

# **AXOR 1**

## **Fusée Expérimentale**

Lancement 3 AVRIL 1966 à 17h47  
Au camp militaire de Sissons (Aisne)

Rapport d'expérience 1966

## PRESENTATION GENERALE

La Campagne de tir devait permettre d'étudier :

- le comportement de l'engin en vol
- le repérage
- la récupération de la charge utile.

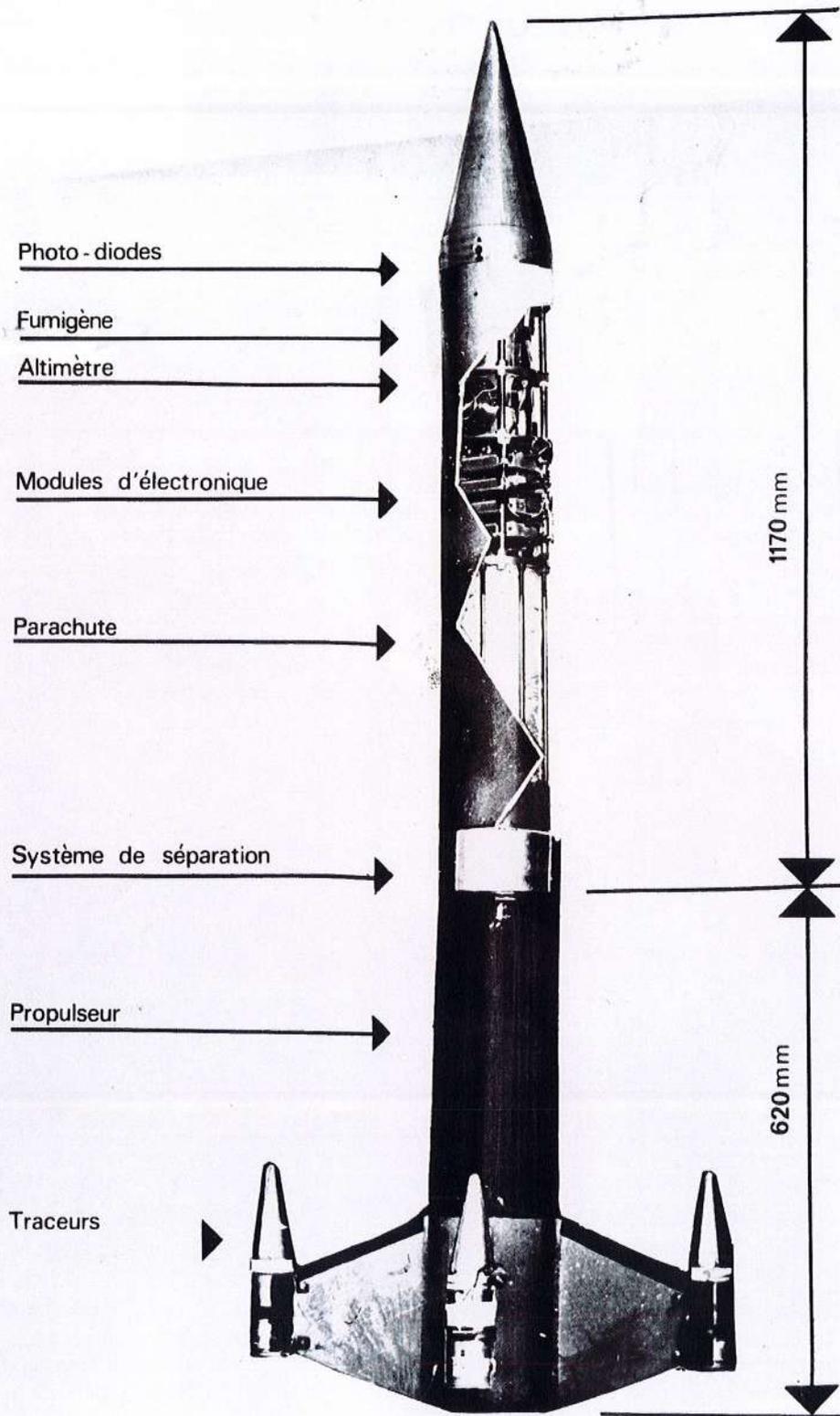
Il fallait intégrer les équipements suivants :

### Dans la pointe

- les équipements de téléméasures
- les alimentations
- les capteurs :
  - altitude
  - giration
  - vérification d'ouverture
- le système de récupération :
  - localisation
  - séparation
  - parachute
  - minuterics

