

SYSTEME ARGOS ET HYDROLOGIE

L'EMPLOI DES BALISES A MEMOIRE ET DE LA RECEPTION DIRECTE
POUR LES BESOINS DES SERVICES HYDROMETRIQUES
DU BASSIN DE LA SEINE

par

J. CALLEDE, Service Hydrologique de l'ORSTOM
J. RENTIERE, Service de la Navigation de la SEINE
Y. ROUQUEROL, Service Régional d'Aménagement des
Eaux de la Région Parisienne

(FRANCE)

Dans le but de moderniser les réseaux hydrométriques du Bassin de la SEINE, pour les besoins de la navigation, de la protection contre les crues et de la gestion des eaux, une action concertée groupant tous les Ministères intéressés (Agriculture, Equipement, Environnement) a été lancée. Il est vite apparu que la première opération consistait à équiper les stations hydrométriques de dispositifs modernes de télétransmission. Une étude a montré que devaient coexister la télétransmission par fil (utilisant le réseau téléphonique commuté) et la télétransmission par satellite à orbite polaire ou géostationnaire.

La télétransmission, pour ce projet, a deux buts : d'une part, la gestion du réseau hydrométrique et la collecte des données et, d'autre part, la transmission des données pour la prévision des hauteurs d'eau. Il était indispensable d'évaluer la possibilité du Service ARGOS, gestionnaire du Système ARGOS, dans cette optique.

Le Service ARGOS a bien voulu mettre à la disposition des intéressés une balise (la même qui a fonctionné au SENEGAL en 1978-1979, puis au QUEBEC en 1980) équipée d'un interface acceptant une entrée codeur 16 bits parallèle.

La balise a été installée dans une station hydrométrique existante, à Saint-Cyr-sous-Dourdan, sur la rivière Rémarde.

La Compagnie des Signaux et Entreprises Electriques a bien voulu nous prêter un matériel qui répondait aux exigences de l'essai. Il s'agit du codeur SIGTAYCOD type 11 SC 62. Ce codeur électromécanique est de taille suffisamment petite pour être installé dans la plupart des limnigraphes existant sur le marché à l'exclusion toutefois du limnigraphe SEBA type Delta où l'espace utile vraiment réduit entraîne des difficultés d'adaptation.

Pour notre part, nous avons utilisé un limnigraphe OTT type X. Le codeur placé à l'intérieur de l'enregistreur attaque la rampe hélicoïdale par l'intermédiaire d'un engrenage. Le support du codeur et les pignons de fabrication artisanale ont été élaborés dans les ateliers de l'ORSTOM puisque ce sont ceux-là mêmes qui ont été utilisés pour l'expérience du Sénégal en 1978.

Il est à noter que l'on peut trouver sur le marché d'autres codeurs, mais d'encombrement plus important, ce qui implique évidemment de les placer à l'extérieur du limnigraphe et par conséquent nécessite un montage plus important.

L'énergie demandée par la balise au moment de l'émission est de 0,74 A, dans une fourchette comprise entre 13 et 25 Volts, et ceci durant 0,4 s. En période de veille (200 s) cette intensité tombe à 0,3 mA.

Huit piles sèches de 6 V - 1,5 Ah WONDER type PORTO placées en série parallèle semblent convenir. Nous étions sceptiques quant à leur tenue aux basses températures. Or, à -11° durant la nuit, les messages reçus nous ont démontré leur bonne résistance aux températures négatives. Déterminer leur temps de fonctionnement par un calcul mathématique serait inexact puisque les variations de température jouent un rôle très important impossible à chiffrer. Seule l'expérience nous a fourni quelques indications.

13 Février 1981	25 V	(Mise en route)
17 Mars 1981	24 V	
30 Avril 1981	23 V	

Ces chiffres laissent à penser que ce montage donnerait à la balise une autonomie d'un an environ.

L'ensemble de tout cet appareillage rentre aisément dans la cabine métallique du limnigraphe, cabine qui équipe pratiquement toutes les stations de jaugeage du S.R.A.E. Ile-de-France.

Il a fallu une demi-journée pour installer l'ensemble du matériel dans la cabine, prêt au fonctionnement étant entendu que nous faisons un échange de limnigraphe (le codeur fut monté en atelier sur un limnigraphe en réserve).

1 - CARACTERISTIQUES DES PREMIERS ESSAIS

Nous avons utilisé trois vecteurs de transmission : la bande magnétique, le télex et le GTS.

L'analyse porte sur une période de quinze jours. C'est une période courte mais néanmoins suffisante pour dégager les caractéristiques essentielles.

1.1 - NECESSITE D'UN EQUIPEMENT DE TRANSMISSION

Une première remarque s'impose : la comparaison des différents vecteurs de dissémination des données est décousue aussi bien dans le temps que dans le nombre des vecteurs mis en oeuvre simultanément. Cela

tient tout d'abord à la grande difficulté pour un service qui n'en est pas équipé d'avoir accès à un Télec. Ce moyen de transmission reste cher à l'exploitation. Nous l'avons utilisé du 18 au 20 Février grâce à l'obligeance de la D.D.E. de l'Essonne qui a dû, par la suite, nous en limiter l'usage uniquement en période de crue, c'est-à-dire le 28 Février pour la période considérée.

