



Fusée expérimentale ATALANTE

Compte-rendu d'expérience

GP-3096-R-001

Révision 1.2

du 12 novembre 2005 (document initial 1998)

Rédigé par : Aimery De Crozes et David Perlmutter

Approuvé par : B.Scache

SOMMAIRE

SOMMAIRE.....	i
0. EVOLUTION DU DOCUMENT	1
1. OBJET DU DOCUMENT	2
2. L'EXPERIENCE ATALANTE	3
2.1. Généralités.....	3
2.2. Caractéristiques.....	3
2.3. Les partenaires associés au projet.....	4
2.4. Plan général de la fusée.....	5
2.5. Séquence d'ouverture des parachutes	7
2.6. Photographie du décollage.....	8
2.7. Photographie de la descente de la charge utile sous parachute.....	9
2.8. Les phases de développement du projet	10
2.8. Les phases de développement du projet	10
2.8.1. Réalisation de la mécanique de la fusée	10
2.8.2. Réalisation de l'électronique embarquée	15
2.8.3. Réalisation des équipements au sol GAREF	17
2.8.4. Préparation de la campagne de lancement.....	18
2.8.5. La campagne de lancement	19
2.8.6. Les jours suivants le lancement.....	28
3. DEPOUILLEMENT : DETERMINATION DE LA CHRONOLOGIE DU VOL	30
3.1. Fixation de la relation entre le temps IRIGB et le numéro de trame reçu	30
3.2. Chronologie du vol	31
4. DEPOUILLEMENT : TRAJECTOGRAPHIE	34
4.1. Séquences de vol et récupération	34
4.2. Comparaison des calculs prévisionnels et des données radars.....	34
4.3. L'estimation des points de chute sous parachutes	37
4.4. Accrochage des radars sur la fusée.....	39
5. DEPOUILLEMENT : ANALYSE DES TELEMESURES.....	40
5.1. Etude de la poussée et de l'accélération	40
5.2. Mesure de vibrations	42

5.3. Mesure de giration	42
5.4. Mesure de la pression du propulseur	44
5.5. Mesure de la pression atmosphérique et de l'altitude.....	45
5.6. Mesures de contraintes	47
5.7. Mesures de température sur le cône	49
6. CONCLUSIONS SUR LES MESURES	51
7. CONCLUSIONS DU PROJET	52
8. ANNEXES	53

0. EVOLUTION DU DOCUMENT

- 0.0 01 juillet 1998 : création
- 1.0 18 janvier 1999 : première version
- 1.1 13 mars 1999 : mise à jour
- 1.2 12 novembre 2005 : augmentation de la qualité de certaines photos, réduction de la taille globale par conversion en jpeg des photos, et fusion des différentes portions du rapport

1. OBJET DU DOCUMENT

Ce document est le compte-rendu de l'expérience Atalante, fusée expérimentale étudiée, construite et réalisée par le club scientifique de jeunes GAREF AEROSPATIAL, de 1993 à 1998.

Le chapitre 2 est une présentation générale de la fusée, ses caractéristiques mécaniques ainsi qu'un rappel des équipements électroniques embarqués.

Les chapitres suivants rassemblent les données du dépouillement des télémesures du vol et l'interprétation des résultats.

Les " Nouvelles d'Atalante " sont notamment jointes en annexe. Ces documents d'information retracent les étapes du projet entre 1996 et 1998.

2. L'EXPERIENCE ATALANTE

2.1. Généralités

ATALANTE est une fusée sonde expérimentale conçue et réalisée par l'équipe du GAREF, dont les membres sont âgés de 15 à 24 ans. Son objectif était l'étude des paramètres de vol d'une fusée à Mach 3.

Le projet a été décidé en septembre 1992. La conception et la réalisation se sont déroulées dans les locaux du GAREF à l'exception des missions chez les partenaires associés au projet.

La campagne de lancement s'est déroulée entre le 4 février et le 20 février 1998 au Centre Spatial Guyanais. Le lancement a eu lieu le vendredi 13 février 1998 à 15h (heure locale) au site Fusée-Sonde, à 5km des Ensembles de Lancement d'Ariane.

Au total, la réalisation d'Atalante a représenté 5 ans de travail pour l'équipe du GAREF et une centaine de kilos de documents dont une douzaine de classeurs de gestion de projet, de rapports techniques, de procédures diverses, de plans mécaniques et de schémas électroniques.

2.2. Caractéristiques

1. Mécanique et trajectoire - Longueur : 3639 mm - Diamètre extérieur : 175 mm - Envergure ailerons 675 mm - Masse totale au décollage: 129 Kg - Masse de propergol BUTALANE 44 Kg - Vitesse maximale : MACH 2,6 à T0+2,7s - Accélération max. : 51g - Altitude de culmination : 18350m à T0+57s (tir à 85.5deg) - Récupération par 2 parachutes après séparation de l'engin par un cordeau de découpe. - Durée totale du vol : 20 minutes	2. Mesures effectuées en vol (86 mesures/voies/s) - Déformations de la structure en composite - 8 températures surface du cône - Pression interne du propulseur - Accélération - Vibrations - Pression atmosphérique - Gyromètre Télémesures : - Télémesures temps réel 2,2GHz FM 38 kbits/s - antenne de réception motorisée - dépouillement et stockage temps réel sur PC
3. Electronique - 10 tiroirs électroniques reliés par un bus numérique - calculateur numérique - modules alimentés en +28V DC - séquenceur pyrotechnique numérique composé de deux minuteries comprenant chacune trois systèmes de comptage avec vote majoritaire. Double sécurité électrique par relais fiabilisés et vis d'armement. - émetteur synthétisé 5 W (+37dBm), 2235 MHz modulation FM - 4 antennes de peau après diviseur de puissance - tous les modules électroniques sont enrobés d'une résine et remplis d'une mousse polyuréthane.	

2.3. Les partenaires associés au projet

La fusée ATALANTE est la plus rapide et la plus grosse des fusées expérimentales réalisées par un club scientifique de jeunes en Europe. Ce projet a pu aboutir grâce au soutien d'un certain nombre de partenaires :

La **SNPE** partenaire de cette opération exceptionnelle qui a conçu et fourni le moteur à des conditions préférentielles. **PYROALLIANCE**, sa filiale, a fourni le système de séparation par cordeau de découpe pyrotechnique.

L'**ONERA** (Office National d'Etudes et de Recherches Aérospatiales) dont la division missile nous a apporté son soutien pour le calcul des coefficients aérodynamiques et la stabilité de l'engin.

Le **LRBA** (Laboratoire de Recherche Balistique et Aérodynamique) qui nous a permis de réaliser des essais en centrifugeuse, en vibrations et en chocs.

La société **AERAZUR** qui a étudié et nous a fournis gracieusement les parachutes de la charge utile et du propulseur.

L'**AEROSPATIALE** Kourou pour la mise en œuvre pyrotechnique sur la rampe de lancement.

ARIANESPACE Kourou pour le stockage du propulseur et du cordeau de découpe.

La **Compagnie DEUTSCH** qui nous a fournis gracieusement les relais fiabilisés du système d'alimentation.

La société **ENDEVCO** qui nous a fournis gracieusement le capteur de mesure de pression du propulseur.

Et les 3 partenaires principaux du GAREF AEROSPATIAL :

Le **CNET** (Centre National d'Etude des Télécommunications) qui depuis 1964, finance toute la partie technique, électronique et informatique des activités du GAREF, tant en investissement qu'en consommable, et qui par son département hyperfréquences a fourni les antennes d'émission bande S étudiées lors d'un stage d'un membre du GAREF.

Le **CNES** (Centre National d'Etudes Spatiales) depuis 1964 qui, par le biais de la division jeunesse DC-SJE a financé la partie propulsive, a assuré la sécurité pyrotechnique et a mis à disposition du GAREF les moyens de lancement du Centre Spatial Guyanais (rampe, télémessure, météorologie, radar, récupération, sauvegarde, vidéo, relations public, séjour) dont la salle de contrôle Jupiter 2; par le biais de la division matériaux, a vérifié la solidité de la structure en composite et d'une manière générale de l'engin compte tenu des contraintes, et qui a effectué les expertises sur les pièces en composite carbone/époxy réalisées par le GAREF.

La **MAIRIE DE PARIS** qui par sa Direction de la Jeunesse et des Sports dont le GAREF est un des établissements, finance depuis 1975 : les locaux, les équipements mobiliers et immobiliers, deux salariés administratifs et apporte une subvention annuelle de fonctionnement et des subventions exceptionnelles.

2.4. Plan général de la fusée

2.5. Séquence d'ouverture des parachutes

2.6. Photographie du décollage



***Kourou, Centre Spatial Guyanais, Site Fusée-Sonde,
vendredi 13 février 1998 18 :00 :0,390s TU (15h locale)***

2.7 Photographie de la descente de la charge utile sous parachute



***Descente de la charge utile sous parachute, filmée d'hélicoptère en vidéo.
(TCVidéo=19 :41 :0,56s) TU=18 :19 :41,560s. Atalante est à 300m d'altitude,
28,5 secondes avant de toucher le sol à une vitesse de 10,5 m/s***

2.8 Les phases de développement du projet

Atalante était un projet très ambitieux. Il comportait des réalisations à la fois mécaniques, électroniques et informatiques. De nombreuses difficultés ont été rencontrées depuis la conception jusqu'à la réalisation.

Les principales difficultés liées à la mécanique ont tout d'abord été la résistance mécanique aux efforts engendrés par l'impulsion de poussée du propulseur (équivalent à 3,5 tonnes au décollage). Des pièces de la structure ont été fabriquées en composite carbone-époxy, grâce à un procédé de moulage sous vide et en étuve mis au point au GAREF.

