

TELETRANSMISSION PAR LE SYSTEME ARGOS DES DONNEES HYDRO-METEOROLOGIQUES
L'EXPERIENCE de l'ORSTOM au SENEGAL

par Jacques CALLEDE

OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE OUTRE MER (FRANCE)

La transmission à distance des mesures hydrologiques a toujours intéressé le Service hydrologique de l'ORSTOM. Des expériences ont été menées en GUINEE, en COTE D'IVOIRE, au TCHAD et en GUYANNE pour la collecte automatique de l'information (essentiellement la pluviométrie) en utilisant des moyens classiques (liaison radioélectrique, liaison fil).

Le premier emploi d'un satellite artificiel comme station-relais remonte à 1970, lorsque le Centre National d'Etude Spatiale (CNES) nous allouait quelques canaux de transmission lors du Projet EOLE : deux expériences ont alors été effectuées, à Brazzaville et à Cayenne.

La mise sur orbite, d'abord de METEOSAT le 23 novembre 1977, puis de TIROS N le 13 octobre 1978 nous permettait, grâce aux équipements radioélectriques embarqués à bord de ces satellites, de tester les possibilités de télétransmission des données hydro-météorologiques.

A cet effet, nous avons installé en 1978 deux stations hydrométriques en République du SENEGAL. Celle de KAOLACK a été destinée à l'évaluation du Système ARGOS.

I - LA STATION HYDROMETRIQUE DE KAOLACK

Initialement prévue à SAINT LOUIS du SENEGAL la station-test pour l'emploi du système ARGOS a été finalement implantée à KAOLACK pour d'abord des questions d'environnement (masque d'antenne) et pour pouvoir continuer, à SAINT LOUIS, de travailler avec METEOSAT.

Située au bord du fleuve SALOUM, dans l'enceinte du PORT de KAOLACK, ses coordonnées géographiques sont :

Latitude : 14°09' N

Longitude : 16°04' W



8 JUIL. 1979
O. R. S. T. O. M.

Collection de Référence

n° B 9765 H 1/10

ex 1

Cet emplacement a été retenu pour les motifs suivants :

- Fleuve côtier influencé par la marée, donc présentant en toute saison des variations de niveau de l'ordre de 30 cm.
- Environs de la station dépourvu d'obstacles gênants pour la propagation des ondes UHF.
- Station assez bien gardiennée.
- Proximité de DAKAR (moins de 200 km).

La station a été installée le 10 août 1978, à l'emplacement d'un vieux limnigraphe BRILLÉ, dont nous avons conservé le puits du flotteur. L'installation a été faite par MM. CALLEDE, LERIQUE et ZOGBI, assistés du personnel sénégalais de la Section hydrologique de l'ORSTOM à DAKAR, du 9 au 10 août 1978.

Les paramètres mesurés sont :

- la hauteur d'eau du SALOUM,
- la pluviométrie mesurée au droit de la station.

I.1 Le matériel

I.1.1 les capteurs sont :

- Un limnigraphe OTT type X, réduction 1/10, rotation mensuelle.
- Un pluviographe à augets basculeurs PRECIS-MECANIQUE, équipé du classique contacteur à mercure.
L'enregistrement graphique de la hauteur d'eau et de la pluie a été conservé.

I.1.2 les codeurs sont :

- Pour le limnigraphe, un codeur mécanique SIGTAYCOD, fabriqué par la Compagnie de Signaux et d'Entreprises Electriques (C.S.E.E.). Ce codeur, miniature, est monté dans le limnigraphe. Le codeur est multitours (16 tours) ce qui, avec une définition de 64 points par tour, donne une plage de mesure de 1024 points soit en réalité 10,24 m (1 point = 1 cm). Le limnigraphe étant au taux de réduction de 1/10, chaque tour de roue correspond, par construction, à une variation de hauteur d'eau de 20 cm. Aussi la liaison limnigraphe - codeur s'effectue-t-elle par l'intermédiaire d'un jeu d'engrenages droits, la démultiplication étant dans le rapport 1/3,2.