A partir du 24 Février, nous recevions les messages sur le réseau GTS au Centre Météorologique Régional de Paris, situé à deux stations de métro du S.R.A.E.

240 valeurs ont été reçues en 15 jours, ce qui donne une moyenne de 13 relevés par jour. Parmi ces 240 valeurs, 6 étaient aberrantes et émanaient toutes du satellite TIROS N en difficulté. Une quinzaine de valeurs erronées, notamment le 22 Février, restent inexplicables pour l'instant.

Nous remarquons immédiatement que le fichier Télec est prêt quelques minutes après la mise à disposition sur le fichier DISPOSE (banque de données). Par contre, le délai d'acheminement de l'information recueillie jusqu'à son arrivée sur le fichier DISPOSE reste dans une fourchette allant de 1 h 10 dans le meilleur des cas, à 16 h 30 dans le pire des cas. Sur le peu d'informations dont nous disposons, la moyenne du délai d'acheminement se situe entre 4 et 5 heures.

1.2 - IRREGULARITE TEMPORELLE DANS LA COLLECTE

Il existe un vide dans la collecte des données la nuit, approximativement entre 21 heures et 3 heures. C'est la position géographique de la station (48° lat. Nord) qui le veut. Durant cette période, les satellites sont trop bas sur l'horizon et ne sont pas en visibilité de la balise.

La saisie de l'information n'est pas régulière. Comme il l'a déjà été dit, l'angle des deux orbites est tel qu'il n'y a pas synchronisme dans les passages des satellites au-dessus de la balise. Il faut ajouter à cela le fait que l'accès au satellite se fait de façon aléatoire.

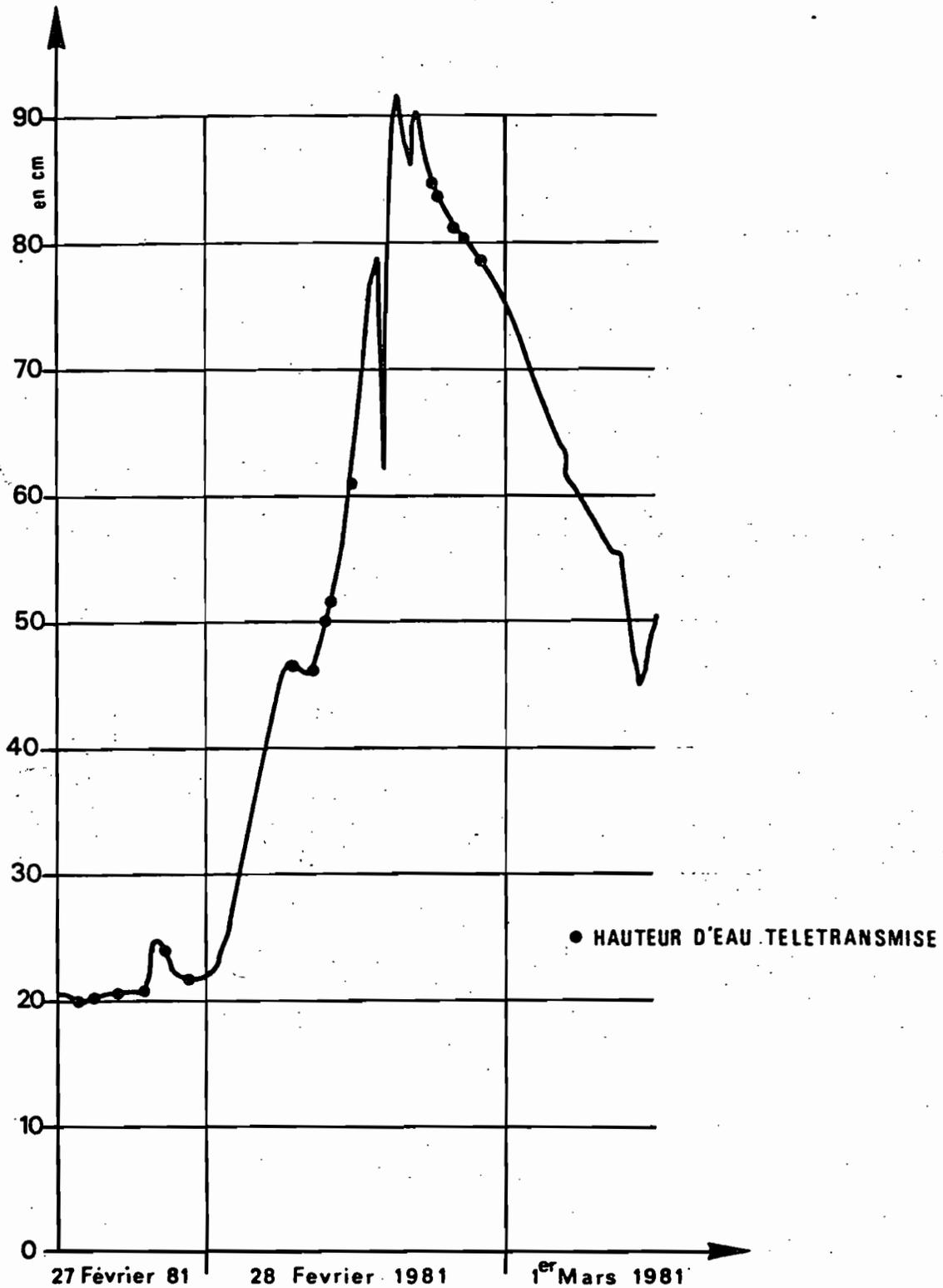
L'arrivée des données sur le fichier DISPOSE ne se fait pas toujours automatiquement dans l'ordre chronologique ; ce qui explique le délai extrêmement long de quelques valeurs, notamment le 18 et le 19 Février. Renseignement pris, le Centre d'Opération de SUITLAND connaîtrait quelques difficultés de tri, le "hardware" étant saturé.

