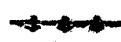


UTILISATION
DU SATELLITE EOLE POUR LA COLLECTE ET LA TRANSMISSION
DES DONNEES PLUVIOMETRIQUES ET LIMNIMETRIQUES



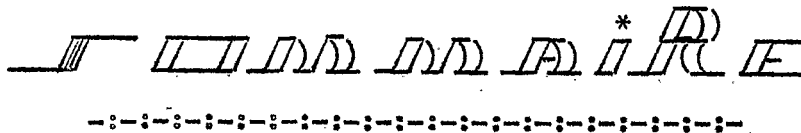
par R. CHART

ORSTOM Fonds Documentaire
N° : 33532
Cote : B

71364
71364
71364

24 JUIL. 1992

Brazzaville, Janvier 1973



- /- / HISTORIQUE DE L'EXPERIENCE.
- P RESENTATION SOMMAIRE DU PROJET EOLE.
- F ONCTIONNEMENT : DE L'ENSEMBLE, D'UN REPONDEUR.
- D ESCRIPTION DE L'EQUIPEMENT REALISE A BRAZZAVILLE.
- C OMMENTAIRES.

PLANCHES

- 1 Organisation des liaisons.
- 2 Schéma d'un équipement pluviométrique.
- 3 Différentes phases du fonctionnement et consommation d'un répondeur.
- 4 Schéma de l'oscillateur.

PHOTOS

- 1 Antenne réflecteur.
- 2 Répondeur et son alimentation
- 3 Capteur de pression
- 4 Pluviomètre et personnalités.

ORSTOM Fonds Documentaire

N° :

Cote :



/-/ISTORIQUE DE L'EXPERIENCE.

En octobre 1971 à la suite de la destruction accidentelle de quelques dizaines de ballons, le C.N.E.S. (CENTRE NATIONAL D'ETUDES SPATIALES) proposait de mettre à la disposition de l'O.R.S.T.O.M. à titre onéreux quelques unes des voies rendues disponibles. Le financement de cette opération n'ayant pu être dégagé, le projet fut abandonné.

En mai 1972 l'expérience primitive a pris fin et le satellite en survie donnant toute satisfaction, la même proposition nous a été faite mais à titre gracieux cette fois. Le but du C.N.E.S. étant d'etoffer le dossier des futurs lancements et de favoriser la recherche de clients éventuels.

Le matériel nous a été expédié en Août 1972. L'expérience a démarré en octobre, d'abord à Brazzaville puis en brousse, l'équipement étant installé sur le bassin versant de la Comba.

Cet équipement comporte une nacelle rendue fixe ou répondeur et son antenne.

Notre problème consistait à transformer une grandeur mécanique (hauteur d'eau) en un signal électrique compatible avec les contingences d'entrée dans le répondeur. C'est ce signal qui est codé, lu, mémorisé, retransmis par le satellite puis décodé avant d'être remis à l'intéressé par voie Telex.

PRESENTATION SOMMAIRE DU PROJET EOLE.

EOLE est un satellite français à couverture globale en orbite basse (Périgée 899,9 km - Apogée 901,3 km). Période Nodale de 103 minutes. Il est chargé de la localisation et de la collecte de données et de les retransmettre en temps différé.

Le satellite a été mis sur orbite le 16 Août 1971 depuis WALLOPS - ISLAND (U.S.A.) à partir d'un lanceur SCOUT à quatre étages.

Conformément aux ordres reçus, le satellite doit :

- Appeler la station répondeur à une heure définie.
- Imposer un mode de réponse.
- Localiser et identifier la station.
- Enregistrer les informations.
- Mémoriser les résultats et les transmettre au sol.

Dans un premier temps le but de l'opération était l'étude des vents de l'hémisphère sud. C'est ainsi qu'EOLE interrogeait une flotille de plusieurs centaines de ballons à plafond constant se déplaçant au gré des vents.

Dans un second temps EOLE localisait et interrogeait des répondeurs dérivant en mer (bouées ou icebergs).

Dans ces deux cas en plus de la mesure de paramètres physiques, la localisation des nacelles ou répondeurs permettrait l'étude des vents ou des courants marins.