Le codage s'effectue en binaire réfléchi (code GRAY), la sortie étant constituée par un faisceau de 11 fils (commun + 10 digits) attaquant directement, en parallèle, la balise ARGOS.

- Pour le pluviographe, un codeur en rotation NEYRIEC (Alstom-Atlantique) fonctionnant pas à pas. Chaque impulsion générée par le contacteur à mercure du pluviographe fait tourner, grâce à un électro-aimant à commande temporisée et une roue à rochet, l'axe du codeur de 1/16 de tour.

Le codage s'effectue en binaire pur, la sortie étant constituée par un faisceau de 13 fils (commun + 12 digits) attaquant directement, en parallèle, la balise ARGOS.

1.1.3 L'émetteur (ou balise)

L'émetteur est une balise ARGOS type I, fabriquée par Electronique Marcel DASSAULT. Elle a été légèrement modifiée de façon à permettre d'y rentrer directement les informations des codeurs en parallèle, à raison de 16 digits par codeur (2 codeurs au maximum).

Les caractéristiques électriques d'entrée sont :

- La balise fournit au "commun" une tension de 5 volts.
- Les codeurs sont des "interrupteurs purs". Le bit "zéro" correspond à une tension de 0 volt, le bit "un" correspond à une tension de 2,5 à 5 volts. L'intensité du courant dans chaque interrupteur est d'environ 2 mA.

Le reste de l'émetteur n'a pas été modifié. L'antenne est fabriquée par STAREC : elle est omnidirectionnelle.

La cadence d'émission (pas de localisation) a été choisie la plus faible possible (toutes les 200 secondes).

1.1.4 Alimentation

La consommation moyenne de la balise était estimée de l'ordre de 2 à 5 mA sous 24 volts, ce qui est très peu.

Il fallait cependant tenir compte de la puissance instantanée - environ 700 mA - lors du bref temps (0,3 sec.) d'émission.

Nous avons utilisé des piles type salin, fabriquées par CIPEL, type AD 538. Leurs caractéristiques satisfont l'intensité en régime de décharge impulsionnel (800 mA) et leur capacité nominale assure une autonomie supérieure à 1 an. 15 éléments AD 538, disposés en série, alimentent ainsi la balise.

1.1.5 Installation

L'ensemble du matériel (pluviographe excepté) est contenu dans un abri, mesurant 1 m x 0,4 x 0,4 m, installé directement sur le puits du limnigraphe : l'encombrement n'est pas très important !

1.1.6 Coût de l'installation

En excluant les capteurs (limnigraphe, pluviographe) qui normalement auraient pu se trouver déjà installés, le coût de la transformation s'élève à :

- Codeur SIGTAYCOD	4 100 F
- Codeur NEYRTEC	5 400 F
- Emetteur EMD	12 ⁹ 100 F
- Antenne	2 100 F
- Alimentation	160 F
- Câbles, abri, et divers	1 140 F
	<hr/>
Soit un total de	24 ³² 000 F

(prix 1978, départ FRANCE, hors taxes).

Je tiens ici à souligner la coopération très appréciable du Système ARGOS, qui a bien voulu mettre une balise à notre disposition en y faisant effectuer les modifications nécessaires pour la rendre compatible avec les codeurs binaires de l'hydrologie. Dans le même sens, je remercie la CSEE et NEYRTEC pour le prêt de leurs codeurs.

2 - DEROULEMENT DE L'EXPERIENCE

2.1 Phase préliminaire

L'ensemble du matériel était disponible mi-juillet 1978 à DAKAR. Le système ARGOS ayant bien voulu nous prêter pour quelques jours un banc de test EMD, l'ensemble du matériel a été essayé à DAKAR avant mise en place (un essai de compatibilité entre les codeurs et la balise avait été effectué, déjà, en avril 1978, dans les locaux de Electronique Marcel DASSAULT).