### Hors la pointe

- traceurs
- antennes
- prise de pression



FUSEE EXPERIMENTALE

**AXOR 1**

## CARACTERISTIQUES DE LA FUSEE

Type de l'engin : ATEF 74

Numéro du propulseur : 27

Nombre d'étage : 1

Couleur de l'engin : peau externe rouge  
ogive aluminium

Masse de la charge utile : 16 kg

Masse du propulseur : 20 kg

Masse totale sur rampe : 39 kg

Longueur de la case d'équipement : 1170 mm

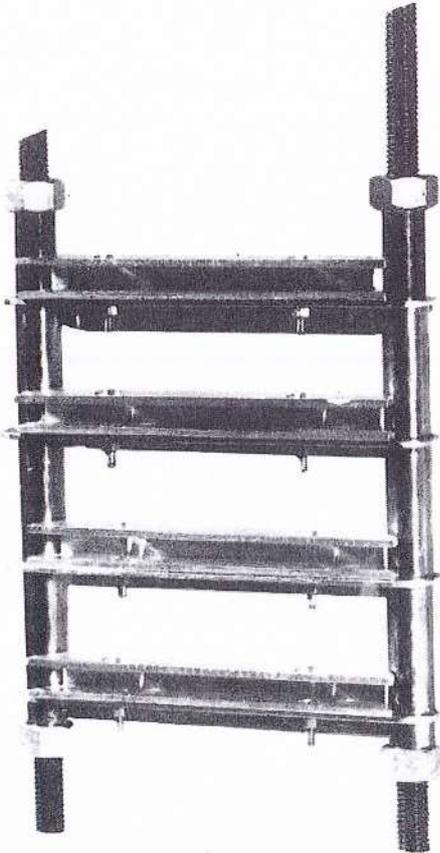
Longueur du propulseur : 650 mm

Longueur totale : 1820 mm

Diamètre : 160 mm



PARACHUTE DE RECUPERATION



RACKS DES MODULES  
ELECTRONIQUES

## STRUCTURE MECANIQUE

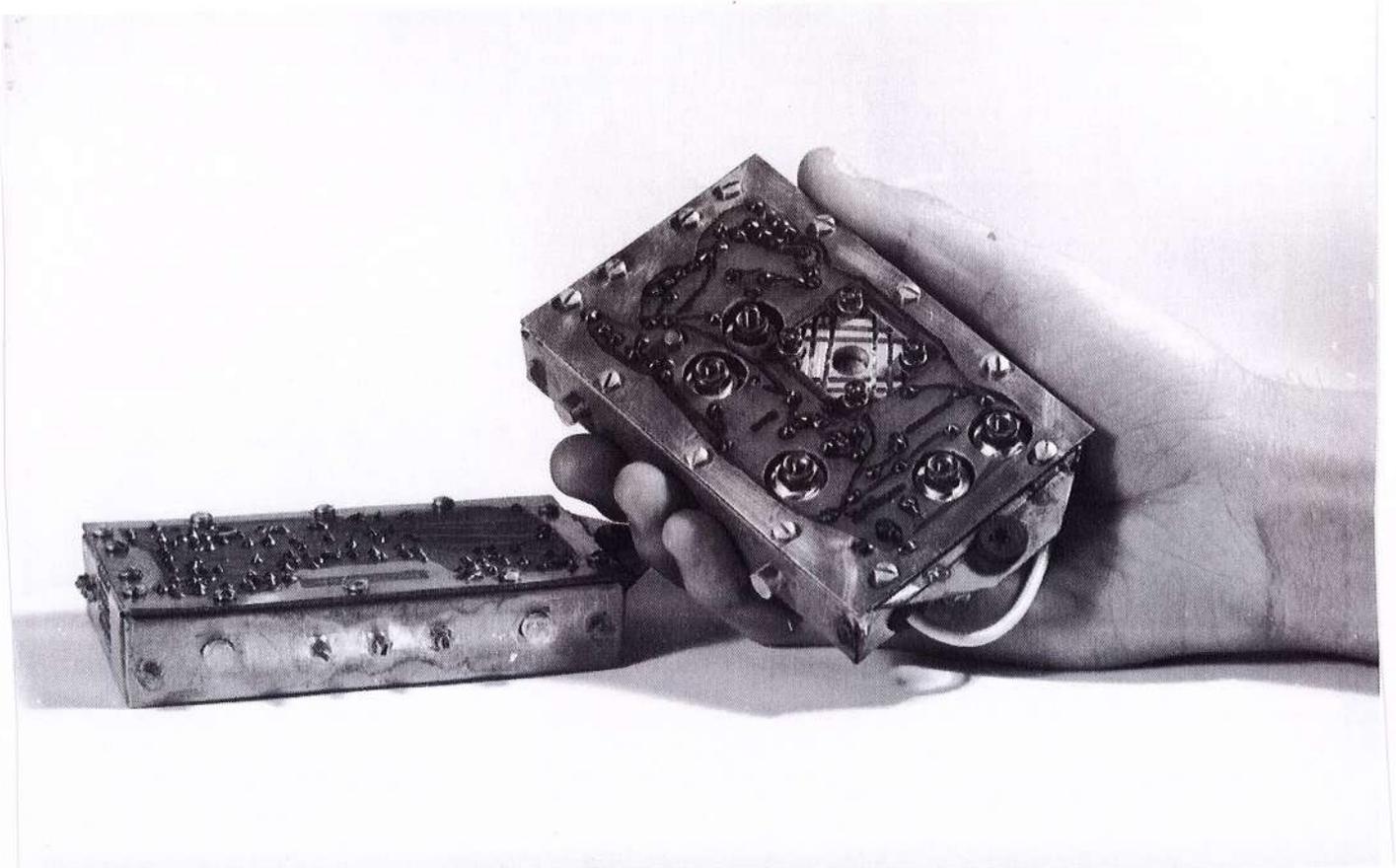
La structure est essentiellement en AU4G. Seules les tiges filetées sont en acier pour une question de résistance.

Les différents plateaux sont maintenus sur les tiges et serrés entre deux écrous. Le positionnement est donné par des entretoises en aluminium, ce qui permet un montage-démontage aisé et rapide. Chaque plateau peut recevoir son appareillage propre et être monté ensuite.

Une séparation très nette existe entre le système séparation-récupération et la partie comprenant les équipements. Les deux parties ne sont reliées que dans le montage final.

La peau en plastique (AFCODUR) est ensuite enfilée sur l'ensemble et maintenue en position par l'ogive qui vient coiffer le tout. Cette ogive en AU4G roulé-brasé est fixée par vis sur le plateau supérieur de la structure, supprimant ainsi toute contrainte de la peau.

L'emplacement des appareillages a été établi de manière à ce que le centre de gravité réel général soit le plus près possible du C.G. théorique tout en ayant les liaisons électroniques les plus courtes entre capteurs et émetteurs.