Si nous examinons le GTS, nous voyons que les heures d'acquisition sont toujours arrondies à la demi-heure près et que la transmission n'a jamais lieu la nuit.

D'autre part, il y a beaucoup moins de valeurs transmises par le GTS que le fichier DISPOSE. Cela tient à ce qu'il n'y a qu'un seul message GTS dans le "flot" envoyé de SUITLAND et reçu à TOULOUSE,

Télétransmission par le système A R G O S

Station hydrométrique de SAINT-CYR-sous-DOURDAN



autrement dit seul le message le plus performant est retenu ; c'est un critère retenu pour la localisation de balise dérivante (bouée ou ballon) mais qui n'a aucune signification pour une plateforme fixe. Le délai d'acheminement par le GTS est ramené en moyenne à 2 h 00.

1.3 - ENSEIGNEMENTS A EN TIRER

D'après les quelques observations que nous avons pu faire, il apparaît qu'il n'est pas possible de travailler en temps réel avec le système ARGOS en suivant la chaîne ordinaire de traitement. De toute façon, cela est normal comme le veut le principe lui-même.

Travailler en temps légèrement différé toujours en suivant la chaîne ordinaire de traitement peut poser quelques problèmes à l'hydrologue. Une annonce de crue paraît difficile compte tenu de l'irrégularité de la collecte des données d'une part et de leur délai d'acheminement d'autre part ; délai qui peut être très long lorsque la chronologie de l'information n'est pas respectée et qui arrive lorsque le centre d'opération de SUTLAND est saturé.

Mais le système ARGOS reste néanmoins valable si l'on travaille en temps différé avec mémoire ou si l'on utilise une station de réception indépendante.

Le temps de réponse relativement court d'un petit bassin demande une mémorisation des données si aucun satellite n'est en vue de la station.

Cette mémoire statique est d'autant plus importante qu'un satellite tombant en panne, la collecte des données s'espace dans le temps.

Cet incident s'est produit le 27 Février 1981. TIROS N devenait définitivement muet après 3 ans de service. Son successeur n'a été lancé qu'au mois de Juin 1981. Entre temps NOAA 6 a fonctionné. Le schéma prévoyait bien deux satellites en fonctionnement simultané, mais le tir raté d'un lanceur en a décidé autrement.

Il ressort donc de cette première évaluation que :

- les fluctuations du niveau de la rivière sont mal décrites avec seulement 12 collectes journalières réparties assez irrégulièrement ;
- les délais d'obtention des derniers résultats (le matin, à 9 heures locales, nous avons péniblement ceux de la veille à 21 heures) sont incompatibles avec une bonne gestion du réseau et, a fortiori, aux besoins de la prévision.

Il était alors décidé, pour l'équipement des futures stations du bassin :

- d'employer des balises à mémoire utilisant les 256 bits du message,
- de recevoir ces données directement grâce à une station de réception indépendante.

En Mai 1981, la Société CEIS-ESPACE acceptait de construire un prototype qui servirait pour les besoins du projet "SEINE" ainsi qu'aux hydrologues du Bassin "LOIRE" qui avaient le même besoin.

L'organisation de la mémoire est faite autour de mots de 16 bits (soit 16 mots de 16 bits en tout) de la manière suivante :

- les 14 premiers mots (soit 224 bits) sont destinés aux mesures de hauteur d'eau de la rivière. Le capteur est interrogé par la balise toutes les 30 minutes. A chaque interrogation, les valeurs en mémoire se décalent : la zone 193-208 prend la place de la zone 209-224 et ainsi de suite. De ce fait, la zone 1-16 devient libre pour accueillir la nouvelle valeur, tandis que la plus ancienne disparaît ;
- le 15ème mot sert à donner la valeur d'un compteur d'impulsion destiné à connaître le total pluviométrique (un pluviomètre à augets basculeurs donnant une impulsion chaque dixième de mm de pluie) au moment du passage du satellite ;
- le 16ème mot sert à donner l'heure de la collecte de la plus récente hauteur d'eau.

Cette nouvelle balise fut posée à Saint-Cyr-sous-Dourdan le 23 Octobre 1981. Son alimentation est comprise dans une fourchette de 17 à 32 V, sa consommation moyenne est de l'ordre de 300 mA, ce qui est, compte tenu des conditions d'autonomie imposées par le terrain, très élevé. Elaborée à partir de composants de type classique, il faut considérer cette balise comme un matériel provisoire propre à une expérience.

Il est apparu très vite durant l'expérience que l'horloge interne, véritable cerveau de la balise, avait des défaillances dans l'heure d'interrogation affectant du même coup la qualité des valeurs recueillies. Mais ces défaillances sont aisément identifiables.