Des calculs aérodynamiques ont été réalisés jusqu'à Mach 3, en collaboration avec l'ONERA. En vol supersonique, l'efficacité des ailerons décroît. Les ailerons ont été dimensionnés pour assurer la stabilité aérodynamique à toutes les vitesses et permettre à l'engin de suivre une trajectoire nominale.

Les calculs de trajectoire de vol balistique d'Atalante ont été faits sur VAX avec le programme du GAREF qui a été utilisé pour les précédentes fusées du club depuis 1976. Il a été amélioré pour réaliser des calculs de traînée jusqu'à Mach 3 et pour tenir compte plus précisément des caractéristiques de l'atmosphère. Deux autres logiciels ont été développés sur PC. Un premier pour calculer la phase de descente sous parachutes et un autre pour stocker les télémessures.

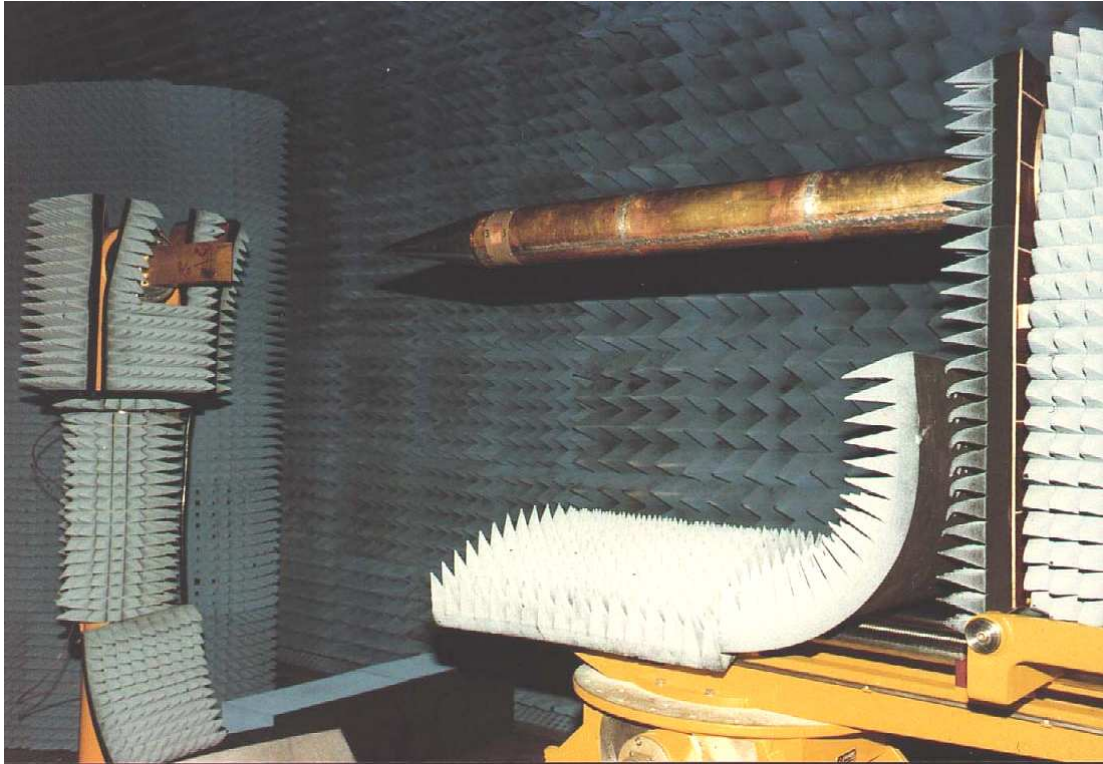
En ce qui concerne la partie électronique, l'interfaçage de nombreuses cartes de mesure, développées séparément, a nécessité le choix d'une architecture modulaire avec un bus numérique. La fiabilité était essentielle pour la réussite du vol, nous avons donc accordé une attention particulière aux systèmes critiques comme les circuits de commandes des détonateurs pyrotechniques ou les batteries d'alimentation et la télémessure.

La mise en œuvre du propulseur de 74kg dont 44kg de propergol, pose évidemment des problèmes de sécurité. Le transport, le stockage et les manipulations de tous les éléments pyrotechniques utilisés dans la fusée (propulseur, cordeau détonant et cisaille) ont nécessité une étude de sécurité pyrotechnique précise réalisée par le CSG(sauvegarde) et SNPE Ingénierie, validée par l'Institut des Poudres et Explosifs, pour éviter tout risque d'accidents.

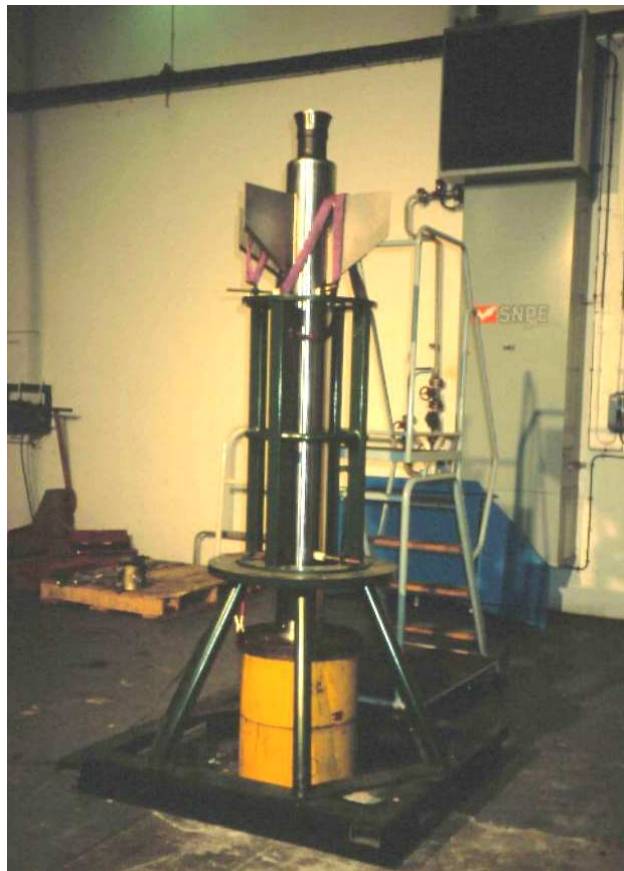
Pendant toute la durée du projet, la division opération du CSG a chargé un ingénieur d'affaire pour organiser au CSG les moyens nécessaires au lancement.

2.8.1 Réalisation de la mécanique de la fusée

- Etude, conception des pièces mécaniques, saisie en CAO sous Autocad.
- Mise au point du procédé de moulage de pièces en composite carbone-époxy dans les locaux du GAREF.
- 5 missions au CNES Toulouse pour le test d'éprouvettes de composite et les essais en compression d'un cylindre de test jusqu'à 10 tonnes.
- Moulage des pièces de vol (case parachute et case équipements).
- 4 missions à Pyroalliance Toulon pour les essais du cordeau de découpe pyrotechnique (problème du sur-dimensionnement du détonateur).
- Etude de la stabilité aérodynamique jusqu'à Mach 3 et de la mise en roulis. Avec l'aide de l'ONERA.
- 3 missions à la SNPE St-Médard-en-Jalles pour l'intégration du propulseur.
- Fabrication de la jupe du propulseur, en un bloc avec les ailerons.
- Etude des parachutes de récupération avec l'aide d'AERAZUR.
- Usinage des différentes viroles en aluminium au CNET et montage mécanique au GAREF.



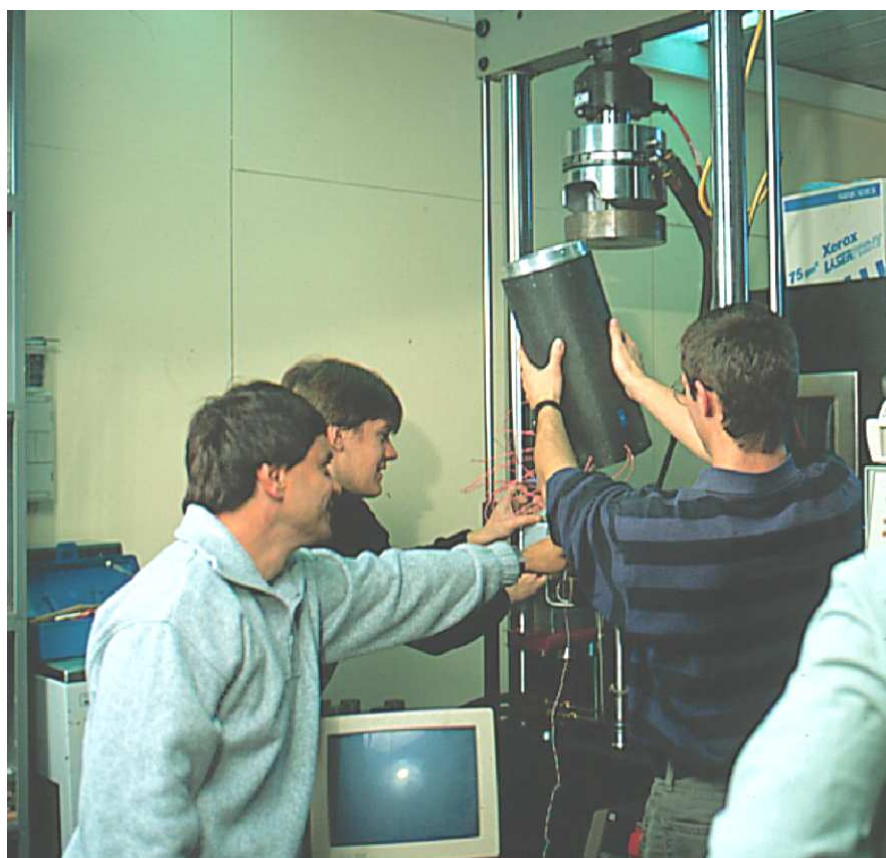
CNET La Turbie. Test des antennes de peau en chambre anéchoïde.