MODULES ELECTRONIQUES

## EQUIPEMENTS DE BASE DE TELEMESURES

Ils comportent :

- un émetteur
- un modulateur.

### 1°) EMETTEUR

#### a) Caractéristiques générales

Piloté par quartz, alimenté sous 15 volts, il délivre une puissance antenne de 400 milliwatts et permet une liaison de 10 km à vue.

Il est réparti en 3 étages :

- pilote
- séparateur
- amplificateur de puissance (A.P.)

#### b) Description

Le pilote est un oscillateur pierce à quartz 72 MHz (partiel 5) précision  $10^{-6}$ , qui est pourvu d'une gaine en téflon protectrice des chocs et vibrations.

Le séparateur, couplé au pilote par capacité, est un montage base commune.

Le A.P. est une cathode follower reliée au séparateur par couplage inductif.

Le C.O. est un filtre en "pi" permettant une adaptation aisée de l'étage de sortie à l'antenne.

L'ensemble comporte quatre points de réglage accessibles par la face supérieure du module 1.

## 2°) MODULATEUR

### a) Caractéristiques générales

Puissance 500 milliwatts

Alimentation 13,5 Volts

Modulation collecteur (énergique et linéaire)

### b) Description

Il comporte un push-pull (classe A.B.) précédé d'un driver (classe A) qui suit un atténuateur à résistances de 100 K $\Omega$  et 1,5 K $\Omega$ , à part la voie 5 (39 K $\Omega$ ).

Tous les circuits électroniques sont montés en 4 modules de 115 x 75 x 22, moulés, dont la face supérieure supporte les circuits imprimés.

Ils sont suspendus en toutes directions par passe-fils et bouchons en caoutchouc maintenus dans des glissières supportées par 4 tiges filetées. L'interchangeabilité est donc immédiate et rapide. Ce ne sont pas les fonctions qui ont régi la mise en place, mais une répartition homogène.

De haut en bas nous avons :

- émetteur de télémètres (Poids 215 gr)
- modulateur mélangeur (Poids 220 gr)
- alimentation altimètre, cathode follower, 3 multivibrateurs astables (Poids 245 gr)
- localisation balise, minuterie fumigène (Poids 220 gr).

Certains réglages sont accessibles par les faces latérales, d'autres par les faces arrières.

Le câblage réalisé en épi avec des éléments semi-professionnels n'a subi aucune contrainte au moulage du fait du  $\varnothing$  des fils suffisamment rigides.

## ALIMENTATIONS

La recherche du poids, de l'encombrement minimum et de la stabilité a fait adopter les piles au mercure et alcalino-manganèse à forte capacité (Mallory-Batteries).

Les piles au mercure alimentent les oscillateurs des sous porteuses et le convertisseur de tension de l'altimètre.

Les piles alcalino-manganèse alimentent les autres circuits.

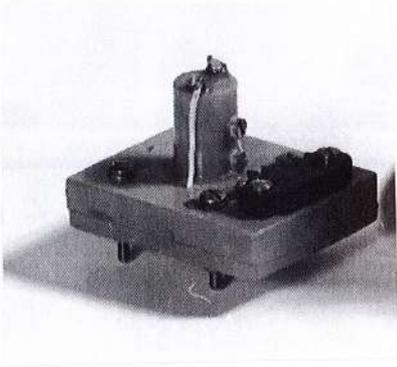
Toutes les fonctions électroniques de l'engin sont alimentées séparément (voir "Tableau d'alimentation").

Tous les négatifs des batteries sont communs. Pour la mise sous tension, des interrupteurs de sécurité et des relais commutent le négatif à la masse.

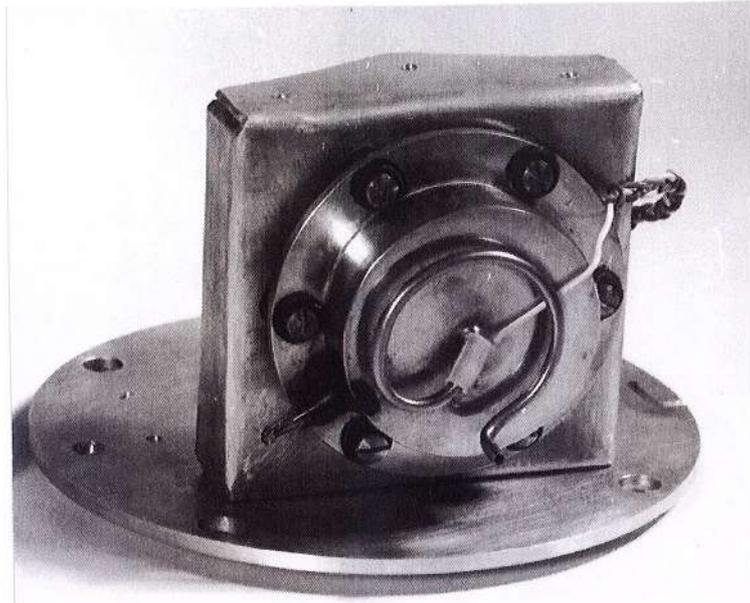
En position repos, une diode intercalée entre les poles positifs des piles et la fonction à alimenter, empêche les piles de débiter. Celles-ci sont moulées dans de l'araldite et fixées par étriers dans l'ogive. La masse totale du bloc est de 1000 grammes.

Les piles ayant une autonomie de fonctionnement de 10 heures, il était inutile de prévoir une alimentation extérieure pour l'engin sur rampe, à condition qu'elles ne soient moulées que quelques semaines avant le tir.