Les répondeurs peuvent se présenter sous différents aspects :

- Nacelle de ballon ; l'électronique est logée dans un cylindre de carton phénolique argenté de 2 m de long et de 17 cm de diamètre.

- Répondeur au sol : il se présente sous la forme d'un tiroir standard de 19 pouces (483 x 221 x 504 mm) son poids avec container étanche est de l'ordre de 25 kgs.

Certains répondeurs sont dotés d'un périphérique simulateur de capteurs et d'un enregistreur de consommation.

Dans tous les cas la partie électronique reste là même, en plus de la présentation de l'ensemble, ces répondeurs diffèrent des nacelles par leur mode d'alimentation, c'est ainsi qu'ils peuvent être alimentés en 12 V continu 127 ou 220 V alternatif au lieu du dispositif rechargeant les batteries à partir d'un générateur solaire pour les nacelles de ballons. Chaque nacelle ou répondeur possède quatre entrées capteurs. La localisation se fait à 1 km maximum près.

F O N C T I O N N E M E N T

I) DE L'ENSEMBLE.

EOLE comporte deux types de télémessures :

les télémessures de servitudes, les télémessures scientifiques.

a) Télémessures de servitudes.

Voies de synchronisation 4

Voies digitales (bit de poids faible en Tête) 9

Voies analogiques (bit de poids fort en Tête) 120

Bilan thermique.

Restitution d'altitude.

Surveillance expérience.

Surveillance satellite.

b) Télémessures scientifiques.

Sont destinées à transmettre au sol les informations recueillies auprès des répondeurs, assemblées en un format par le codeur puis stockées sous forme binaire.

Le format a l'allure suivante :

Synchros	!	Heure	!	Phrase	!	Phrase	!	Phrase	!	Phrase	!	Phrase
	!		!	1	!	2	!	3	!	4-5-6-7	!	8
24 bits	!	8 bits	!	128 b	!	128 b	!	128 b	!	14 x 128 b	!	128 b
	!		!		!		!		!		!	

1056 bits

compte tenu de la fréquence des bits : $0,6875$ seconde. Seules les phrases 4 à 7 correspondent aux 4 voies de mesures des répondeurs.

Constitution d'une phrase :

N°de phase	!	Heure	!	identité	!	adresse	!	informa-	!	Doppler
	!		!		!		!	tion	!	
3 bits	!	18 bits	!	9 b	!	48 b	!	28 b	!	22 b
	!		!		!		!		!	

II) DU REPONDEUR.

Hors de la présence satellite, le répondeur est en phase de veille pulsée, sa consommation est minime : 0,25 mA. Toutes les 25 secondes environ il "ouvre un oeil" pendant 1 seconde sa consommation passe à 35 mA et ainsi de suite tant qu'il ne reçoit pas de signaux du satellite en "passage".

Présence satellite.

Première possibilité : Le répondeur a reconnu EOLE, il entre en phase "EVEIL" il consomme alors 75 mA. Si dans les trains de bits explorés il ne reconnaît pas son identité parce que son interrogation n'est pas ordonnée, il retombe en phase veille pulsée jusqu'au prochain passage.

Deuxième possibilité : EOLE a reçu l'ordre d'interroger le répondeur intéressé lequel a reconnu son identité. Le dialogue s'établit c'est la phase acquisition-émission. Tests de bonne santé, etc... puis lecture des informations. En plus des 75 mA de la phase éveil, la consommation pendant l'émission est de 1 amp. pendant 0,5 seconde. L'interrogation est souvent renouvelée le répondeur répond à chaque fois. Nous avons observé jusqu'à 18 réponses. Voir schéma de consommation.

DESCRIPTION DE L'EQUIPEMENT REALISE A BRAZZAVILLE :

Nous avons dit que chaque répondeur comportait 4 entrées capteurs ; l'entrée dans le répondeur se fait sous forme de signaux périodiques d'une fréquence représentative de l'information à transmettre.

Les capteurs doivent donc comporter ; d'une part, le détecteur sensible au paramètre physique à mesurer, d'autre part l'oscillateur à fréquence variable commandé par le détecteur.