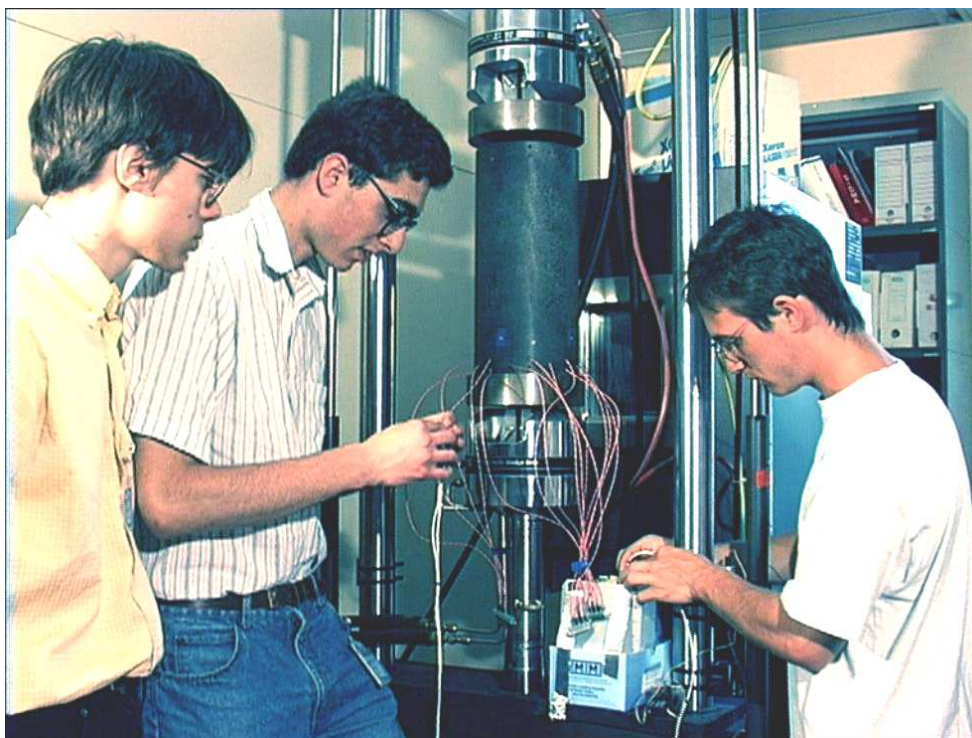
SNPE Bordeaux. Intégration du propulseur dans sa jupe.



ONERA Chatillon. Mesure de la réponse impulsionnelle des capteurs de température du cône.



CNES Toulouse. Validation de la tenue en compression du cylindre de la case parachutes.



CNES Toulouse. Etalonnage des jauges de contraintes



GAREF Paris. Assemblage mécanique de la case à équipements



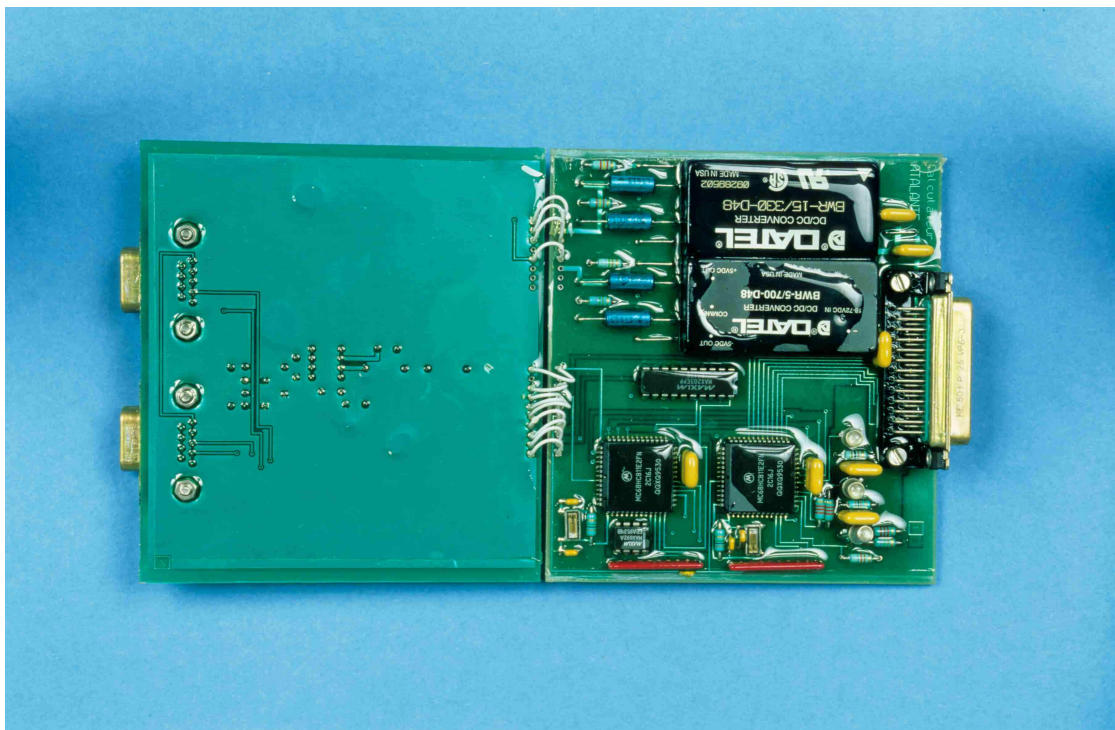
PYROALLIANCE Toulon. Intégration finale du cordeau de découpe pyrotechnique.



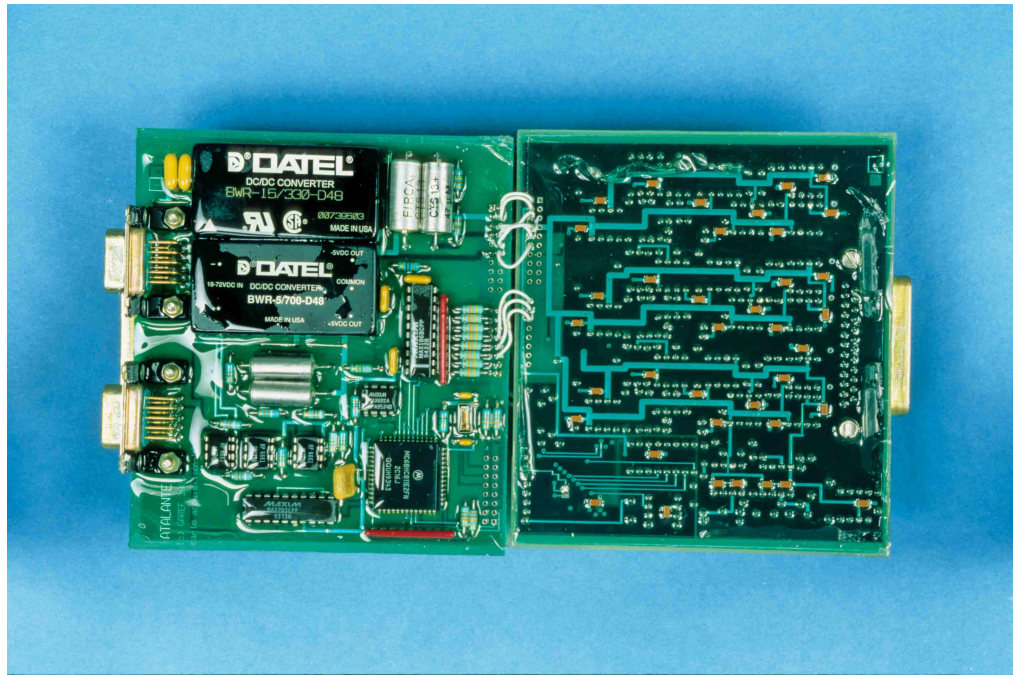
GAREF Paris. Montage mécanique de la case équipements.

2.8.2 Réalisation de l'électronique embarquée

- Etude et conception par l'équipe du GAREF des modules électroniques.
- Saisie de schémas, CAO, routage des circuits imprimés.
- Maquettes prototypes.
- Mission au CNET La Turbie pour la fabrication des antennes hyperfréquence de peau.
- Fabrication, enrobage Solitane 113 et Ecofoam FPH, durcissement des boîtiers de vol et de rechange.
- Intégration des 21 capteurs dans le cône, dans la case parachute, et dans le bouchon avant du propulseur.
- Etalonnage et essais en température.
- Essais en vibration et en choc des équipements critiques, essais de décharge des batteries en centrifugeuse 50g au LRBA et à la SOPEMEA.
- Essais à l'ONERA pour l'étalonnage des capteurs de température.
- Câblage et raccordement des différents modules.



Tiroir électronique après enrobage, avant moulage



Tiroir électronique après enrobage, avant moulage



GAREF. Paris. Intégration de la pointe électronique



LRBA Vernon. Essais en vibrations du séquenceur pyrotechnique.

2.8.3 Réalisation des équipements au sol GAREF

- Evolution du logiciel de calcul de trajectoire (phase propulsée et balistique) (sur VAX).
- Qualification
- Développement sur PC, du logiciel de calcul de retombée sous parachutes.
- Montage du système de réception de télémesures numériques.
- Réalisation du système motorisé de positionnement de l'antenne de réception.
- Réalisation du rack de contrôle par cordon ombilical pour la mise sous tension de la fusée et l'armement des systèmes pyrotechniques.
- Conception de la rampe de lancement et dessin des plans.
- Fabrication, à Kourou, de la rampe de lancement par les ateliers du CSG.



