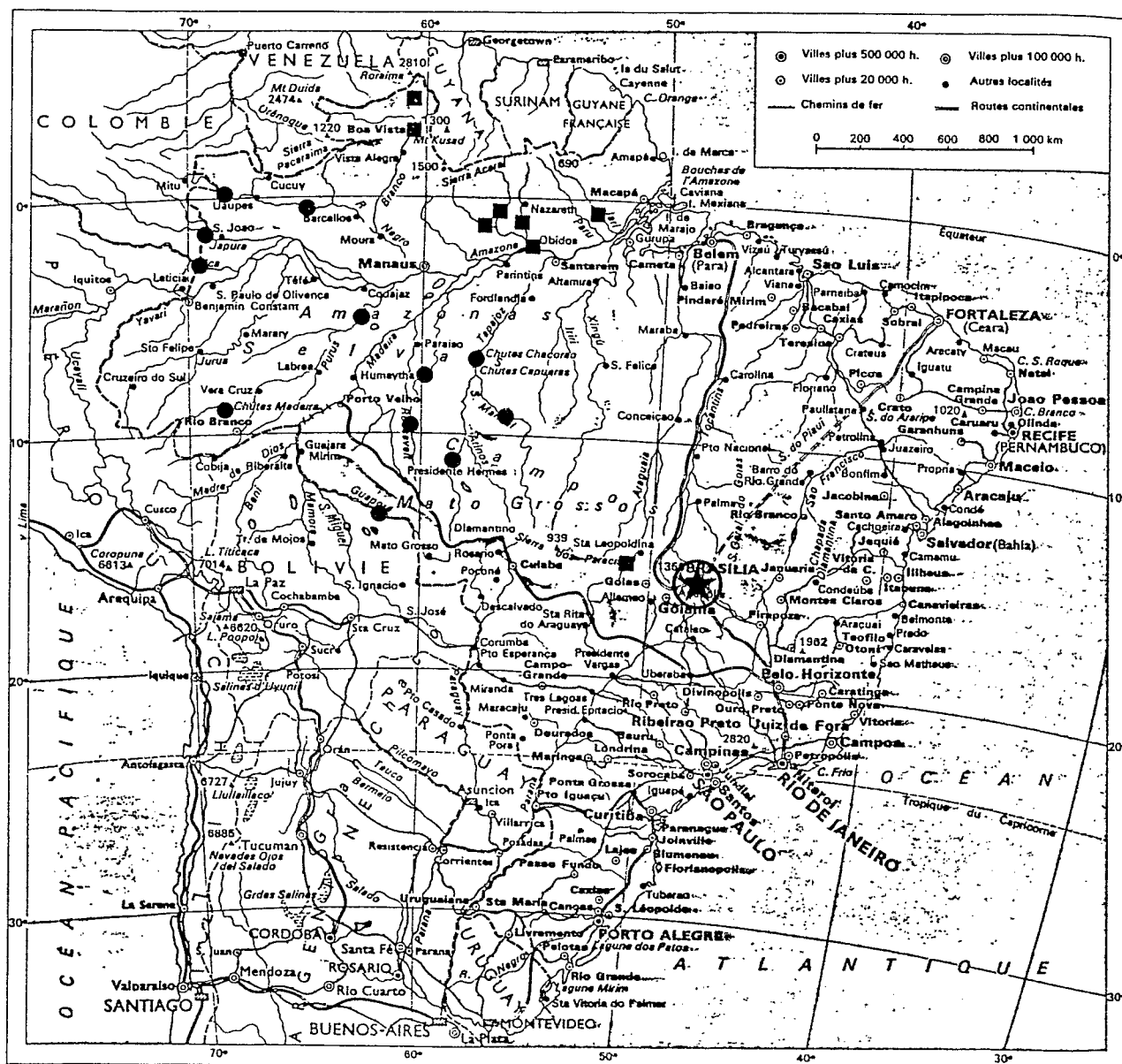
Il est bien certain que la télétransmission par satellite à défilement, tel ceux du Système ARGOS, est parfaitement extrapolable à la quasi totalité du bassin de l'Amazonie en général (sauf peut-être, et encore, sur les têtes de bassins). L'arrivée, en 1989 (c'est à dire demain), du premier satellite brésilien de collecte de données ne peut que donner une impulsion supplémentaire au développement de cette technique en Amérique du Sud. Rappelons que ce satellite sera placé sur une orbite équatoriale basse (850 km), donc avec une période de retour de l'ordre de 100 minutes. Outre le bassin amazonien, ce satellite risque d'intéresser des pays comme l'Indonésie.

Un autre point qui mérite d'être souligné, réside dans l'intérêt des utilisateurs à se grouper pour bénéficier des meilleures conditions financières tant pour l'achat du matériel que pour les frais d'exploitation. Un premier pas dans ce sens a été effectué avec l'apparition du Contrat Global Service ARGOS/Organisation Météorologique Mondiale, qui permet une économie notable sur la redevance à verser par chaque utilisateur au Service ARGOS. En outre le groupement permet une certaine standardisation dans les équipements et les méthodes d'exploitation: ceci est loin d'être négligeable si l'on travaille en coopération inter-organismes ou même inter-états.

#### BIBLIOGRAPHIE

- Callède, J. , 1982: Utilisation de la télétransmission par satellite pour le réseau hydrométrique brésilien. Rapport final. ORSTOM, Paris, 42 pp., 16 fig., 8 ph.
- Callède, J. e Claudino, L. J. , 1985: Estação de recepção ARGOS. Manual de operacao. DCRH/DNAEE, Brasilia, 10 pp., 2 fig.
- Callède, J. e Coelho M. B., 1985: Convênio DNAEE/CNPq/ORSTOM. Tabela de conversao binario puro/codigo Gray (decimal/hexadecimal/binario) e codigo Gray/binario puro. DCRH/DNAEE, Brasilia, 4 pp., 42 tab.
- Callède, J. , 1986: Le traitement informatique des données reçues par les stations de réception directe du Système ARGOS: son application au bassin de l'Amazonie. ORSTOM, Brasilia, 32 pp., 9 ann.
- Pesant, C. , 1984: Tournée canadienne de conférences 1984. CAH-SCGC, Février 1984. Ministère de l'Environnement, Province du Québec, 74 pp., 10 fig., 18 tab.

LE RESEAU DE TELETRANSMISSION PAR LE SYSTEME ARGOS EN AMAZONIE



Station de réception directe



Station hydrométrique avec limnigraphe



Station hydrométrique avec clavier manuel

(situation au 1 Juin 1986)