Par ailleurs, elles nous ont donné entière satisfaction et nous ont dispensé d'utiliser le second bloc, identique au premier, prévu en secours.



CAPTEUR DE POSITION



ALTIMETRE



POINTE  
DE LA  
FUSEE

PHOTO-DIODES

BLOC D'ALIMENTATION

## LES CAPTEURS - LES MESURES

### 1 - GIRATION

A la base de l'ogive sont fixés 3 senseurs solaires, constitués par des cellules photodiodes type OAP 12. Deux de ces cellules sont montées en opposition, la troisième étant à 30° de l'une d'elle, ce qui permet de mesurer le sens et la vitesse de giration de la fusée.

Ces cellules sont suivies d'un amplificateur à courant continu à deux transistors. Il est possible de faire un réglage en fonction de la luminosité ambiante. Cet amplificateur est suivi d'un transistor monté en commutateur dont la charge dans le collecteur est un multivibrateur astable fournissant un signal B.F.

Il est nécessaire de prévoir une C.A.S. pour l'amplificateur continu : la luminosité pouvant varier dans de grandes proportions ce qui rend la mesure déficiente.

### 2 - VERIFICATION D'OUVERTURE (photo ci-contre)

Dix grammes de mercure sont maintenus dans un tube étanche comportant quatre électrodes en nickel qui permettent d'obtenir 4 contacts différents.

Un multivibrateur astable à fréquence donnée est commuté suivant les électrodes court-circuitées.

La quantité de mercure a été prévue pour ne pouvoir mettre en court-circuit que 2 électrodes à la fois : deux positions horizontales permettant de connaître à quel instant a lieu l'ouverture du parachute et dans quelle position.

### 3 - ALTITUDE

Le capteur est constitué par une base de temps à gaz dont la fréquence varie linéairement avec l'altitude. Il doit être alimenté sous une centaine de volts et être suivi d'un étage séparateur.

Cette alimentation est formée d'un oscillateur blocking suivi d'un doubleur greinächer lui-même suivi d'un circuit R.C. déterminant la fréquence de la base de temps.

Le séparateur est une cathode follower dont l'impédance de sortie est de  $1\text{ K}\Omega$  avec une tension de sortie de 2,5 Volts. La fréquence de repos sous pression au sol est réglée par variation de tensions aux bornes de la base de temps ( $F = 700\text{ Hz}$ ,  $U = 4,5\text{ volts}$ ,  $I = 100\text{ mA}$ ).

Tous les essais ont été effectués dans les laboratoires de la Société d'Appareillages Aéronautiques BADIN avec les matériels appropriés.

### RESULTATS

Pour une altitude de 5000 mètres, on obtient une variation de fréquence de 200 Hz.

De nombreux essais effectués aux Etablissements S.C.A.E.M. ont permis de déterminer empiriquement le mélange gazeux ainsi que la pression donnant un fonctionnement correct et stable (Mélange Néon-Argon à 50 %, Pression 15 à 20 mb).

## RECUPERATION

### 1°) LA LOCALISATION

#### a) La balise

Fréquence d'émission 27,14 MHz

Puissance absorbée 500 mW

Fréquence de modulation 1000 Hz.

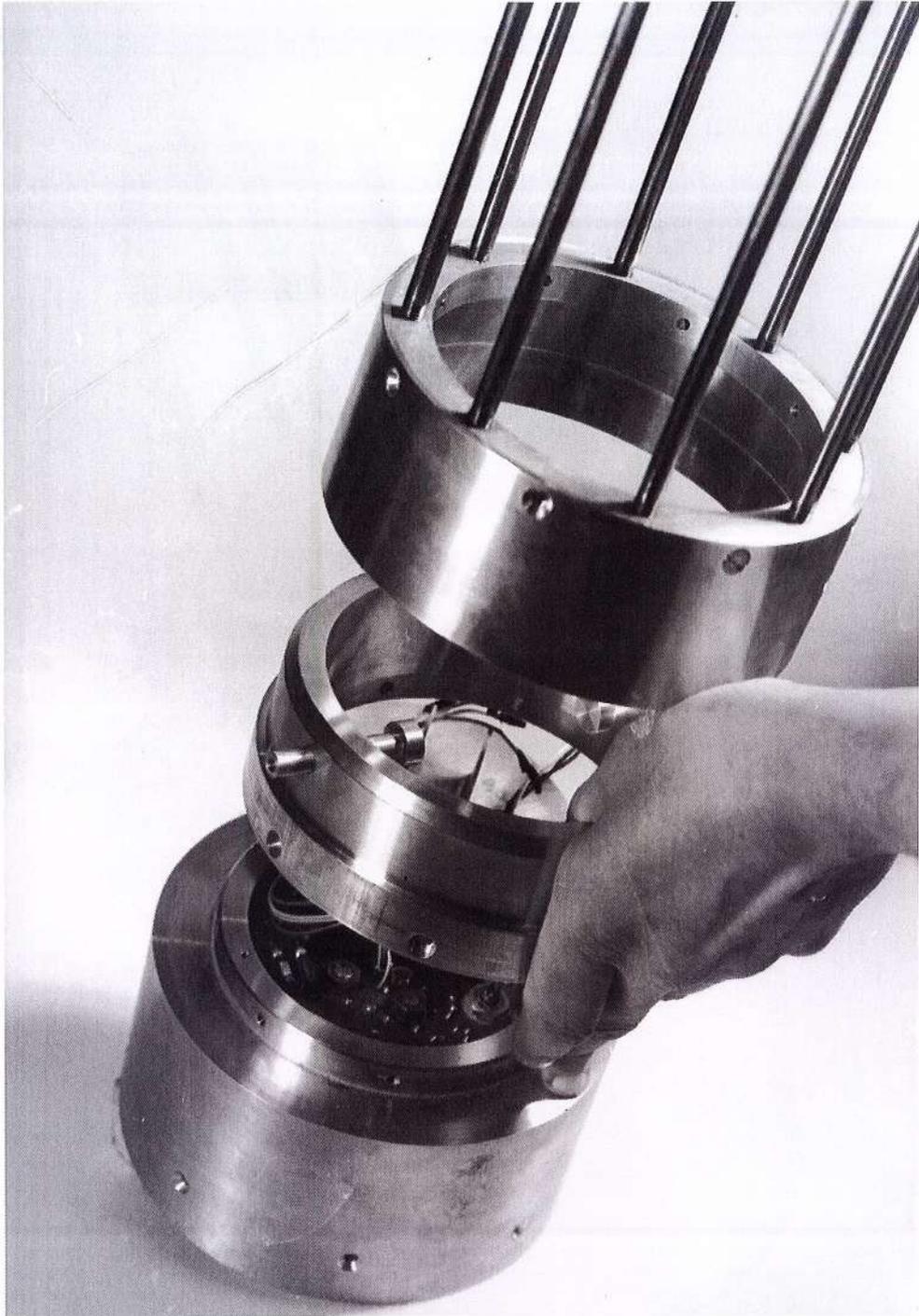
L'étage oscillateur est du type "Pierce" avec taux de couplage réglable par prise médiane capacitive. Le second étage est un amplificateur de tension à base commune.