CSG. Site Fusée-Sonde. Assemblage final d'Atalante, dans sa rampe de lancement.

2.8.4 Préparation de la campagne de lancement

- 3 missions préparatoires à Kourou.
- Formation de 3 membres du GAREF à Aérospatiale Les-Mureaux pour la manipulation de produits pyrotechniques.
- Rédaction des procédures de lancement (de J-7 à J0).
- Elaboration par le CSG et SNPE Ingénierie de l'étude de sécurité pyrotechnique.
- Rédaction de l'ordre de lancement par le CSG.
- Transport du propulseur et des systèmes de séparation par l'Ariane via Aérospatiale.
- Mise en caisse (400kg de matériel).

2.8.5 La campagne de lancement

- Compte tenu de l'importance des moyens mis en œuvre, les procédures de la mission ont commencé 7 jours avant le lancement.
- Première vague arrivée le 4 février 1998. Installation de la salle d'intégration au site Fusée-Sonde dans le Centre De Lancement, installation de la partie administrative dans le local RP de Jupiter 2, logement à l'Hotel Des Roches et intendance.
- Seconde vague arrivée le 6 février 1998. Mise en place des moyens techniques.
- Essais télémètres.
- Essais sur rampe de lancement, répétition des procédures techniques.
- Répétition générale le 11 février 1998, à J-2.
- Le 11 février 1998, arrivée des invités et VIP.
- Le 12 février 1998, journée de marge et finalement de détente.

La délégation GAREF comprenait : Jean-Baptiste Coudray, Antoine Dauchy, Sébastien Fuchs, Philippe Lamboley, Alexandre Netchaieff, David Perlmutter, Fabien Pieraldi, Cyril Porteret, Roatana Tik, Bernard Scache, Jean Claude Allanic (FRANCE 2), Stéphane Lebaron, Sandra Renacci (ANSTJ), Clément Fabing (Mairie de Paris DJS), Pierre Geny (Conseiller de Paris), François Thébault (SNPE), 400kg de matériel, 5 voitures, 2 caméras, 22 lotions antimoustique, 12 bouteilles de champagne...



CSG. Site Fusée-Sonde. Au Centre De Lancement, fermeture finale de la case à équipements, après vérifications complètes. Mise en charge des batteries.



CSG. Site Fusée Sonde. Au CDL, mise en place des parachutes.



**CSG. Site Fusée Sonde. Au CDL, vérification de l'assemblage de la charge utile.
(l'assemblage final sera fait sur rampe le lendemain)**



Panneau à l'entrée de la route de l'espace, la veille du lancement. La route de l'espace sera fermée, selon les règles de sécurité, pendant le lancement d'Atalante

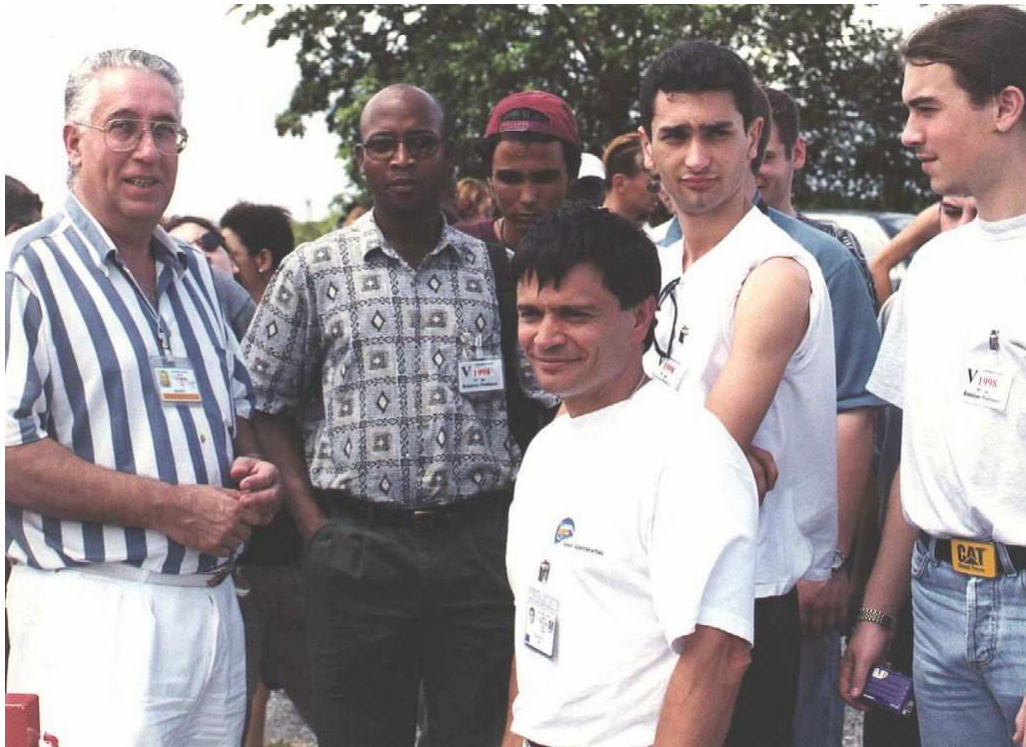
- Vendredi 13 février 1998 Jour du lancement, (voir aussi en annexe le planning)
- Opération VIP. Opération de relation publique avec 200 lycéens, visite des installations de lancement et présentation d'Atalante sur sa rampe. Invitation à assister au décollage dans la salle Jupiter, relation média.
- Mise en configuration des moyens du CSG (Météo : 2 sondages, 3 Radars, Télémessure, Sauvegarde Sol, Sauvegarde Vol, Pompiers de Paris, Optique(caméra 1200i/s, 1 photographe, 2 caméras bétacam, cinéthéodolites île Royale), Opérations,, hélicoptère, Relations Public), fermeture de la route de l'espace, chronologie, lancement décollage nominal, récupération de la charge utile par hélicoptère, cocktail, interviews...



CSG. Site Fusée Sonde. Curieux transport de la charge utile vers la rampe...



CSG. Site Fusée Sonde. Assemblage final de la charge utile à l'aide du pyrotechnicien de l'AEROSPATIALE.



Site fusée-Sonde, le jour du lancement. Les membres du GAREF, accompagnés du Directeur du CSG Michel Mignot, présentent la fusée sur sa rampe de lancement, au public et aux lycéens invités.

Les relations publiques du CSG avaient organisé une grosse opération de communication avec plus de 200 jeunes lycéens venus de toute la France en Guyane, pour un congrès contre la violence.

Le jour du lancement, en fin de matinée, une visite a été organisée pour le public, les lycéens, et les médias. Tous étaient invités ensuite à assister au lancement d'Atalante dans la salle Jupiter.

Pour respecter les règles de sécurité, le public est maintenu en limite du périmètre de sécurité. La visite de la rampe de lancement avec Atalante se fait 4 personnes à la fois. Plus de 200 personnes ont pu voir de près Atalante... quelques secondes.



Salle de Contrôle Jupiter, Michel Mignot Directeur du CSG, Bernard Scache du GAREF et Pierre Geny Conseiller de Paris, présentent au public le programme du lancement.



Site Fusée-Sonde , au Centre De Lancement (CDL), l'équipe GAREF et Jean-Pierre ROUX (chargé d'affaire au CSG, et notamment chargé d'Atalante) suivent à distance, à l'aide de caméras, les opérations d'assemblage sur rampe.



Site Fusée-Sonde, Sortie du propulseur de sa casemate pour l'assemblage sur rampe.



Site Fusée-Sonde, Vérification des cordons ombilicaux.



13 février 1998. CSG Salle de contrôle Jupiter. Alexandre (DDO GAREF) officie sous les conseils de Pierre Ribardi re (Directeur Des Opérations CSG) et du Chef de Projet CNES Ariane 5, Guy Laslandes.



« 3... 2... unité... feu... » 15h 00min 0,390s locale



Une partie de l'équipe, avec la charge utile Atalante, qui vient d'être récupérée depuis quelques minutes, grâce à l'hélicoptère du CSG et aux pompiers de Paris.



Site Fusée-Sonde. Une partie de l'équipe devant le Centre De Lancement, après la récupération de la charge utile.



Dans la salle Jupiter. Satisfaction générale et interviews après la réussite du lancement.

2.8.6 Les jours suivants le lancement

- ça s'arrose...
- Prédépouillement des télémesures à la station Galliot.
- Enregistrement des télémesures décommutées sur disques durs.
- Tracé sur papier des premières courbes de mesure.
- Détente et tourisme en Guyane.
- Replis, mise en caisses.



Au CSG, aux pieds de la maquette d'Ariane 5, Jean-Claude Allanic tourne une séquence pour le journal de France 2. Clément Fabing et Pierre Geny représentent la Ville de Paris.



Opération découverte de la forêt guyanaise.

3. DEPOUILLEMENT : DETERMINATION DE LA CHRONOLOGIE DU VOL

3.1. Fixation de la relation entre le temps IRIGB et le numéro de trame reçu

Les trames étant émises par le calculateur de bord avec un débit fixe connu de 86,6 trames/s (38.46 kbit/s), nous pouvons dater chaque mesure reçue grâce au numéro de la trame à laquelle elle appartient.

Par ailleurs, on sort sur un enregistreur graphique, sur une piste le mot de poids faible du numéro de trame et sur une autre piste, le temps IRIGB. De façon graphique, on trace le mot de poids faible du numéro de trame avec une grande précision (sortie papier 200mm/s), et on repère son passage par zéro. Par cette méthode, on obtient deux points associant le numéro de trame au temps IRIGB et on en déduit une relation entre le numéro de trame et le temps IRIGB. On évalue l'incertitude sur le temps IRIGB, correspondant à l'erreur de lecture, à 5 ms.