Deux types d'oscillateurs ont été réalisés à Brazzaville, dans le premier la fréquence était ajustée à partir d'une diode varicap. Ce montage s'est révélé peu fiable parce que trop sensible aux écarts de température. Le second (voir schéma) semble donner satisfaction.

Les caractéristiques des signaux d'entrée dans le répondeur sont les suivantes :

Fréquence comprise entre 15 et 20 kHz
Niveau bas compris entre 0 V et 0,8 V
Niveau Haut compris entre 2 V et 4,5 V
Temps de montée et de descente 50 μ sec
Durée des états bas et hauts 5 μ sec
Résistance interne du capteur 1 k Ω

Toute dérogation à ces contingences se traduit par un retour d'information nul. La précision de la lecture et des retransmissions est de 50 Hz.

Il nous restait donc à transformer nos hauteurs d'eau ou de précipitations, soit une pression, en un signal électrique capable de faire varier la fréquence de l'oscillateur entre 15 et 20 kHz .

Le marché actuel propose de nombreux types de capteurs de pression. Nous nous sommes arrêtés sur un appareil fabriqué par CWR en raison des faibles délais de livraison et du prix modéré de l'appareil. Le principe en est le suivant : un soufflet se déforme sous l'action de la pression à mesurer, il agit alors sur un petit noyau qui fait varier le coefficient d'induction mutuelle de deux bobines. Un second soufflet relié à la pression ambiante compense la pression atmosphérique agissant sur le niveau de l'eau. Bien que CWR fabrique des capteurs de pression dont la sensibilité est à la demande du client, afin de limiter les délais de livraison, nous avons choisi un appareil existant en stock : 0- 0,25 bar soit 2,50 m de colonne

d'eau. La mise en place d'un tel capteur sur une rivière ne variant pas de plus de 2,50 m ne posait aucun problème. Cet appareil nous a d'ailleurs donné toutes satisfactions.

Pour augmenter la précision du pluviomètre nous avons réalisé un totalisateur de 2,50 m de haut avec amplification au dixième : un millimètre de pluie correspondait donc à 10 mm dans le totalisateur.

Un siphon auto-amorçable permet de vidanger en 3 minutes l'appareil lorsqu'il est plein. Un niveau apparent permet de vérifier pendant la phase d'expérimentation la qualité des mesures.

Afin de pouvoir contrôler le bon fonctionnement du pluviomètre, la plage de mesure explorée est en deça de la plage des possibilités de l'ensemble capteur de pression-oscillateur. C'est-à-dire que le pluviomètre au lieu de couvrir la gamme 15 à 20 kHz en 2,50 m de hauteur d'eau ne couvre que la gamme 15,200 kHz à 19,800 kHz. Toute information inférieure à 15,2 et supérieure à 19,800 kHz indiquera un pluviomètre mal siphonné ou bouché.

Étalonnage de l'ensemble : il aurait bien entendu été possible d'étalonner successivement tous les éléments de la chaîne : pluviomètre - capteur de pression oscillateur - répondeur etc ... Nous avons préféré une solution beaucoup plus simple, la courbe d'étalonnage étant tracée à partir des données recueillies et décodées. D'un côté les hauteurs d'eau étaient simulées dans le pluviomètre avec une éprouvette de l'autre, les fréquences lues et retransmises nous arrivaient par Telex ayant parcouru leur voie normale, il ne restait plus qu'à faire la correspondance kHz-millimètres de pluie.

SERVITUDES.

Si la consommation d'un répondeur est minime, celle du capteur de pression et de l'oscillateur ne le l'est pas puisqu'ils consomment 150 mA. Afin de ne pas retirer tout le sens à une expérience qui ne vise qu'à réaliser un équipement de terrain, nous avons connecté ces servitudes à partir d'un circuit du répondeur qui ne fonctionne qu'en présence satellite.

Nous avons également ajouté différents dispositifs de contrôle et de voyants de signalisation pour savoir si le répondeur obéit aux ordres programmés.

RESULTATS.