La version définitive de la balise a été testée en laboratoire et contrôlée à l'émission conjointement par le CNES et CEIS-ESPACE mais elle n'a pas encore eu l'épreuve du terrain, ce qui devrait avoir lieu d'ici deux mois.

La réception des données télétransmises s'est effectuée, d'une part, en utilisant une station de réception directe - aimablement prêtée par la Société CEIS-ESPACE - et en utilisant, en différé, le fichier DISPOSE.

2 - L'EXPLOITATION DU FICHIER DISPOSE

L'exploitation du fichier DISPOSE a été faite sur la période 16 Novembre/18 Décembre. Elle porte sur 1.401 interrogations du capteur "hauteur d'eau" et sur 16.436 relevés télétransmis.

2.1 - TAUX D'ERREURS

Sur 16.436 relevés transmis, 392 sont manifestement faux. Ceci amène un taux d'erreurs de l'ordre de 2,4 % nettement supérieur à celui observé lors des utilisations du Système ARGOS par l'ORSTOM en AFRIQUE. Ceci conduit à considérer que l'occurrence d'erreurs croît non linéairement avec la longueur du message :

- . 32 bits (Kaolack) : erreur 0,1 %
- . 32 bits (SOUDAN) : erreur 1,2 %
- . 256 bits (SEINE) : erreur 2,4 %

Ces résultats sont quand même excellents, d'autant plus que la redondance des données télétransmises rend cette erreur absolument sans aucune conséquence.

2.2 - REDONDANCE DE LA MESURE

En moyenne, la même mesure mémorisée a été transmise 11,4 fois, ce qui paraît beaucoup.

La distribution statistique de la redondance est :

. toutes les mesures ont été transmises au moins	2 fois
. 99,9 % des mesures ont été transmises au moins	3 fois
. 89,4 % " " " "	7 fois
. 75,4 % " " " "	9 fois
. 52,8 % " " " "	12 fois
. 13,6 % " " " "	16 fois
. 0,5 % " " " "	20 fois

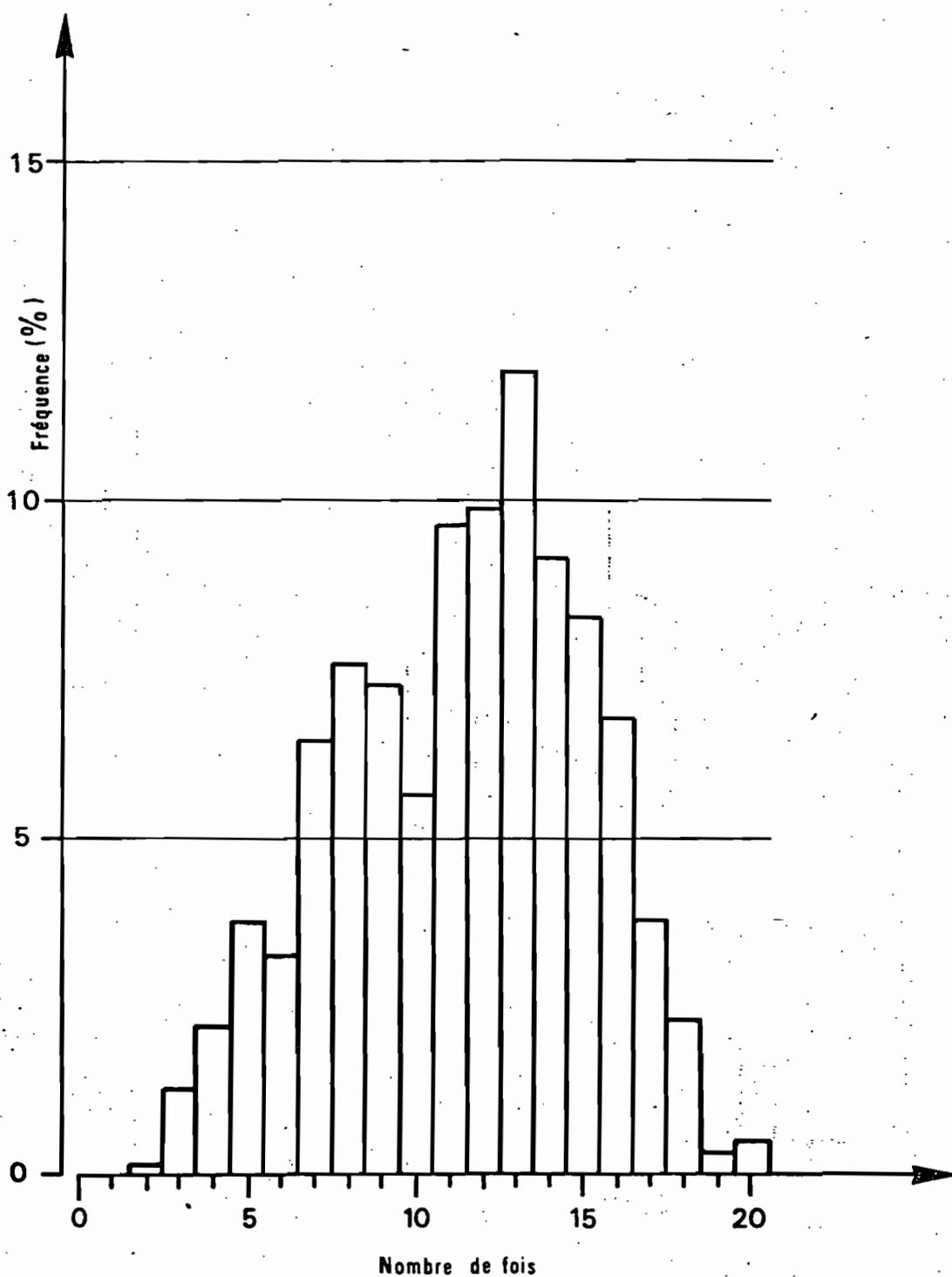
La valeur modale est : 13 fois.