	Numéro de trame	Temps IRIGB lu
Premier RAZ du LSB	12288	18h 00mn 26,165s
Dernier RAZ du LSB	114688	18h 20mn 08,165s
RAZ en cours de vol	65536	18h 10mn 40,810s

On calcule le coefficient débit moyen sur la durée du vol:

$$D = (114688 - 12288) / (20 \times 60 + 8,165 - 26,165) = 86,632 \text{ Trames/sec}$$

$$\text{On en déduit : Temps IRIGB} = (N^{\circ} \text{ trame} - 12288) / D + 26,165$$

D'après la formule précédente la date correspondant à la trame 65536 est H0+10mn 40,805s soit une incertitude de calcul de 5ms.

3.2. Chronologie du vol

Le tableau suivant regroupe les différents événements du vol.

EVENEMENTS	N° DE TRAME	TEMPS IRIGB 18hTU=15hKRU	ORIGINE DE L'INFORMATION	REMARQUES
Mise à feu	T0 10034	18h00mn0,1508s	Caméra 1200 image/s (image n°1873)	apparition de la première flamme
Arrachage des ombilicaux	10037	18h00mn 0,182s	Signal d'arrachage fourni par les télémesures	correspond au numéro de trame de télémesure n° 10037 incertitude estimée à 11ms
		18h00mn 0,1875s	Caméra 1200 images/s (image n°1917)	distance parcourue estimée à 20 cm
Top décollage synchro		18h 00mn 0,205s	Signal d'arrachage des ombilicaux, enregistré par le CSG Synchro	incertitude estimée à +0 -40ms, temps de propagation du signal
Début décompte séquenceur	10043	18h00mn0,251s	fourni par les télémesures (séquence de vol et accéléromètre)	
Sortie complète de la rampe		18h00mn 0,3434s vitesse environ 33m/s	Caméra 1200 img/s (image n°2104)	instant où le bout de la tuyère atteint le sommet de la rampe (h=4m)
Accélération max.		401m/s ² à 1046md'altitude	selon calcul trajectoire avant lancement avec T combustion =3.1s	
		499m/s ² à T0+2.44s	selon calculs recalés avec T combustion=2.74s	
	10250	499m/s ² à 18h00 2.64s	selon télémesure	
Fin de propulsion	10275	18h 00mn 2.930s soit T0+2.78	fourni par les télémesures	Changement de signe de l'accélération
Vitesse max		MACH 2.576 (886m/s)	selon calcul de trajectoire Tcombustion=3.1s	Le temps de combustion réel a été plus court que prévu (2.74s)
Vitesse max		retenu : MACH 2.63 (906m/s) à 1143m T0+2.68s	selon calcul de trajectoire Tcombustion=2.74s	nouveaux calculs, avec même impulsion spécifique, mais temps combustion=2.74

EVENEMENTS	N° DE TRAME	TEMPS IRIGB 18hTU=15hKRU	ORIGINE DE L'INFORMATION	REMARQUES
Date de séparation		18h 00mn 56,251s	Date programmée dans le séquenceur T0+56s	
Culmination		18070m+200m= 18270m à 56,30s 18440m-30m= 18410m à 56,25s retenu : 18350m 18023m 18635m à T0+57.6s 12.8m/s	altitude max. Des radars BR1 radar AD2 mesure pression=406 binaire en fonction étalonnage=75mb (incertitude +-1mb) selon calcul trajectoire Tc=3.1s selon calcul Tc=2.74s vitesse L radars	(BR2 décalé non exploitable) correspond à 76 mb rapproché du sondage météo soit 18300 +-100m (utilise atm std) vitesse L=41.7m/s vitesse L=41.6m/s
Phase de vol fin de décompte du séquenceur	14894	18h00mn56,246s	fourni par les télémessures	ajouter 50 ms pour avoir le courant réel en sortie de séquenceur(cf. doc séquenceur)
Initiation du détonateur cordeau de découpe		18h 00mn 56,296s	par déduction (+50ms)	
Séparation de la fusée en deux parties sous l'effet du ressort	14919	18h 00mn 56,534s	fourni par les télémessures	arrachage du connecteur contrainte, pression propulseur, état cisaille Apparition du message: SEPRE
Ouverture Parachutes		18h00mn57.5s	perte temporaire des télémessures	rotation de la fusée entraînant un changement dépolérisation
Séparation physique (5m de distance entre le propulseur et la pointe)		18h 01mn 02,5s	exploitation de la vidéo du ciné-théodolite de l'île royale	

Ouverture Parachute charge utile			fourni par les télémesures (accéléromètre choc négatif)	indéterminable : accéléromètre défectueux
EVENEMENTS	N° DE TRAME	TEMPS IRIGB 18hTU=15hKRU	ORIGINE DE L'INFORMATION	REMARQUES
Vitesse de descente des 2 parties à l'altitude de 17000m		42m/s	exploitation données radar	
perte radar du propulseur		18h 12mn 54,10s 18h 13mn 11,90s	radar BR1 à altit=320m radar AD2 à altit=260m	vitesse de descente 16m/s
Atterrissage propulseur à 16m/s		18h 13mn 20s	environ	extrapolé en comptant 16m/s de vitesse de descente
Perte télémesure (atterrissage de la charge utile) à une vitesse de descente verticale de 10,5m/s	114786	18h 20mn 9,296s	Calculé a partir du dernier numéro de trame reçu par les télémesures	compte tenu de la marge sur le bilan de liaison on considère que la perte TLM correspond à l'atterrissage réel.
		18h 20mn 10s	d'après la vidéo prise de l'hélicoptère comprenant l'incrustation du TimeCode IRIG B et montrant l'atterrissage.	La vitesse de descente de 10,5m/s est calculée avec les données du radar BR1
Perte télémesure		18h20mn10s	Le signal PCM devient du bruit à 18h20mn10s (enregistré sur la bande magnétique)	atterrissage de la charge utile

4. DEPOUILLEMENT : TRAJECTOGRAPHIE

4.1. Séquences de vol et récupération

Globalement, la trajectoire de la fusée a été nominale : la phase ascensionnelle est une parabole parfaite. La séquence de séparation de la fusée en 2 parties et de libération des parachutes s'est déroulée comme prévue à la culmination de la trajectoire. Les deux parachutes se sont ouverts correctement, comme le montrent les relevés des radars.

Finalement, la charge utile et la partie propulsive ont été récupérées à environ 8km de la rampe de lancement, à plusieurs kilomètres au nord-est des points prévus. Les points de chutes des deux parties de la fusée ont été localisés par les radars. La charge utile a été récupérée par hélicoptère dans un marécage. La partie propulsive a atterri dans une zone de végétation dense donc difficile d'accès et n'a pas pu être récupérée.

4.2. Comparaison des calculs prévisionnels et des données radars

Le programme de calcul de trajectoire TRAJECTD du GAREF donnait, avec les données connues avant le lancement (azimut 85.5°...), une culmination de la trajectoire à 56 secondes et une altitude de 18600m.

Nous avons constaté grâce à la courbe d'accélération que la combustion du propulseur a duré 2,78s au lieu de 3.1s prévues. Nous avons déterminé la courbe de poussée du propulseur réelle à partir des données d'accélération mesurées en vol. En utilisant cette nouvelle courbe sur le programme de calcul de trajectoire TRAJECTD, nous avons constaté que la culmination aurait dû se produire à T0+57s et non pas T0+56s.

Pour ajuster les paramètres du programme, nous avons cherché un point de passage précis dans les données fournies par les radars Adour2 (AD2) et Bretagne1 (BR1) entre 18h55s et 18h56s. En traçant point par point et en faisant passer une droite au milieu des points, nous avons constaté que la vitesse ascensionnelle était de 12,8 m/s entre 18h55,5s et 55,75s (soit au centre 55,625s). (même résultat pour les deux radars).

Nous avons cherché cette vitesse sur la trajectoire théorique. En exécutant une nouvelle fois le programme TRAJECTD avec des paramètres des conditions du lancement, nous avons trouvé une vitesse ascensionnelle de 12,8m/s à TO+55,950 et une culmination à TO+57,320. Soit $T(12.8m/s) = T(culmination) - 1,370$ secondes.