A Brazzaville, les interrogations se faisaient même lorsque EOLE passait en site bas (8 - 10°). A Comba où le relief est plus tourmenté, et le pluviomètre placé au fond du bassin, les interrogations n'étaient certaines qu'à partir de 20°. Ce qui nous donnait quand même quatre lectures par 24 heures par groupes de deux correspondant à deux révolutions successives.

La proximité de la station à Brazzaville nous permettait de décom-
muter le passage et de connaître immédiatement les résultats, par liaison radiophonique.

Dans le cas contraire, les informations recueillies sont retransmises par Telex sous forme de listing dans les 24 heures au plus tard.

CONDITIONS D'AMBIANCE DU REPONDEUR.

Les conditions d'ambiance du répondeur étaient les suivantes :

Température moyenne	25°2
Max. enregistré	29°5
Min. enregistré	21°0
Humidité moyenne	87 %
Max. enregistré	98 %
Min. enregistré	71 %

PRECISION DES RESULTATS

Lecture et transmission de la fréquence.

50 Hz	
<hr/>	
5000	1 %
Fidélité de l'oscillateur 100 Hz	2 %
Fidélité du capteur de pression	1,5
	<hr/>
	4,5 %
	<hr/> <hr/>

Ces performances doivent être améliorées :

- 1°- En utilisant un nouveau type de capteur.
- 2°- En réalisant un oscillateur piloté par quartz.

L'estimation de 4,5 % est extrême et les mesures faites ont toujours été d'une précision supérieure à cette valeur ; généralement 3 %.

Notre expérience est momentanément suspendue. Un circuit du répondeur est défaillant : après appel du satellite il reste en phase "éveil" au lieu de revenir en phase "veille pulsée". Cette panne n'a pas étonné les spécialistes du C.N.E.S. étant donné que d'autres répondeurs présentent la même défaillance.

Nous ne désespérons pas de reprendre nos mesures dès que la réparation sera effectuée.

COMMENTAIRES

Bien que cette expérience ait été réalisée à partir d'un équipement satellite qui n'était pas prévu à cette fin, elle aura au moins prouvé que par une adaptation de matériel existant, il est possible aux hydrologues d'obtenir un outil qui résoudrait bien des problèmes pour la collecte des données.

Que serait alors les performances d'un équipement similaire mais réalisé pour les Hydrologues ...

Si nous conservons le même type de capteur, nous envisageons de supprimer le système de vidange du pluviomètre par siphonnage et de le remplacer par un dispositif qui vidangerait le pluviomètre à heure fixe ou alors systématiquement après chaque interrogation pour éviter la perte d'eau due à un siphonnage pendant une précipitation.

Dans ce cas la vidange du pluviomètre pourrait être ordonnée par un train de bits représentant le signal prévu à l'origine pour la destruction des ballons.

Il serait souhaitable que nos moyens nous permettent de tester sur le terrain les différents types de capteurs de pression que le marché nous propose. Ces capteurs dont le principe de base est toujours le même : Sous l'effet d'une pression, déformation d'un élément souple : membrane-

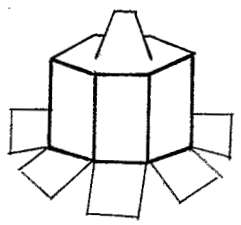
soufflet - tube de bourdon - capsule anéroïde, etc ... ont des systèmes de transmission très différents ils peuvent agir sous les formes suivantes :

- Variation du coefficient d'induction mutuel de deux bobines.
- Rotation d'un potentiomètre.
- Variation de la tension d'une corde vibrante.
- Jauges de contraintes,
- Quartz piézo-électriques,
- Eléments piézo-sensibles.

Nous ne terminerons pas cette note sans remercier Monsieur LAMARQUE, Directeur de la Station Spatiale de Brazzaville et son équipe pour l'esprit de collaboration dont ils ont fait preuve tout au long de cette expérience.