Il semblerait donc que la mesure ait été suffisamment répétée pour considérer que le mode de transmission présente une très grande sûreté. L'examen de la répartition horaire de la redondance indique, malheureusement, une baisse très nette de la répétition du message entre 18 et 24 heures (heure locale). Ceci est dû à la dissymétrie dans l'intervalle de passage entre chaque satellite. Il apparaît que, si un des deux satellites tombe en panne, nous risquerions alors d'avoir une redondance nettement plus faible et peut-être même des lacunes.

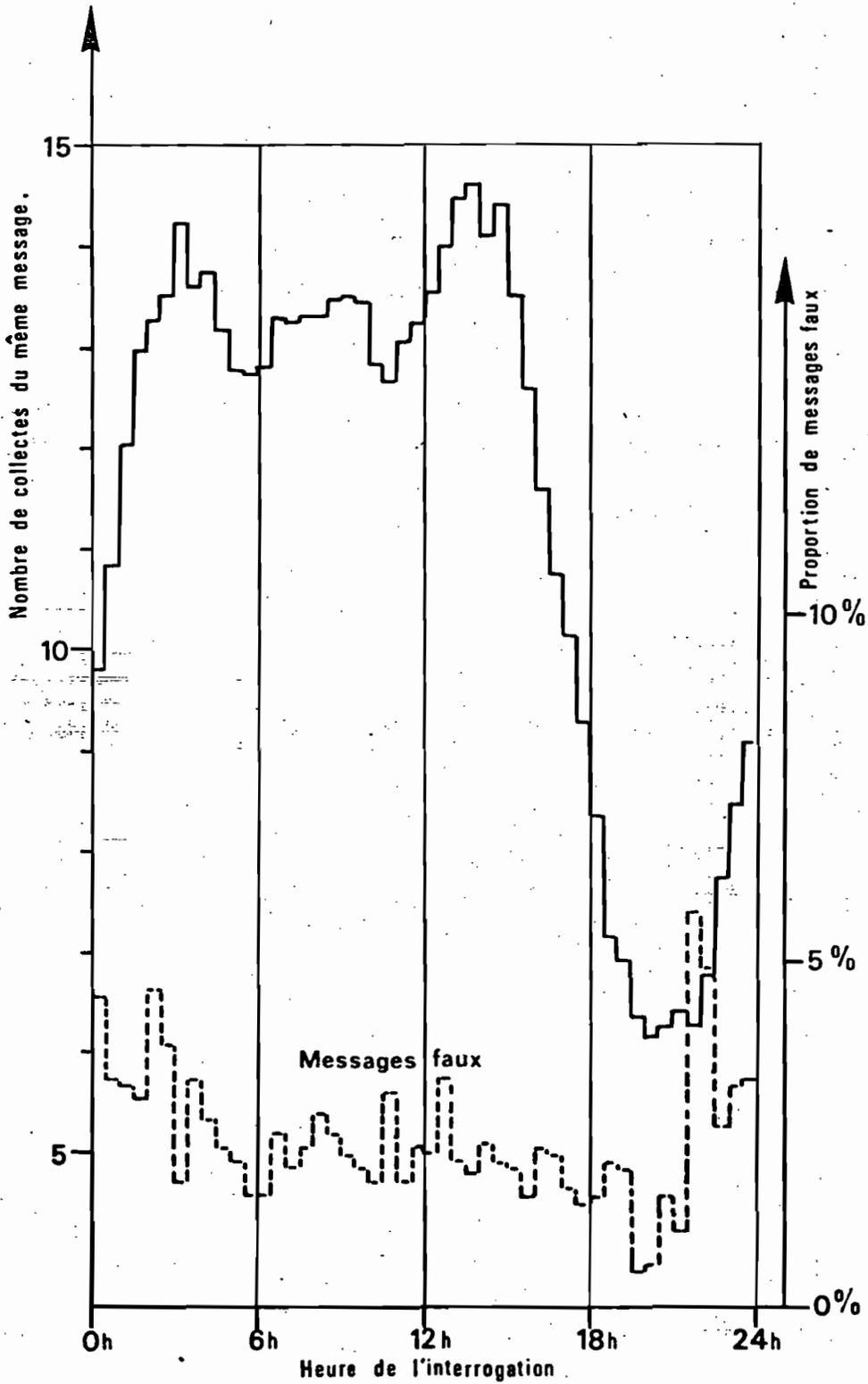
Le taux de messages faux semble à peu près constant d'une heure à l'autre, ce qui est normal.