Le P.A. est un cathode follower neutrodyne par self. La charge de sortie est un filtre en "pi", les réglages se font sur la face supérieure du tiroir en positionnant les noyaux de ferrite des bobinages.

#### Essais de balise :

La Météorologie nationale nous a permis de tester la balise dans des conditions proches de la réalité. Maintenu à une altitude de 500 mètres par un ballon captif, la radio-goniométrie a été expérimentée avec succès à l'aide d'un récepteur situé à 5 km de l'émetteur : l'écart angulaire a été de 5°.

La veille du tir un nouvel essai a été effectué vers 18 heures afin de familiariser les opérateurs.



SYSTEME DE SEPARATION POUR LA RECUPERATION

### Résultats du tir :

La fusée sur rampe, le signal fut reçu dans les meilleures conditions, bien que l'antenne fut pliée dans le parachute. Il en fut de même pendant l'ascension, et lors de la descente en parachute, le niveau s'accrut du fait du déploiement de l'antenne.

#### b) Le fumigène

Pour permettre un repérage optique par lâcher de tétrachlorure de titane contenu dans un réservoir sous pression et libéré par une micro-valve débouchée par minuterie électronique. Ce système n'a pu être expérimenté par suite des difficultés rencontrées au remplissage, le  $TiCl_4$  étant d'un emploi particulièrement délicat.

## 2°) LA SEPARATION

La séparation de la pointe et du propulseur est commandée par minuterie électronique moulée dans la pièce assurant la liaison de ces deux parties. Le système est fondé sur le retrait de deux goupilles diamétralement opposées, soumises à l'action de deux ressorts et maintenues en position par quatre ampoules "flash" type PF 1, entourées de ruban adhésif toilé. L'éclatement d'une seule ampoule suffit à provoquer le retrait des deux goupilles qui assurent la liaison entre deux cylindres d'ajustement "glissant libre rodé".

Sur un plateau protégeant le tout, est fixé un ressort assurant la séparation en une quelconque position de l'engin. C'est ce ressort qui sort le parachute extracteur du parachute de charge.

Ce dispositif monté sur la partie propulseur est entièrement indépendant du reste de la charge.

Le parachute de charge, d'un diamètre de 5 mètres (système de suspentes à l'air), est fixé sur un plateau maintenu par 8 tiges formant "cage container" et permettant un réglage de la compression de ce parachute. C'est à ce niveau que s'effectue la liaison avec le reste de la structure.

### 3°) LES MINUTERIES

Principe : Commutation d'un thyristor à l'aide d'une unijonction.

La constante de temps est réalisée par un circuit RC ; réglage de 20 à 35 secondes. Pour une variation de la tension d'alimentation de 25 %, on obtient une erreur de 1,4 %, et pour une variation de 20° C à 55° C une erreur de 3 %. La charge des thyristors est constituée par les ampoules "flash". Par sécurité, ces minuteries sont couplées. La première est mise en fonctionnement par relais à partir du pupitre de commande, la seconde est déclenchée par accéléro-contacts. Temps de déclenchement : 23 secondes. Ces minuteries ont donné entière satisfaction tant pendant les essais que lors du vol.

## HORS LA POINTE

### 1°) TRACEURS

Quatre traceurs équipent les empennages. Deux allumés au départ éclairent pendant 25 secondes, et servent au repérage optique de la phase ascendante, les deux autres, retardés de 30 secondes par minuteries électroniques commandées par accéléro-contacts et moulées dans les ogives équipant ces traceurs, servent au repérage optique du propulseur pendant sa chute.

Une fausse manoeuvre sur rampe a provoqué un déclenchement prématuré de l'un des traceurs.

### 2°) ANTENNE 72 MHz

Constituée par un brin souple isolé, tendu le long de la paroi extérieure, elle fonctionne en 1/4 d'onde en liaison directe avec l'émetteur.

### 3°) ANTENNE 27,14 MHz

Egalement constituée par un brin souple, elle est logée à l'intérieur d'une suspente du parachute. Comme la précédente, elle fonctionne en 1/4 d'onde et est en liaison directe avec l'émetteur.