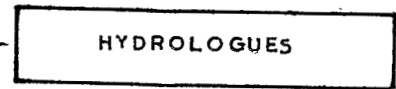


EOLE

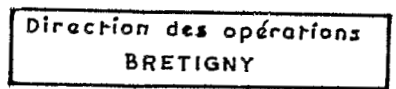


TELEMESURES DE SERVITUDES
TELEMESURES SCIENTIFIQUES

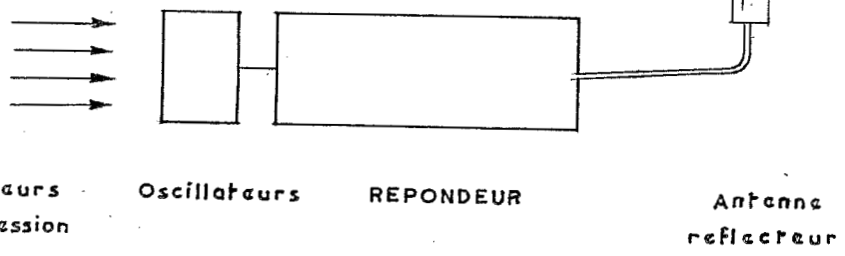
si proximité d'une station



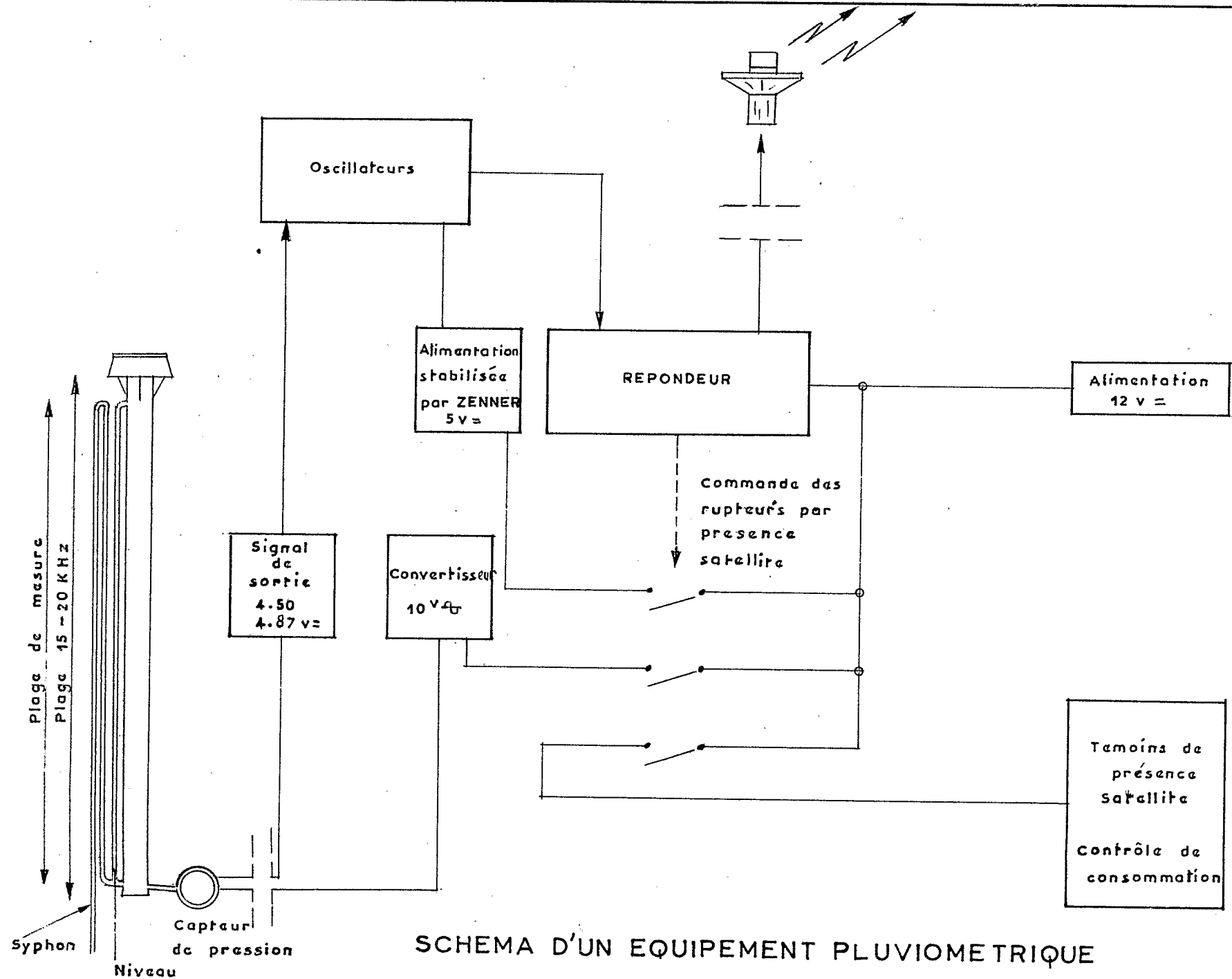
Telex



Telex

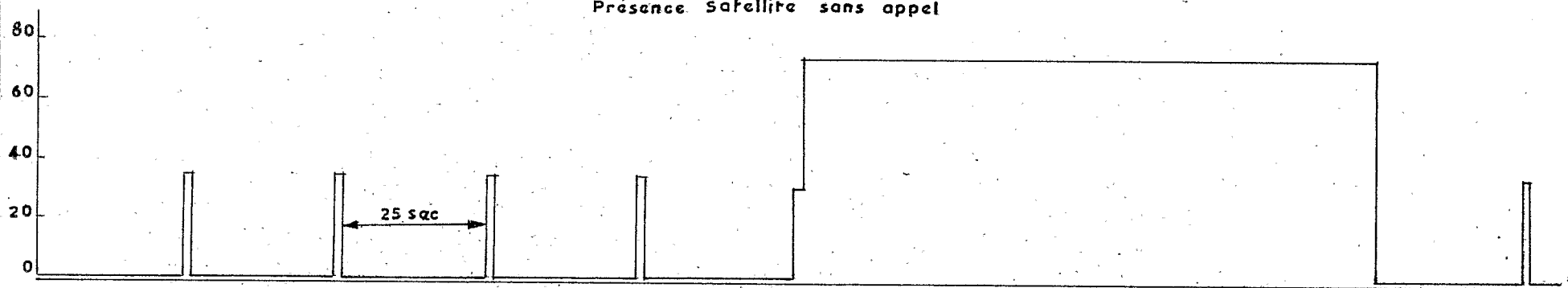


ORGANISATION DES LIAISONS



SCHEMA D'UN EQUIPEMENT PLUVIOMETRIQUE

mA

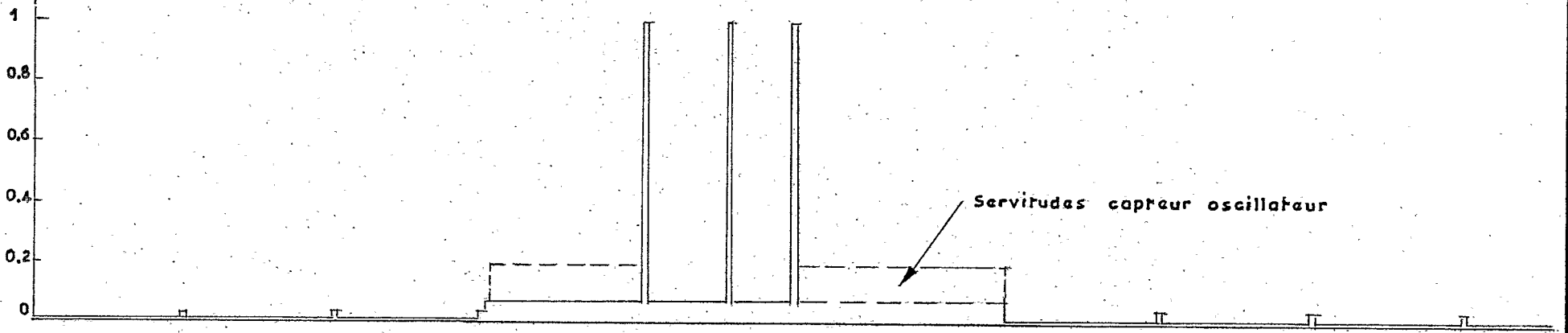


Veille pulsée