Fichier "DISPOSE".

Distribution du nombre de fois où la mesure a été télétransmise



Distribution du nombre de collectes en fonction de l'heure de l'interrogation du capteur



2.3 - SECURITE DU FICHER DISPOSE

Durant ce mois d'évaluation, il s'est produit deux pannes de transmission entre SUITLAND et Toulouse, entraînant la perte des messages :

- l'une du 26 au 27 Novembre, durée 16 heures 30,
- l'autre du 30 Novembre au 1er Décembre, durée 18 heures.

Ces interruptions apparaissent comme extrêmement gênantes pour la collecte des données et justifient à elles-seules l'organisation d'un système de secours (un "back up" selon les anglicistes) pour pallier pareilles défaillances. D'où l'intérêt des stations de réception indépendantes.

3 - LA STATION DE RECEPTION DIRECTE ARGOS

La Société CEIS-ESPACE a bien voulu nous prêter ce matériel. L'essai s'est d'abord déroulé du 2 Novembre 1981 au 6 Janvier 1982 dans les locaux du Service de la Navigation de la Seine puis ensuite au Centre ORSTOM de BONDY jusqu'au 26 Janvier 1982. L'expérience a duré 2 mois et demi.

Du 2 Décembre 1981 à 13 h 11 T.U. au 6 Janvier 1982 à 14 h 15 T.U., soit 15 jours, nous avons capté 467 messages en provenance des satellites.

Nous devons distinguer deux périodes en ce qui concerne les messages reçus :

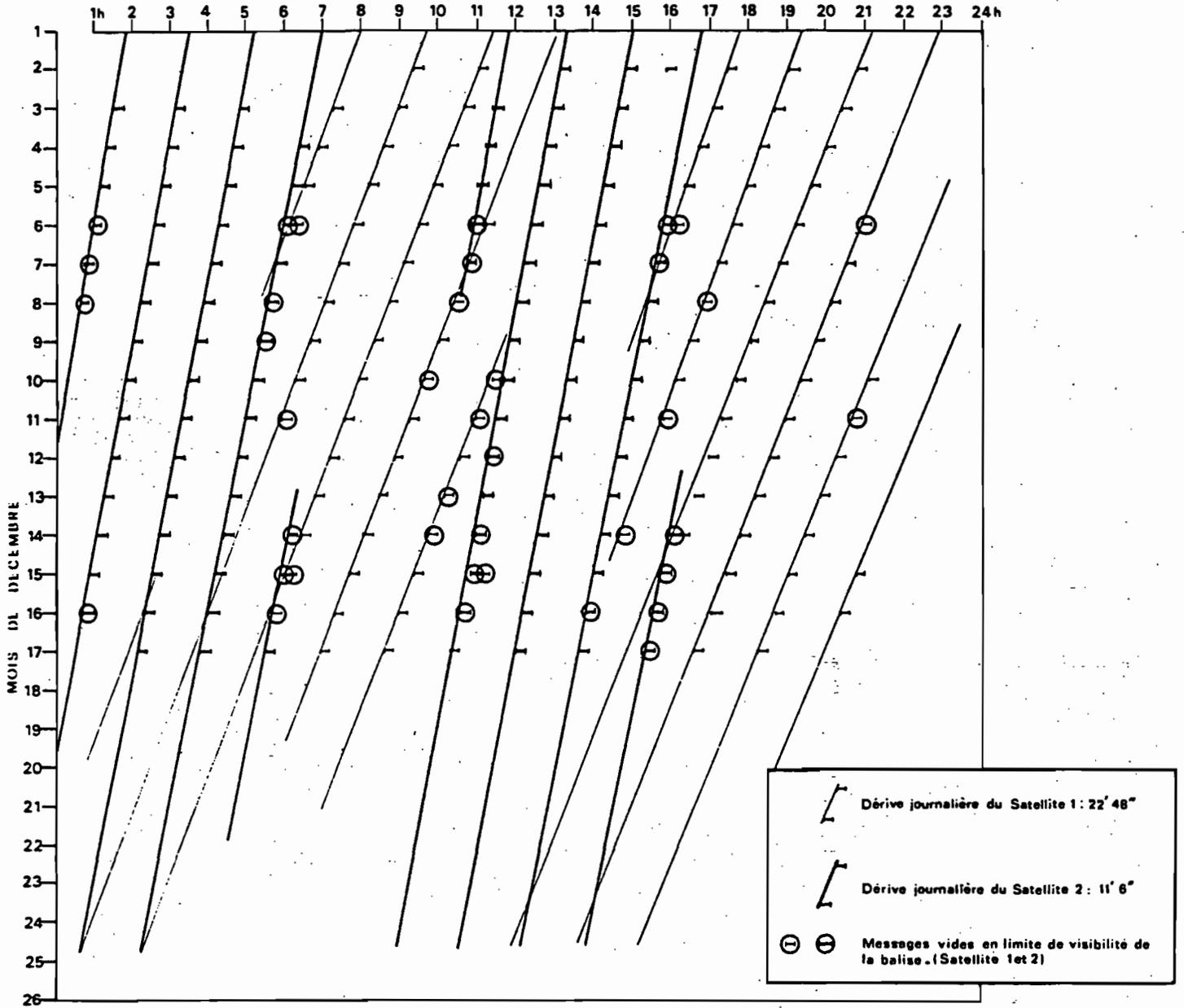
- 1 - la période essais communs à la station de réception et à la balise à mémorisation, soit du 2 Décembre 1981 à 13 h 11 T.U. au 18 Décembre 1981 à 9 h 00 T.U. Nous avons reçu lors de cette phase 211 messages (les messages numérotés de 1 à 211).
- 2 - la période d'essais de la seule station de réception (la balise à mémorisation étant répartie à Toulouse et ayant été remplacée par une balise normale) du 18 Décembre 1981 à 16 h 00 T.U. au 6 Janvier 1982 à 14 h 15 T.U. Nous avons reçu 252 messages (les messages sont numérotés de 216 à 467).