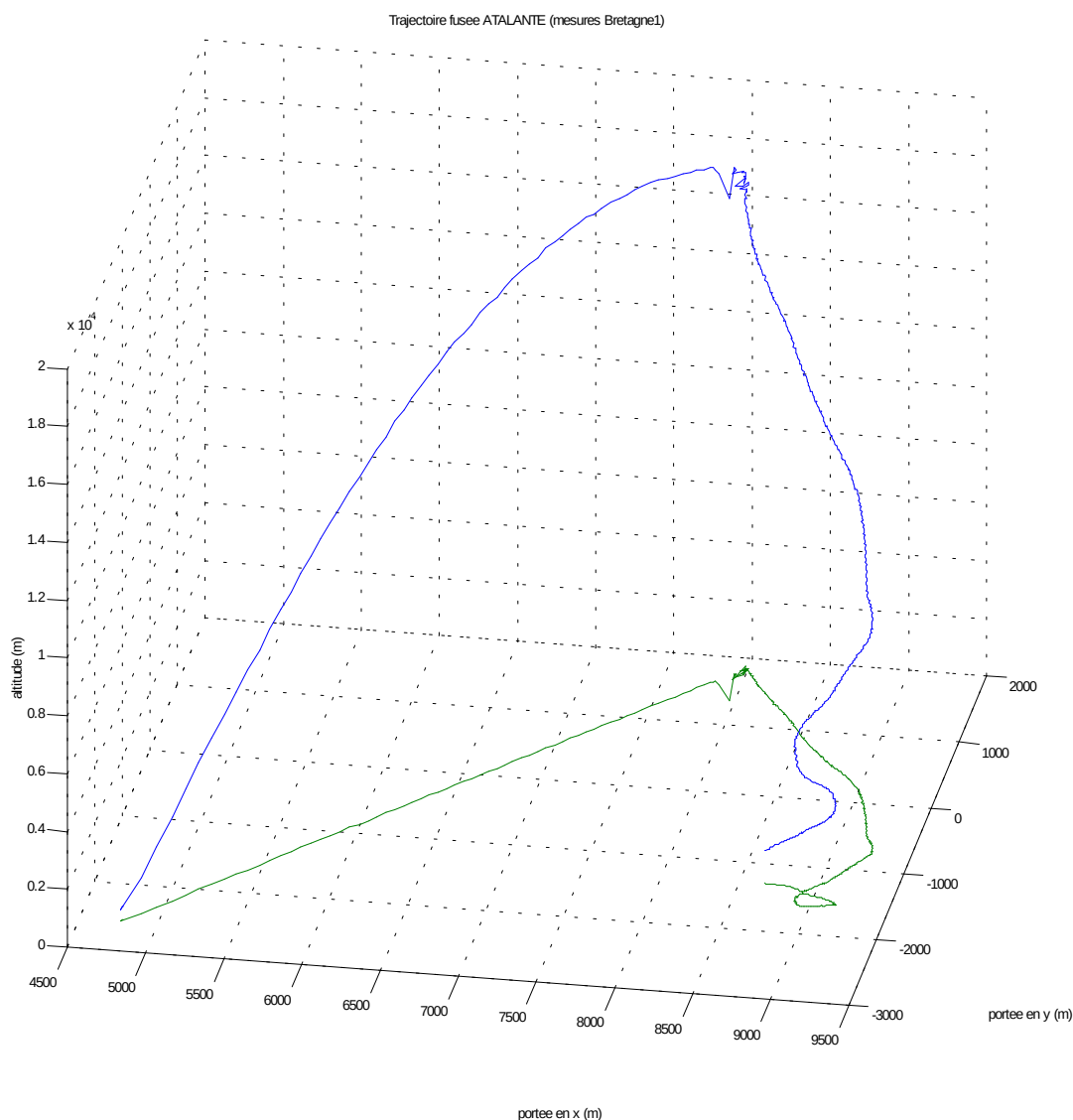
A partir de cette information nous avons déduit que comme à 18h00min55,625s la vitesse ascensionnelle était de 12,8m/s selon les radars, s'il n'y avait pas eu de séparation la culmination aurait eu lieu à 18h00min56.995s (1.37s plus tard). Soit à TO+56.844s puisque le T0 est à 18h00min0.1508s.

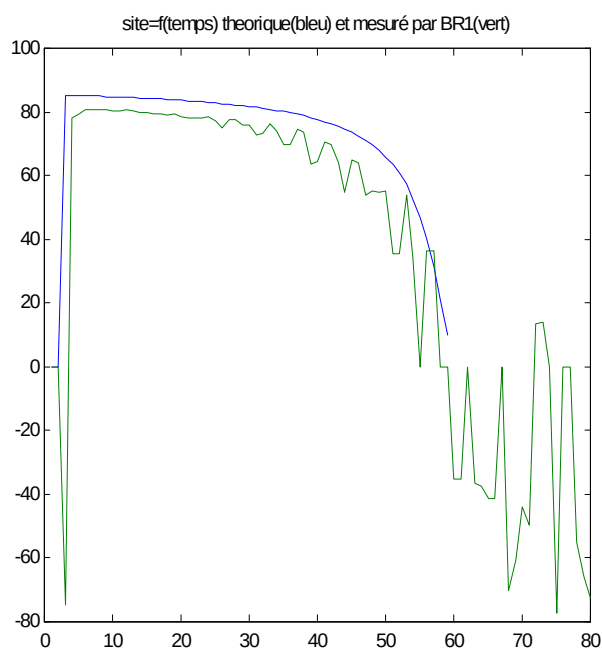
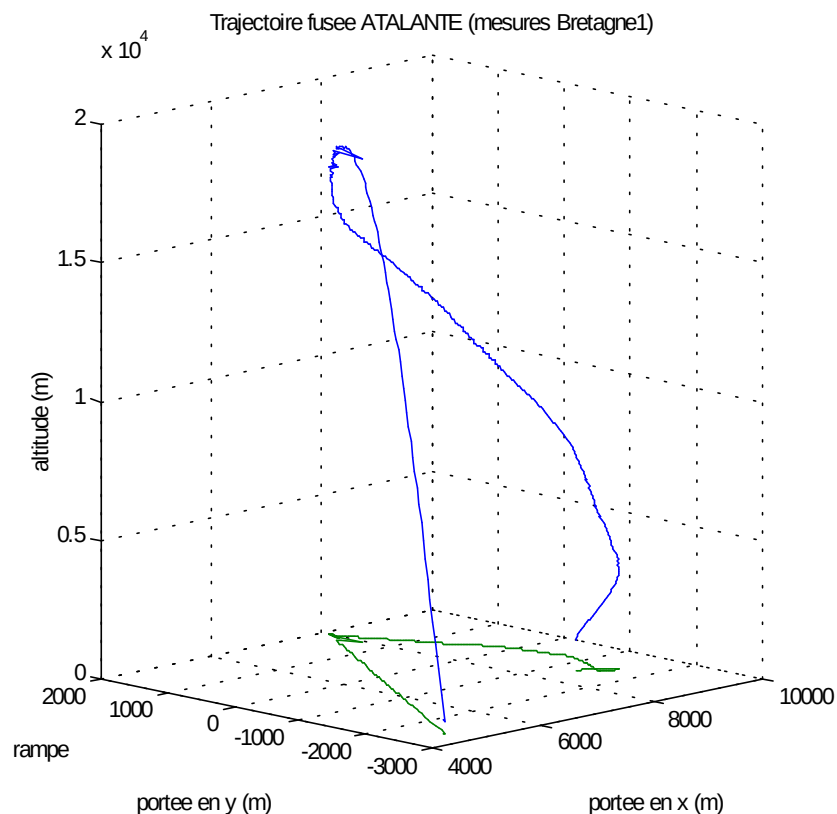
On peut donc faire varier légèrement certains paramètres du calcul de trajectoire pour obtenir un calcul au plus proche des données déjà connues : culmination théorique TO+56,78s, altitude 18350m (+/-100m) à T0+56.00s, propulsion 2,7s (impulsion spécifique = 98733 N.s), accélération maximale positive: 50,89g (499m/s²) à TO+2.48s et accélération maximale négative: -5.18g (-50.8m/s²) à T0+2.95s.

En comparant les calculs théoriques et les données du radar BR1, on constate que ce radar donne une altitude inférieure de 189 à 207 m pour TO+2.5s, TO+3s et TO+3.5s. On corrigera donc les données du BR1 en ajoutant 200m.

Pour AD2, à T0+7s et T0+7.5s on constate une surestimation de l'altitude d'une valeur de 30m. On diminuera donc les altitudes enregistrées par AD2 de 30m. En comparant AD2 et BR2, nous avons constaté que BR2 sous-estime l'altitude de 2100m environ. On ajoutera donc 2100m aux données de BR2.

Trajectoire d'après les mesures du radar Bretagne1 dans le repère ELA (Ensemble de Lancement Ariane 2) :





La séquence de séparation et de libération des parachutes s'est déroulée comme prévu à la culmination de la trajectoire. Les deux parachutes se sont ouverts correctement, comme on le voit sur les courbes. Cependant, les relevés des radars montrent d'importantes différences par rapport à la trajectoire idéale :

- L'azimut vu par les radars est 50° (à partir de 650m) au lieu de 0° prévu par l'orientation de la rampe.
- Le site apparent est d'environ 80° au lieu de 85.5°.
- La portée à l'apogée est de 5km au lieu de 3km.

L'erreur d'azimut pourrait être due à la rampe. Deux hypothèses sont retenues: la première explication pourrait être le site trop proche de la verticale qui n'aurait pas permis d'assurer une bonne précision sur l'azimut. Une deuxième raison pourrait être la longueur trop courte de la rampe. La vitesse en sortie de rampe aurait été trop faible et la fusée, légèrement sur-stable en basse vitesse, serait alors remontée au vent. Le vent venant du Nord-Est, la fusée aurait pris alors un azimut de 50° vers le vent.