Le 10 août, après installation, le bon fonctionnement de la station était une fois de plus vérifié au banc de test après calage des codeurs puis l'alimentation étaient coupée en attendant la mise sur Orbite de TIROS N.

2.2 Phase active

Nous avons été avertis, par le Système ARGOS, dès le 17 octobre, que nous pouvions démarrer l'expérience. La station était mise en route le 20 et le lendemain nous étions informés, par le Système ARGOS, de la bonne réception de nos signaux. Depuis lors, aucun incident de transmission ne s'est produit.

3 - LE RETOUR DES DONNEES

Les données télétransmises reviennent à l'utilisateur sous 2 formes : messages et fichier informatique.

3.1 Les messages

Le système ARGOS, après décodage du message reçu de TIROS N, réécrit l'information sous la forme d'un message en code HYDRA, code officiel adopté par l'Organisation Météorologique Mondiale pour la transmission des données hydrologiques. Les messages en code HYDRA sont alors injectés sur le réseau international des télécommunications météorologiques (GTS) et ils sont alors reçus sur les téléscrip-teurs du Service météorologique de l'aéroport de DAKAR-YOFF, via PARIS.

La chaîne de décodage, codage et transmission, est entièrement automatique.

La qualité de la transmission est excellente. Elle a pu être vérifiée à partir du fichier informatique (établi à TOULOUSE) et des messages reçus à DAKAR-YOFF.

3.1.1 Délais de réception

Nous disposons, en retour de DAKAR, d'un lot de 83 messages émis entre le 18 novembre et le 7 décembre. Les délais s'écoulant entre la réception de l'information (en provenance de la station de KAOLACK) et l'arrivée du message HYDRA au Bureau Central des Télécommunications de PARIS-Météo (c'est-à-dire lors du transit vers DAKAR) s'établissent comme suit :

- 20 % sont reçus entre 1 et 3 heures après l'émission de KAOLACK
- 49 % sont reçus entre 1 et 6 heures
- 80 % sont reçus entre 1 et 9 heures
- 100 % sont reçus entre 1 et 16 heures.

La valeur modale se situe aux environs de 6 heures de délais. A ce temps s'ajoute les retards dans la transmission PARIS-DAKAR, les messages étant envoyés à 06, 12 et 18 heures TU, retards pour lesquels une évaluation est en cours.

3.2 Le fichier informatique

Il est établi sur bande magnétique (9 pistes, 1 600 BPI) suivant la configuration du système ARGOS.

Ces bandes sont reçues régulièrement au Bureau Central Hydrologique de l'ORSTOM, à PARIS.

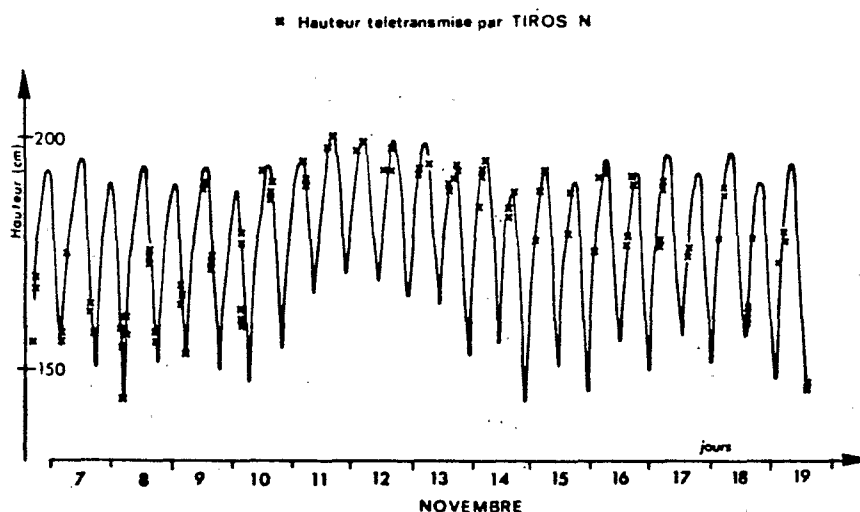
Elles sont alors traitées, comme le montre l'exemple ci-dessous, afin de faire apparaître en clair les hauteurs d'eau et la pluie.