Recherche

Veille pulsée

Ampère

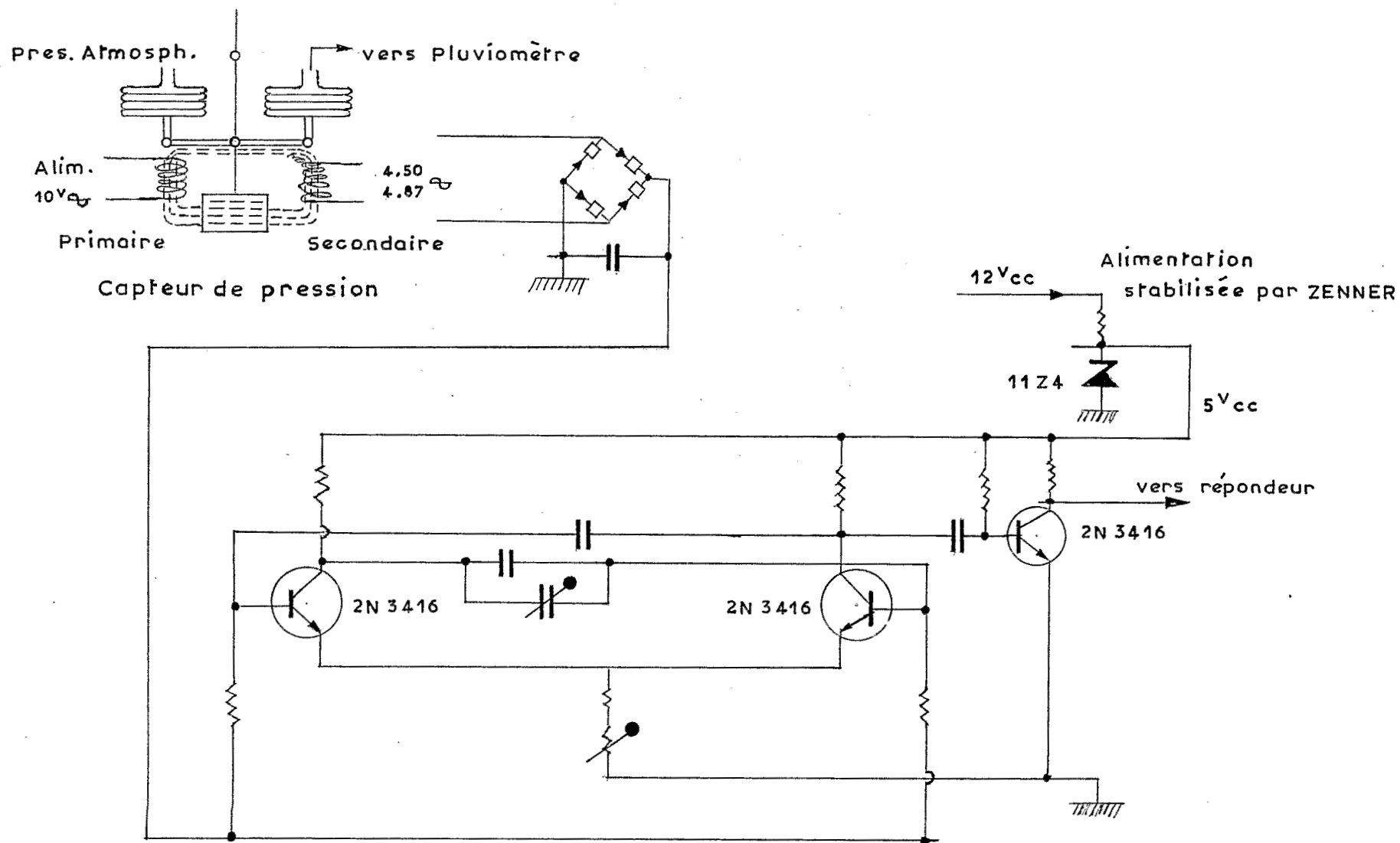


25 sec

Recherche - Acquisition - Emission

Veille pulsée

DIFFERENTES PHASES DU FONCTIONNEMENT ET CONSOMMATION D'UN REPONDEUR



SCHEMA OSCILLATEUR