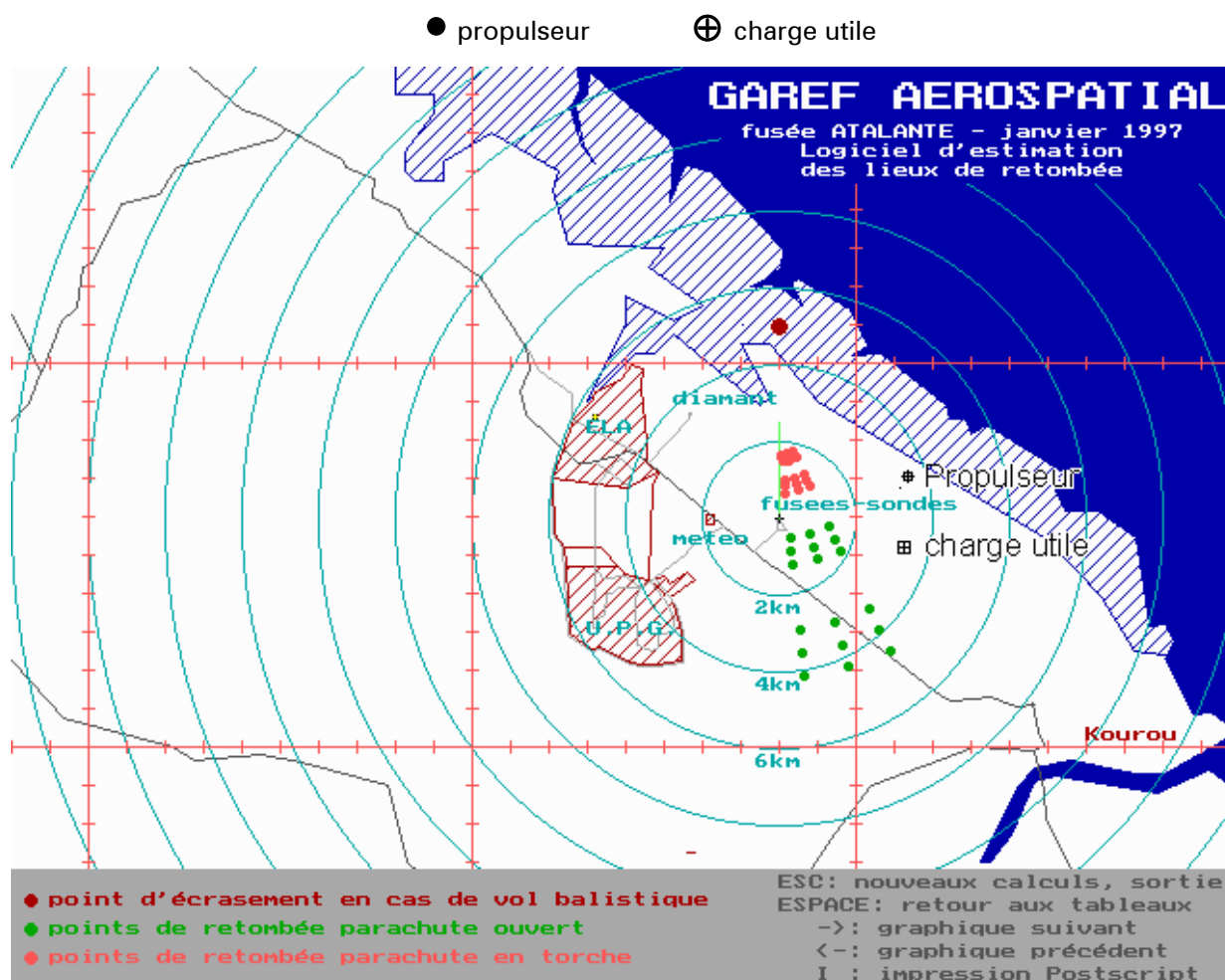
Les coordonnées dans le repère ELA2 (X vers l'est et Y vers le nord) sont les suivantes :

rampe :	X=4810m	Y=-2666m	
apogée réelle de la trajectoire :	X=7952m	Y=1833m	Z=18350m
impact réel de la charge utile :	X=8047m	Y=-3380m	
impact réel du propulseur :	X=8190m	Y=-1547m	

4.3. L'estimation des points de chute sous parachutes

Le site et l'azimut du lancement ont été déterminés de telle sorte que la fusée ne survole pas les zones sensibles du centre spatial (zones hachurées sur la carte). Les points de chute sous parachutes ont été calculés avant le lancement avec le programme RETOMBEE du GAREF, dédié au calcul de cette phase. Les lieux de retombée prévus en utilisant le fichier météorologique du jour du lancement (1R130298.TXT) sont présentés sur la carte ci-dessous.

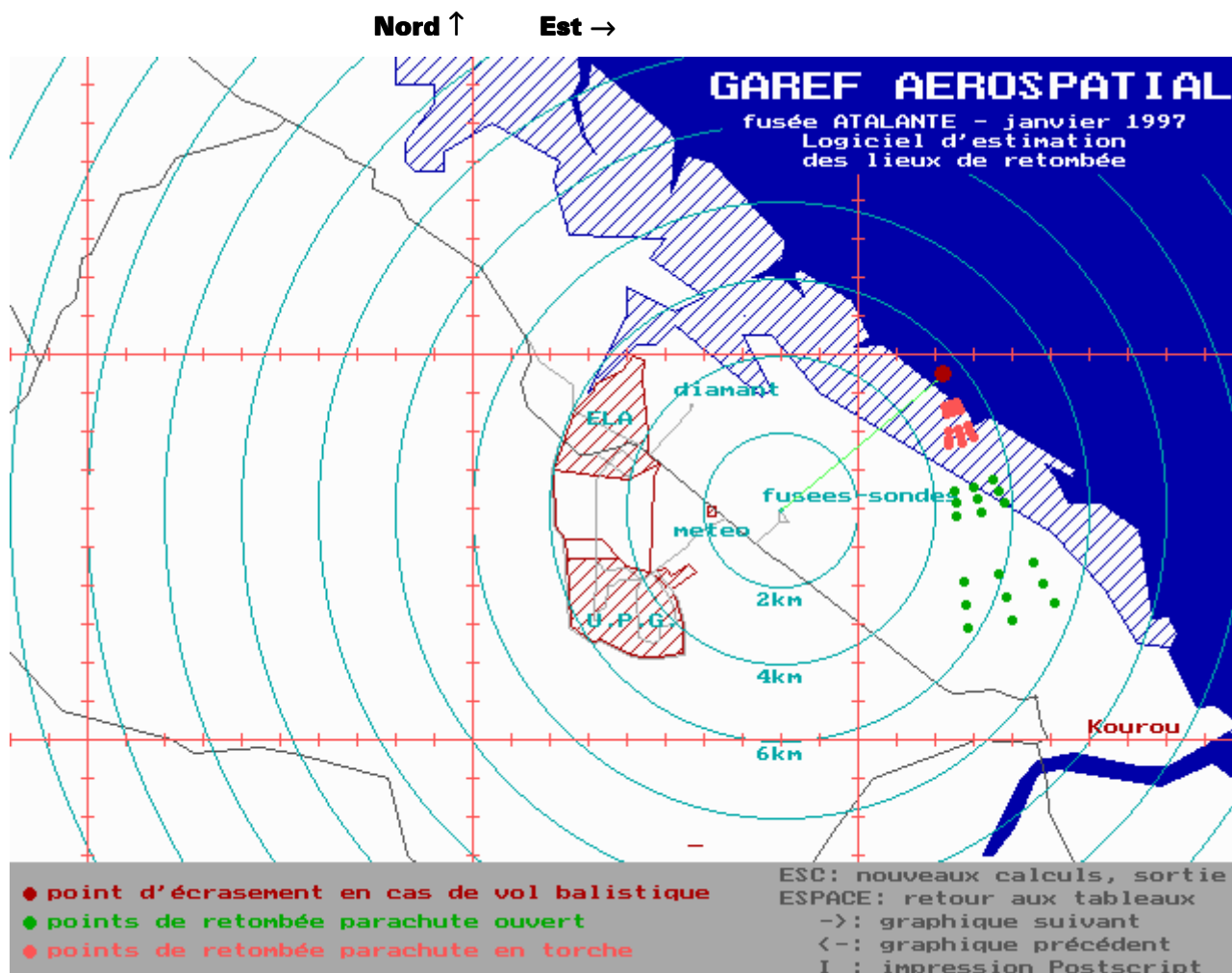
Les prévisions sont en vert et rouge. On a reporté les points de chute réels, repérés en noir :



Les points de chute réels, représentés en noir, sont à plusieurs kilomètres au Nord-Est des points prévus (représentés en vert). L'azimut initialement choisi pour le lancement était 0° (plein Nord).

D'après les relevés des radars, l'azimut réel a été de l'ordre de 50° (vers le Nord-Est), ce qui explique les erreurs sur les points de chute.

Si l'on relance les calculs en utilisant le point réel d'ouverture des parachutes, on obtient alors, des points de chute distants d'environ 2km des points réels, comme le montre la carte suivante élaborée par le logiciel de calcul:



Le programme utilise deux hypothèses simplificatrices :

- il considère que la vitesse de l'engin sous parachutes est identique à celle de la vitesse de la couche d'air dans laquelle il se trouve,
- et il néglige l'inertie de l'engin sous parachute.

Il a été testé en utilisant les données de la fusée Eurydice 2 précédemment lancée à une altitude de 4000m, faible par rapport au 18000m de l'apogée.

Malgré ces hypothèses, le logiciel RETOMBEE donne des estimations convenables des points de chute à partir des coordonnées d'ouverture des parachutes.