3.1 - LES INCIDENTS

Lors de la première période, nous avons connu trois incidents de fonctionnement :

- 1 - un message "fleuve" le 10 Décembre 1981 à 13 h 20 T.U. (message n° 108). Ce message contenait 31 séries de valeurs dont seules les quatre premières étaient valables. Il semble que ceci soit dû à une réception très faible du satellite à partir de la cinquième série juste en limite de la bande de réception.

Répartition temporelle de la collecte des messages au Service de Navigation de la Seine



- 2 - une coupure d'alimentation courant Janvier 1982 nécessitant une réinitialisation du système.
- 3 - une remise en route de la balise à mémorisation le 4 Décembre 1981 ayant entraîné un décalage de l'horloge sur le site.

Il semblerait que dans la dernière période le décodeur ait "confondu" les deux satellites pour le passage du 363ème jour à 6 h 22 T.U. (n° 370) d'après les heures de passage théorique des satellites.

3.2 - ANALYSE DES MESSAGES

3.2.1 - Modalités de l'expérimentation

Pour faire l'analyse des messages captés par la station de réception ARGOS, nous ne travaillerons que sur la première partie de l'expérience, période pendant laquelle la balise à mémorisation était en place.

En effet, la balise à mémorisation n'a été en place simultanément avec la station de réception que du 2 Décembre au 18 Décembre 1981.

Pendant la période précédente, nous avons capté 211 passages de satellite dont 53 avaient un niveau de réception trop faible et donc ne donnaient lieu à aucune édition de valeurs. Ces passages de satellite ont donné lieu à l'édition de 394 messages de 14 valeurs soit 5.516 valeurs. Sur ces valeurs, 290 se sont révélées à l'analyse, fausses ou invérifiables a priori, soit un taux d'erreur brut de 5,26 %.

Dès lors, on peut envisager une série de traitements des données permettant de réduire ce taux d'erreur brut. On peut considérer deux sortes de traitement :

- un traitement en temps réel pour les utilisations immédiates,
- un traitement en temps différé pour la mise en banque de données.

3.2.2 - Les traitements en temps réel

Rappelons tout d'abord que nous avons au départ 290 erreurs sur 5.516 valeurs, soit 5,26 % d'erreurs.

- a) Premier traitement : vérification de l'heure. Il peut se produire deux éventualités : soit l'heure est incompréhensible (les codes ASCII transmis ne correspondent pas à des chiffres), soit l'heure a subi un décalage et il est possible de la recalculer à l'aide de l'heure de réception par la station centrale et des autres messages correspondant au même passage.

Si donc l'heure reçue est incompréhensible, on rejette le message en totalité. L'analyse des messages montre que lorsque ce cas se produit le message contient un grand nombre d'erreurs.

Ce traitement permet de rejeter 26 messages soit 364 valeurs dont 193 sont erronées.

D'où un taux d'erreur ramené à $\frac{290 - 193}{5.516 - 364} = \frac{97}{5.152} = 1,88 \%$

Il faut signaler que ce grand nombre d'erreurs est dû au mauvais fonctionnement de l'horloge de la balise.

- b) Deuxième traitement : suppression des valeurs supérieures à un seuil donné. Il faut faire attention à placer ce seuil assez haut afin de ne pas éliminer des valeurs exactes. Cette valeur sera donc fonction de chaque station. Dans le cas présent on peut choisir 600 par exemple.

Ce traitement permet de supprimer 54 valeurs d'où un taux d'erreur ramené à :

$$\frac{97 - 54}{5.152 - 54} = \frac{43}{5.098} = 0,84 \%$$

- c) Troisième traitement : cohésion interne à un passage du satellite. On compare les valeurs correspondant à la même heure de saisie. Il y a deux possibilités :
- soit la plupart (ou la majorité) des valeurs sont identiques et alors on supprime les valeurs non semblables,
 - soit il existe autant de valeurs identiques dans au moins deux classes, alors on fait une interpolation linéaire entre les valeurs identiques les plus proches et on conserve la donnée qui s'écarte le moins de l'interpolation.

Le premier cas permet de supprimer 19 valeurs, soit un nouveau taux d'erreur de :

$$\frac{43 - 19}{5.098 - 19} = \frac{24}{5.079} = 0,47 \%$$

Le deuxième cas permet de supprimer 12 valeurs soit un taux d'erreur de :

$$\frac{24 - 12}{5.079 - 12} = \frac{12}{5.067} = 0,24 \%$$

- d) Quatrième traitement : comparaison avec les valeurs données par les passages précédents.