JOURNÉE DU 29 NOV 1978				
A	3 H	36 MN	HAUTEUR= 145	
A	5 H	16 MN	HAUTEUR= 148	
A	14 H	41 MN	HAUTEUR= 179	
A	14 H	47 MN	HAUTEUR= 180	
A	16 H	31 MN	HAUTEUR= 185	
JOURNÉE DU 30 NOV 1978				
A	3 H	19 MN	HAUTEUR= 179	PLUIE = 2.5
A	3 H	25 MN	HAUTEUR= 180	
A	5 H	2 MN	HAUTEUR= 187	PLUIE = 2.5
A	5 H	5 MN	HAUTEUR= 187	PLUIE = 0.5
A	14 H	30 MN	HAUTEUR= 175	PLUIE = 11.5
A	16 H	16 MN	HAUTEUR= 183	PLUIE = 0.5
A	16 H	20 MN	HAUTEUR= 184	

Il est évident qu'il est possible de transformer également ce fichier pour le ramener au format des fichiers hydrométriques utilisés à l'ORSTOM.

4 - QUALITE DES DONNEES TELETRANSMISES

Les hauteurs d'eau du fichier DISPOSE ont été reportées sur le limniogramme que nous avons reçu de DAKAR :



La concordance s'avère très correcte.

Par contre, la variation rapide du niveau du fleuve, sous l'influence de la marée, est mal décrite malgré une moyenne de 6 télétransmissions par jour. D'une part, il faut dire que la station de KAOLACK est une très mauvaise station hydrométrique à cause de l'influence de la marée : le choix de cet emplacement n'a pas été dicté par des raisons strictement hydrologiques mais justement par cette fluctuation du niveau du fleuve qui permet de vérifier la bonne tenue du capteur et du codeur. D'autre part, il manque le second satellite.

5 - PREMIERES CONCLUSIONS SUR L'EMPLOI DU SYSTEME ARGOS EN HYDROLOGIE

Ces quelques premiers mois d'emploi du Système ARGOS, comparativement à l'exploitation classique d'une station hydrométrique ou même à l'emploi de la télétransmission via METEOSAT (également testée au Sénégal à SAINT-LOUIS) indiquent déjà combien cette technique est prometteuse :

5.1 Pour les besoins du réseau hydrométrique.

La fonction primordiale n'est pas tellement dans la transmission rapide des données mais surtout dans la vérification, au jour le jour, de la bonne marche de la station. Ce rôle de "sonnette" est, pour l'hydrologue, très important.

Nous en avons fait la preuve depuis la mise en route de la station de KAOLACK. Le 2 novembre, la hauteur d'eau restait, à chaque message, égale à 1,74 m. Ceci se reproduisait le 3. Aussi J. LERIQUE envoyait-il une équipe à KAOLACK : le puits du limnigraphe était obstrué par des coquillages ! Le 6 novembre tout était remis en ordre ...

Ce rôle est tellement important que les hydrologues québécois ont opté pour la télétransmission à cause des économies à réaliser sur les tournés hydrologiques de contrôle. D'après un rapport de M. DESRUISSEAUX, l'équipement des stations québécoises serait amorti en 4 ans grâce à la réduction du nombre des tournées systématiques effectuées, certes en hydravion, pour vérifier le bon fonctionnement des limnigraphes.