## LIAISONS - RELAIS - CONNECTEURS - CONTACTEURS

### CABLAGE DE LA POINTE

- Quatre contacteurs interjet sont fixés verticalement sur les plateaux et servent au verrouillage de l'engin sur rampe :

- deux pour les minuteriers,
- deux pour les télémessures et localisation (couplage par sécurité). Ils sont commutés par l'équipe de tir.

- Quatre relais commutés à partir du poste de commande de tir mettent en circuit les télémessures, la balise, les minuteriers et permettent un éventuel arrêt de la chronologie.

- L'alimentation et la sortie de la chaîne de détection sont effectuées par connecteurs "SOURIAU".

- La sortie HF est faite sur prise "OTTAWA" 50 ohms, réf. 533.

- Câblage de la pointe : voir plan et liste.

## MOYENS AU SOL

L'appareillage au sol doit permettre la réception et l'exploitation des renseignements fournis par la fusée. Il ne comprend que les éléments essentiels au bon déroulement de l'expérience.

### 1 - ALIMENTATION

La tension de 110 volts est fournie par deux groupes électrogènes mis à la disposition des clubs par les armées. Ceux-ci étant en rôdage, la tension fut trop faible pour assurer une bonne régulation du courant, sans parler des fréquentes coupures.

Un pupitre comportant disjoncteurs, fusibles et interrupteurs, assure la répartition du courant entre les différents appareils, l'éclairage se faisant à partir des groupes.

### 2 - APPAREILS DE CONTROLE

Les télémessures sont enregistrées sur un magnétophone Philips, type EL 3524 double pistes. Un second, Grundig type TK 17L, enregistre la tension de C.A.S. du récepteur, un troisième étant prévu en secours.

Un compteur à affichage numérique type Rochar, permet la lecture directe de l'altitude de l'engin, connaissant la courbe d'étalonnage (il sert aussi en doublage du pupitre de commande de mise à feu).

Trois oscilloscopes, dont deux bicourbes, du type Cossor, permettent de suivre le bon fonctionnement des appareils embarqués. Le troisième du type CRC, permet en particulier de visualiser les signaux TBF de la mesure de rotation.

Tous le matériel servant au dépannage éventuel des appareils de réception a été amené sur place. Cependant, le manque de générateur HF s'est fait fortement sentir.

### 3 - ANTENNES

D'une hauteur de 8 mètres, deux antennes, composées d'éléments de mâts triangulaires de 3 mètres, servent à la réception des télémessures.

L'une du type "Ground Plane", capte le champ magnétique au moyen d'un demi trombone en laiton de 1,04 mètre de long, soit en quart d'onde. Un croisillon en laiton de 1,04 mètre de côté, atténuant très fortement l'effet de sol, l'isole de la réaction du pylone métallique.

L'autre "omni-directionnelle", composée de deux dipôles de 2,08 m formant un croisillon, capte le champ électrique. La remise en phase du signal de l'un des dipôles est réalisé à l'aide d'un brin adaptateur en  $1/4$  d'onde.

La liaison antenne - récepteur se fait par coaxial de 75 ohms.

Des essais préalables ont permis de déterminer le taux d'onde stationnaire de 1,13 et la plage de réception couvrant 5 MHz entre 69 et 74 MHz.

### 4 - RECEPTEURS

Les récepteurs en modulation d'amplitude, au nombre de trois, comprenaient chacun 5 étages en MF accordés sur 10,7 MHz. Tous les transistors sont du type PNP AF 114 montés en base commune.

Les transformateurs FI du type Infra 102 et 84, sont précédés d'un transformateur, non accordé, adaptateur d'impédance : antenne - entrée ampli HF.

L'amplificateur HF équipé d'un AF 114 est monté en émetteur commun, la charge du collecteur étant constituée par un circuit bouchon accordé sur 72 MHz.

Une capacité de 3,3 pf assure la liaison avec l'étage changeur qui sert d'oscillateur local, dont une diode varicap contrôle la dérive en tension et en température.

Chaque récepteur est enfermé dans son propre blindage, dont la partie arrière est percée de façon à laisser passer et verrouiller les fiches.

Un oscillateur piloté quartz était prévu en secours. La veille de la campagne, la sensibilité était de 10 microvolts pour une bande passante de 350 KHz à 1 db. Le transport et les mauvaises conditions atmosphériques déplacèrent les réglages et aucune retouche ne put être faite par manque de générateur HF.

## 5 - ENREGISTREUR

L'enregistreur graphique à déroulement lent sert au contrôle de la mesure de giration. Il ne comporte qu'un canal.

## 6 - RADIO-GONIOMETRIE

Le cadre de réception est constitué d'un fil téflonné d'un diamètre de 10/10 de mm dont la circonférence est de 1/8 d'onde. Il est maintenu dans un tube de cuivre circulaire en deux parties, distantes de 5 cm au sommet, et qui lui sert de blindage. Celui-ci est monté sur un mât isolant permettant son orientation en toutes directions. Un index solidaire du mât et perpendiculaire au cadre, permet de déterminer la direction de l'engin et son azimut grâce à une table graduée.

Le récepteur est un talkie-walkie du CNES calé sur 27,14 MHz dont la VCA n'est ni déconnectable, ni réglable, ce qui nécessite une certaine distance entre émetteur et récepteur dans le but d'éviter la saturation.

Pour obtenir deux positions d'audition nulle du signal, il faut régler l'atténuateur de bruit.