On compare les valeurs données par le message n° N avec celles du message n° N - 1, N - 2, ect... pour les heures de saisie correspondantes.

Ce traitement permet d'éliminer 8 erreurs, soit un taux d'erreurs de :

$$\frac{12 - 8}{5.067 - 8} = \frac{4}{5.059} = 0,08 \%$$

D'où, en phase de temps réel, le taux d'erreurs après les quatre traitements préconisés ci-dessus se réduit à 0,08 % en pourcentage du nombre de valeurs.

3.2.3 - Les traitements en temps différé

a) Par l'Unité Centrale

Nous avons vu qu'après traitement en temps réel, il subsiste quatre erreurs ; en effectuant a posteriori une comparaison avec les valeurs données par les autres passages, nous pouvons éliminer d'office 3 des valeurs restantes.

Le taux d'erreurs sera ici calculé sur les valeurs qui restent en banque de données, soit $\frac{1}{395} = 0,25 \%$ des valeurs de la banque de données. (Pendant l'expérience, le pas de temps d'interrogation s'est renouvelé 395 fois).

b) Par le Service Gestionnaire

C'est ici qu'intervient le contrôle et la validation des données par le service gestionnaire. Il reste en effet cinq valeurs probables mais invérifiables car sans redondance et une donnée (détectée comme erreur par l'Unité Centrale) pour laquelle on ne peut choisir entre deux valeurs proposées, valeurs se situant à un demi-centimètre près. Compte tenu de la réduction utilisée, c'est précisément l'intervalle de résolution du codeur, celui-ci ayant changé sa position d'une unité pendant le passage du satellite. Cette valeur indéterminée constitue la dernière "erreur" laissée après traitement de l'unité centrale.

Ces cinq valeurs sans redondance et cette valeur indéterminée seront contrôlées et confirmées par superposition du limnigramme obtenu par enregistrement graphique.

Pendant cette expérimentation le traitement en temps différé laisse apparaître un taux d'incertitude de 0,25 % par l'unité centrale. Ce taux devient nul après validation du service gestionnaire.

3.3 - PORTEE DE LA STATION DE RECEPTION

En Janvier 1982, la station de réception a été démontée des bureaux du Service de la Navigation pour être installée, une quinzaine de jours, dans les locaux de l'ORSTOM à Bondy (Seine-Saint-Denis). Il a été procédé, entre autres, à des essais de réception à longue distance, l'ORSTOM gérant deux stations hydrométriques équipées ARGOS sur le Bassin du Fleuve SENEGAL.

Date	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
Nombre de passages	3	8	11	12	12	9	8	11	12	12	12	11	7
Nombre de réceptions	1	2	2	4	3	0	0	2	3	2	0	2	1
Chances de réception (%)	33	25	18	33	25	0	0	18	25	17	0	18	14

Sur 13 jours, soit 128 réceptions, les stations du SENEGAL ont été reçues 22 fois, ce qui représente une occurrence de réception de l'ordre de 17%. Il faut noter que la distance entre balise, et surtout station de réception, est de l'ordre de 4.100 km.

De la même façon, il a été effectué une réception de toutes les balises pouvant être reçues par la station. Sur 62 balises et pour cette seule réception :

- 2 balises étaient situées à plus de 4.000 km (maximum 4.500 km)
- 9 balises étaient situées entre 3.000 et 4.000 km.

C'est-à-dire que la portée théorique (2.500 km) prévue par le constructeur peut parfois être pratiquement doublée.

4 - CONCLUSION

Cette expérience de télétransmission ARGOS nous a permis de constater la bonne qualité technique de la télétransmission, plus particulièrement lors de l'emploi d'une station de réception directe.

Le traitement en temps différé, dans le cadre de l'expérimentation, laisse apparaître un taux d'incertitude de 0,25 % avant contrôle et 0 % après contrôle et validation du service gestionnaire. La vérification du fichier DISPOSE, durant cette même période, montre deux fois une absence d'information de 15 heures : valeurs perdues définitivement au cours du traitement assez long et souvent encombré. C'est une raison supplémentaire d'utiliser une station de réception directe, tout en reconnaissant que, si le but était uniquement la gestion en temps différé, il serait très possible de trouver sur le marché des types de matériels tout aussi performants et beaucoup moins onéreux.

Cette expérimentation nous a permis d'adapter le matériel de façon très sensible aux besoins de l'hydroclimatologie dans le bassin de la SEINE afin de répondre au plus grand nombre de besoins réclamés par les principaux services gestionnaires concernés, c'est-à-dire une surveillance en temps pratiquement réel du réseau hydroclimatologique grâce à une réception directe du satellite (toutes les 2 heures environ) et une saisie précise des variations de niveau grâce à une mémorisation de l'information sur quelques heures.

Ce rôle de surveillance s'adapte très bien d'une part à un réseau d'annonce de crue type SEINE et d'autre part à une gestion efficace d'un réseau hydrométrique par un choix très sélectif dans l'intervention pour les équipes de terrain.

Callède Jacques, Rentière J., Rouquerol Y

Système Argos et hydrologie : l'emploi des balises à mémoire
et de la réception directe pour les besoins des services
hydrométriques du bassin de la Seine

Paris : ORSTOM, 1982, 12 p. multigr.