Le fichier magnétique (fichier DISPOSE) est également une aide précieuse dans le sens qu'il va permettre d'établir (ou de mettre à jour) le fichier hydrométrique sans aucune intervention mécanographique manuelle. Il sera cependant obligatoire de vérifier, préalablement à toute manœuvre informatique, que la dérive en hauteur d'eau, entre celle du limnigraphe (et par conséquent codeur) et celle observée à l'échelle limnimétrique, reste dans des valeurs tolérables. De même il faudra dans certains cas compléter le fichier DISPOSE en tenant compte des variations de hauteur d'eau observées sur le limnigraphe et qui ont échappé à la télétransmission, du fait qu'elles se sont produites entre 2 collectes.

L'enregistrement graphique demeure indispensable. Pour la pluviométrie, il faudra trouver un système permettant de tester le bon fonctionnement du matériel (basculement manuel des augets ou injection d'une quantité d'eau dans l'entonnoir).

5.2 Pour la prévision hydrologique

Là réside la seule faiblesse du système par rapport à un satellite géostationnaire.

Car, en fait, la transmission des paramètres reste liée à la liaison optique - possible ou non - entre station et TIROS N.

Le système ARGOS montre qu'actuellement il faut compter normalement 6 heures entre transmission et ré-injection sur le GTS. Par conséquent :

- Si une information, à 24 heures près, est suffisante (grands bassins versants) le Système ARGOS, via le GTS, est tout à fait valable.
- Aux latitudes intertropicales, compte tenu du nombre de passages par jour de TIROS N et des délais d'acheminement via le GTS, je ne pense pas qu'il soit possible d'obtenir l'information hydrométrique à mieux que 12-18 heures. Le délai de mise à disposition de l'information sera nul si l'on dispose d'une station de réception autonome, recevant l'information au même instant qu'elle est transmise. A la latitude de DAKAR, ceci permet d'obtenir l'information en temps réel au moins 4 fois par jour.
- Si une télétransmission toutes les 6 heures n'assure pas une précision suffisante, il faut alors se tourner vers METEOSAT ... si cela est possible, ou employer les moyens classiques (fil ou radioélectriques).

5.3 Perspectives d'avenir

Déjà, tel qu'il est, le Système ARGOS s'avère bien utile pour l'hydrologue.

Je tiens à souligner le fait, quand même exceptionnel, que tout a fonctionné dès la mise sur orbite de TIROS N. Le décodage puis le transcodage en code HYDRA, la transmission sur DAKAR, le fichier DISPOSE, tout cela a fonctionné aussitôt. Ceci est une belle prouesse.

Le seule ombre au tableau vient de ce qu'ARGOS ne vivra que huit ans, à moins qu'il n'ait de nombreux enfants et petit-enfants. Actuellement, la télétransmission via ARGOS intéresse bon nombre d'hydrologues et, sauf les remarques faites plus haut en ce qui concerne la prévision hydrologique, l'ensemble du système me paraît parfaitement opérationnel : ARGOS répond entièrement aux désirs des gestionnaires de réseaux hydrométriques.

5.3.1 Coût de l'installation

La station de KAOLACK a été réalisée pour être une station totalement opérationnelle. Cependant, depuis août 1978, l'évolution de la technologie électronique a modifié quelque peu l'équipement-type d'une station. D'une part, l'antenne SLE type AV402 permet une économie appréciable (2 000 F) par rapport à l'antenne STAREC. D'autre part la société CIPEL offre des panneaux solaires qui assurent une indépendance totale côté énergie électrique.

Une station hydrométrique (avec 1 seul capteur), transformée pour la télétransmission via TIROS N, ne devrait pas coûter plus de ~~15~~²⁵ 000 F (hors taxe) pour cette transformation.

Cette dépense paraît très raisonnable.