AVANT LE DEPART EN CAMPAGNE DE TIR

---

DEROULEMENT DU TIR



H = 60 mm

PRESENTATION AVANT LE LANCEMENT

COMPTE-RENDU

Le 2 Avril, en début d'après-midi, les membres des différents clubs conduits par les autorités militaires, prenaient place avec leur matériel dans la zone qui leur était attribuée. Ce fut aussitôt l'installation des équipements, des appareils et des véhicules. Nos jeunes amis du G.A.R.E.F. XV° installaient aussitôt deux grandes antennes de 8 m le matériel au sol nécessaire à la réception des télémessures et procédaient aux premiers réglages et vérifications.

A 21 heures, le compte à rebours commençait : le tir était prévu pour le lendemain 9 heures. Personne cette nuit-là ne pensa à dormir et les organisateurs du C.N.E.S. et de l'A.N.C.S., véritables maîtres d'oeuvre du lancement ne quittèrent guère les lieux.

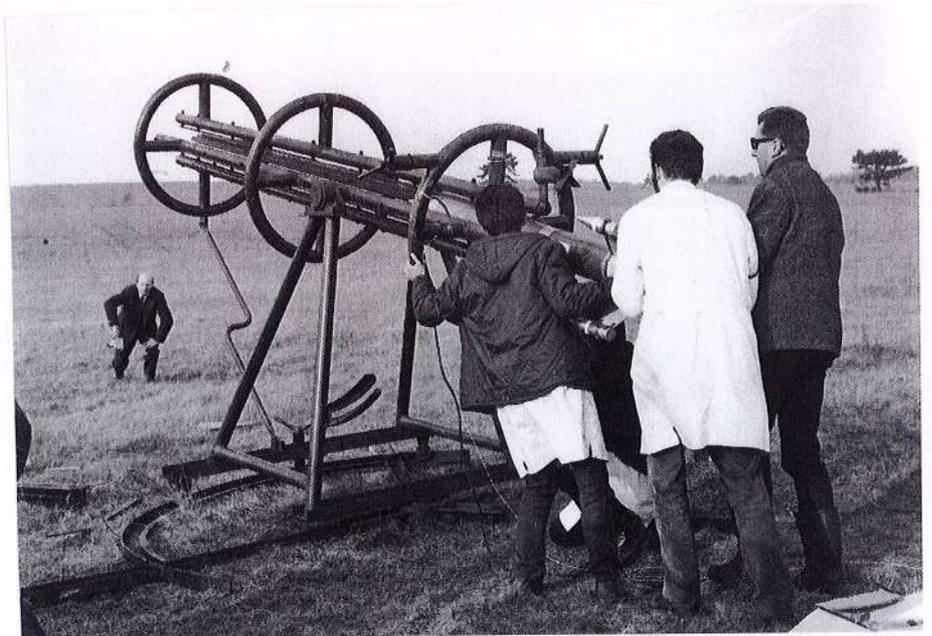
Et ce fut le jour J, une journée contenant tous nos espoirs, mais aussi toutes nos craintes. Les ennuis commençaient, la chronologie d'AXOR 1 ayant été interrompue par les mauvaises conditions atmosphériques de la nuit et les fantaisies d'un groupe électrogène en rodage. Tout cela empêcha les électroniciens du groupe de mettre la dernière main à leur ouvrage. Le tir était donc reporté à l'après-midi, vers 17 heures.

Entretemps, nous recevons la visite, combien réconfortante, de notre président d'honneur, M. GALY-DEJEAN, qui put s'entretenir avec les ingénieurs et techniciens du Centre national d'études des télécommunications venus nous assister avec leur bienveillance et leur sympathie habituelles.

Et ce fut le premier grand instant : AXOR 1, fin prête, allait recevoir son propulseur, élément tant attendu qui allait dans quelques minutes emporter nos espérances, ainsi que le fruit d'un travail de plus d'une année.