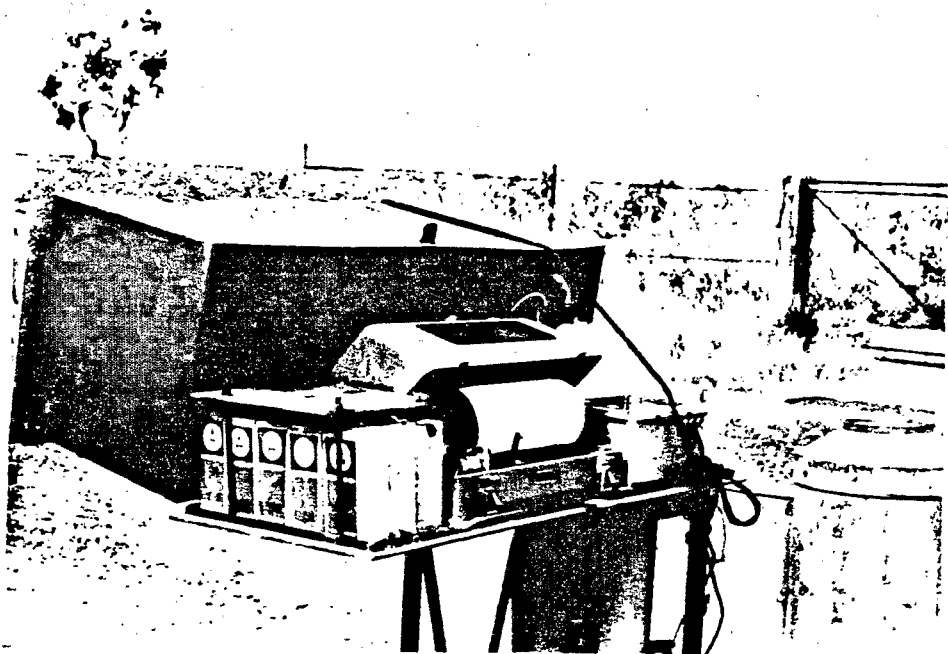
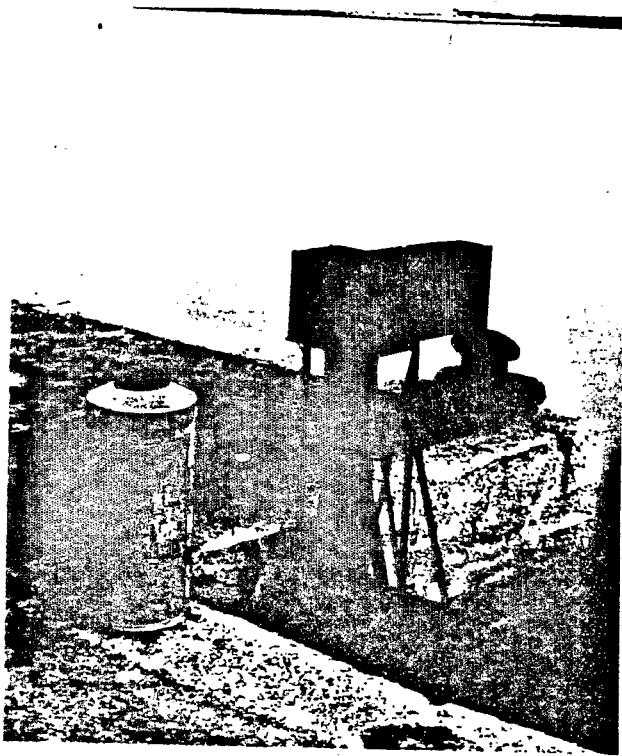
Je tiens à remercier encore une fois le Système ARGOS (et par conséquent le CNES), Electronique Marcel DASSAULT, NEYRTEC, Précis-Mécanique et la Compagnie de Signaux et d'Entreprises Electriques pour l'aide immédiate qu'ils m'ont apportée par la mise à ma disposition de leurs matériels, le temps de mon expérience. Ma gratitude va également à mes amis J. LERIQUE et R. ZOGBI, du Centre ORSTOM de DAKAR, pour leur très efficace participation.

Enfin, je remercie le Gouvernement sénégalais et son Administration pour l'intérêt porté à ces expériences et pour les efforts déployés pour faciliter mon travail.

STATION HYDROMETRIQUE DE KAOLACK

(SENEGAL)

La station hydrométrique
et le pluviographe



Intérieur de la Station