H - 45 mm - DESCENTE A LA RAMPE

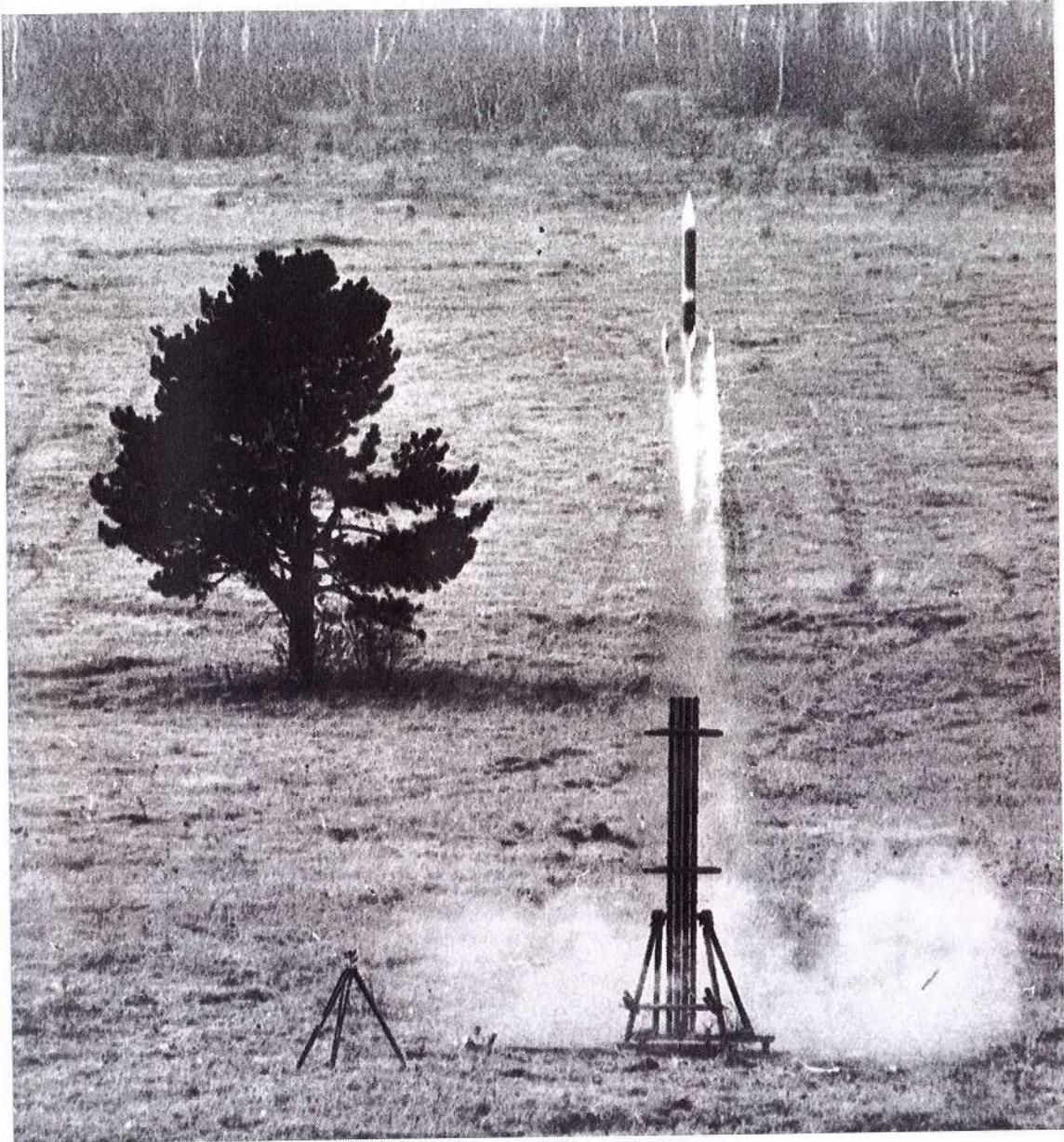


H = 30 mm  
MISE SUR RAMPE

Cette opération effectuée, ce fut la descente à la rampe de lancement et la mise en position de l'engin. Derniers contrôles, et déjà il fallait remonter au poste de commandement de tir où le compte à rebours touchait à sa fin.

A 17 h 47, les ultimes vérifications terminées, AXOR 1 s'élançait dans une trouée de ciel bleu. Après une courte attente pour certains, interminable pour d'autres, les récepteurs captaient toujours les signaux de la fusée. Il n'y avait plus de doute, c'était la réussite et là-haut, la fusée redescendait, comme prévu, suspendue à son parachute.

Avec ses 39 kilos, AXOR 1 était montée à 2 800 mètres. Elle fut retrouvée en parfait état à 5 km, dans la zone qui avait été déterminée par les calculs. Le cameraman ayant filmé cet instant mémorable, elle fut ramenée au P.C. de tir où elle s'inscrivait comme troisième fusée récupérée en trois ans. Le G.A.R.E.F. XV° devenait le premier groupe amateur à connaître le succès à son premier lancement.



H = 0

## 2 - ELEMENTS DE TIR

Type de la rampe : ATEF 48

Coordonnées de la rampe :

$$x = 698\ 75$$

$$y = 887\ 00$$

Pointage de la rampe :

$$\text{site} = 86^\circ$$

$$\text{azimut} = 360^\circ$$

Altitude de culmination : 2800 mètres

Coordonnées du point de chute de la charge utile :

$$x = 730\ 50$$

$$y = 912\ 20$$

Coordonnées du point de chute du propulseur :

$$x = 694\ 40$$

$$y = 902\ 272$$

### 3 - RADIO-GONIOMETRIE

Le repérage radio-goniométrique s'est effectué à partir de trois postes répartis sur le terrain en fonction des calculs de trajectoire.

Seul le poste du PC de tir a pu fournir des indications intéressantes, les deux autres étant saturés par la proximité de l'émetteur.

Les coordonnées du point de chute, données par le radar, sont venues préciser et confirmer ces premières indications.

Il n'a fallu que peu de temps pour retrouver l'engin qui s'était posé en parfait état à environ 3750 mètres de la rampe de lancement.

### 4 - TRAJECTOGRAPHIE

Nous n'avons pas jugé utile de reporter ici le détail des calculs qui nous ont permis de déterminer le temps de culmination avec 2 secondes d'erreur et un écart de 400 mètres sur l'aire d'atterrissage prévue.



## CONCLUSIONS

Cette première expérience, dont il faut reconnaître que quelques points ont laissé à désirer, tant à cause des difficultés techniques que par l'inexpérience des conditions de tir, nous a été d'un très grand profit.

Si nous dressons le bilan global de l'expérience, nous obtenons ceci :

- Système de récupération : fonctionnement 100 %
- Comportement en vol de la structure mécanique et des modules électroniques : excellent
- Fonctionnement de la radio-balise 27,14 MHz : réception 5/5
- Emetteur de télémesures : fonctionnement incertain pendant le vol dû à la défektivité de la réception. Ces mêmes modules nous ont permis de réaliser une liaison à vue d'environ 30 Km.
- Capteurs : la défektivité de la liaison n'a pas permis le contrôle de la validité des mesures en vol
- Fumigène : n'a pu être utilisé du fait de la corrosion des raccords, des robinets et de la valve lors du remplissage du container, malgré la pellicule de silicone protectrice.
- Récepteurs de télémesures : tête HF des récepteurs défektivées, sans doute à l'origine de la mauvaise liaison.

Les récepteurs de rechange non adaptés aux autres éléments n'ont donné aucun résultat.



APRES RECUPERATION