4.4. Accrochage des radars sur la fusée

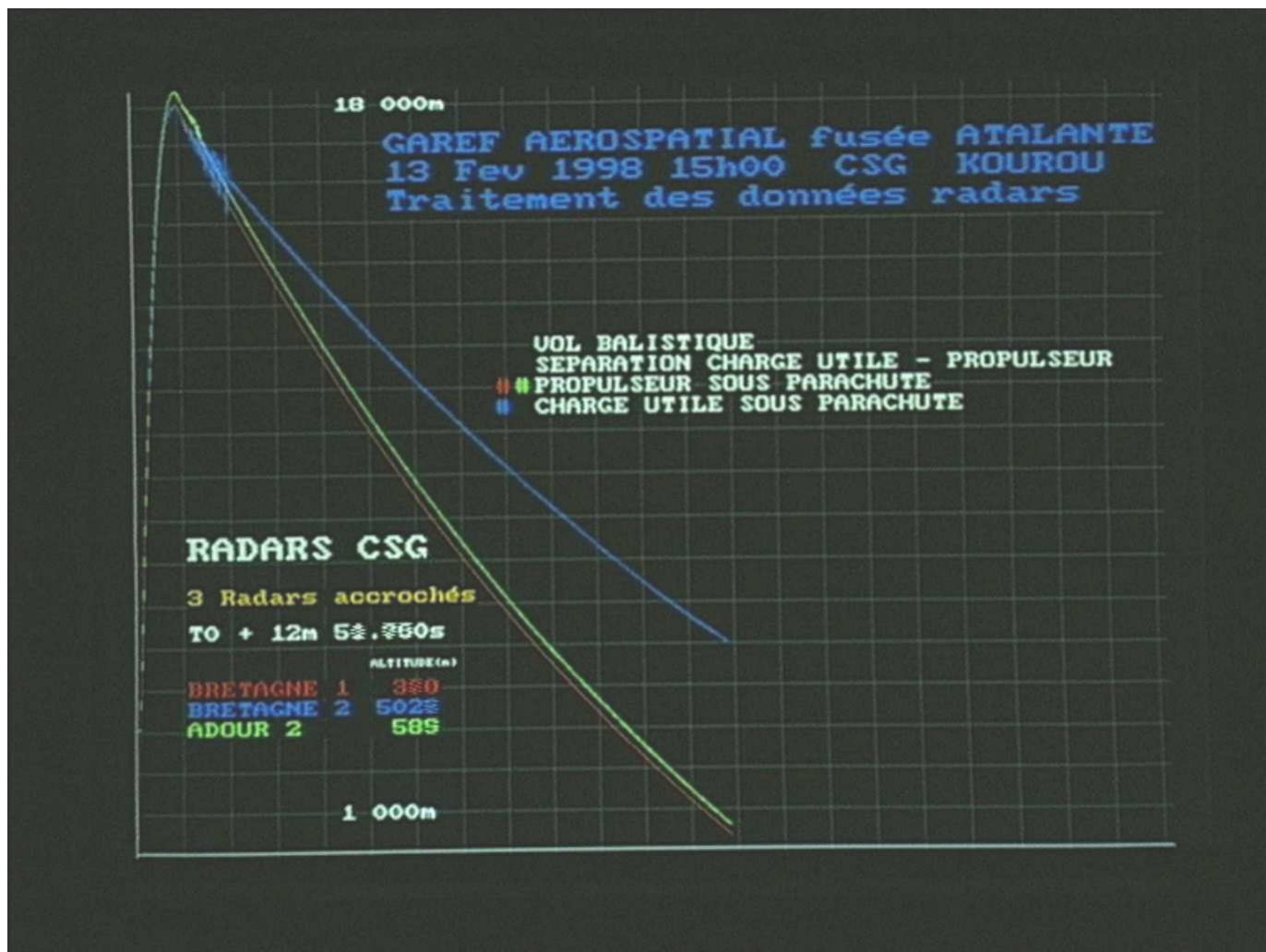


image vidéo numérisée To+12min 52 secondes (en horizontal 1min/carreau, en vertical 1000m d'altitude par carreau)

Un programme d'exploitation des données radars a été fait au GAREF. Il utilise directement les fichiers informatiques fournis par le CSG et affiche sur un écran l'altitude d'Atalante en fonction du temps.

La vitesse importante de la fusée au décollage a nécessité un accrochage manuel des radars Bretagne 1, Bretagne 2 et Adour 2. Le radar Bretagne1 a accroché à 18h00+1.9s, la fusée avait une altitude d'environ 650m. Le radar Adour2 a accroché à 18h00+6.1s. Le radar Bretagne2 (décalé initialement de 2100m en altitude a été recalé ici) a accroché l'engin à TO+17.7s.

Après la séparation de la charge utile et du propulseur, les radars ont hésité entre les deux parties avant d'être accrochés manuellement à l'une et l'autre, d'où quelques imprécisions pendant cette période du vol (apogée de la trajectoire).

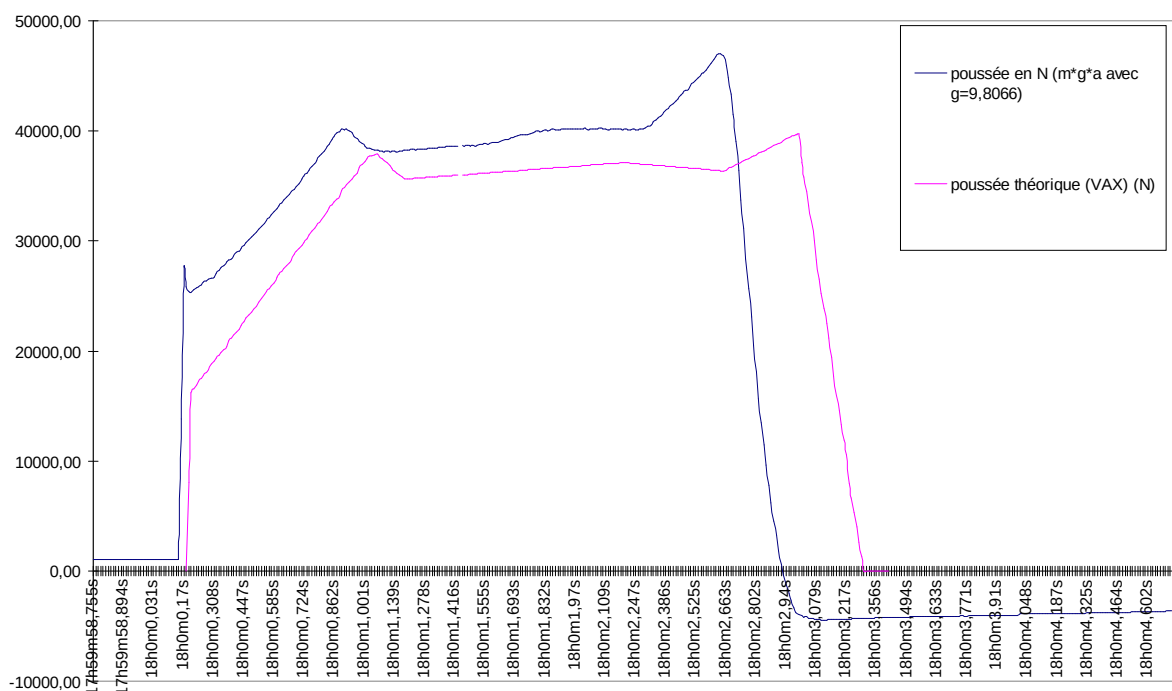
5. DEPOUILLEMENT : ANALYSE DES TELEMESURES

5.1. Etude de la poussée et de l'accélération

L'accéléromètre embarqué et la trajectographie nous ont permis d'étudier l'évolution de la poussée réelle du propulseur (BURAT-GAREF conçu par la SNPE).

Dans le graphique ci-dessous, nous avons superposé la courbe de poussée théorique et la courbe réelle. La courbe réelle a été déterminée d'après l'accélération et la masse de la fusée, en utilisant le logiciel de calcul de trajectoire GAREFTRAJ.

Courbes de poussée théorique et réelle

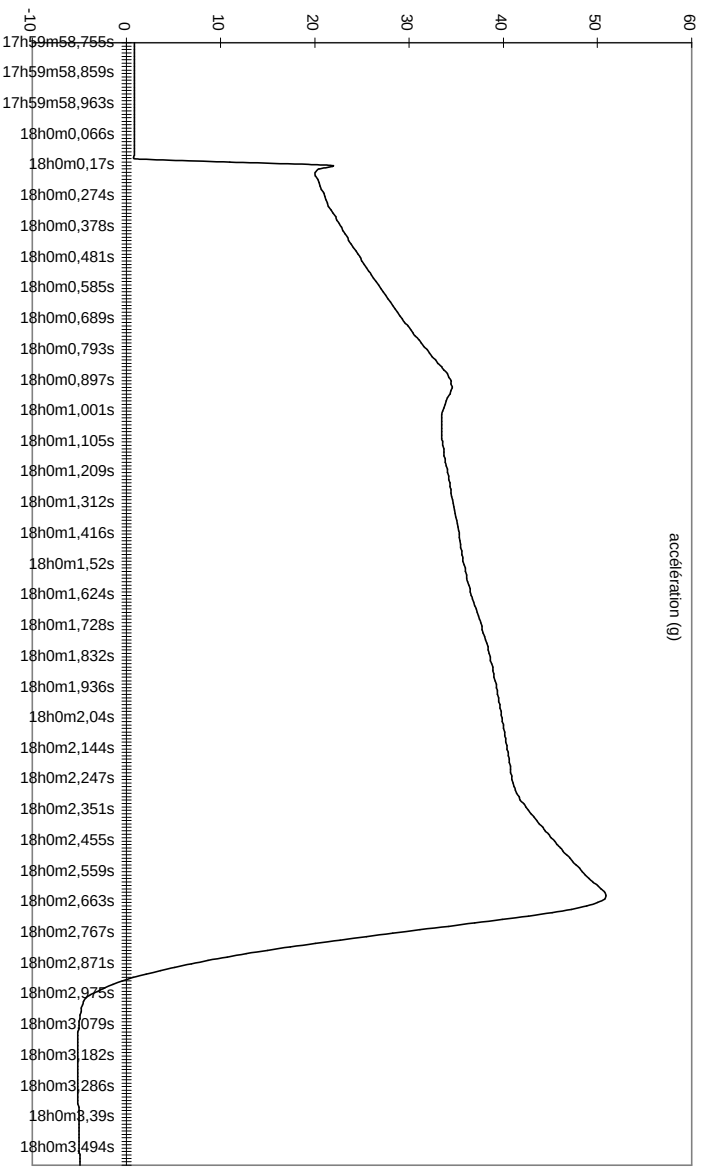


NB : la poussée négative (18h0m3s) n'a pas de matérialité (problème de traçage)

Le profil de la poussée de la fusée est celui attendu d'après la courbe de poussée théorique fournie par le constructeur. Cependant, nous pouvons constater que la durée de la combustion réelle a été plus courte de 0,36 s par rapport aux prévisions (2.74s au lieu de 3.10s).

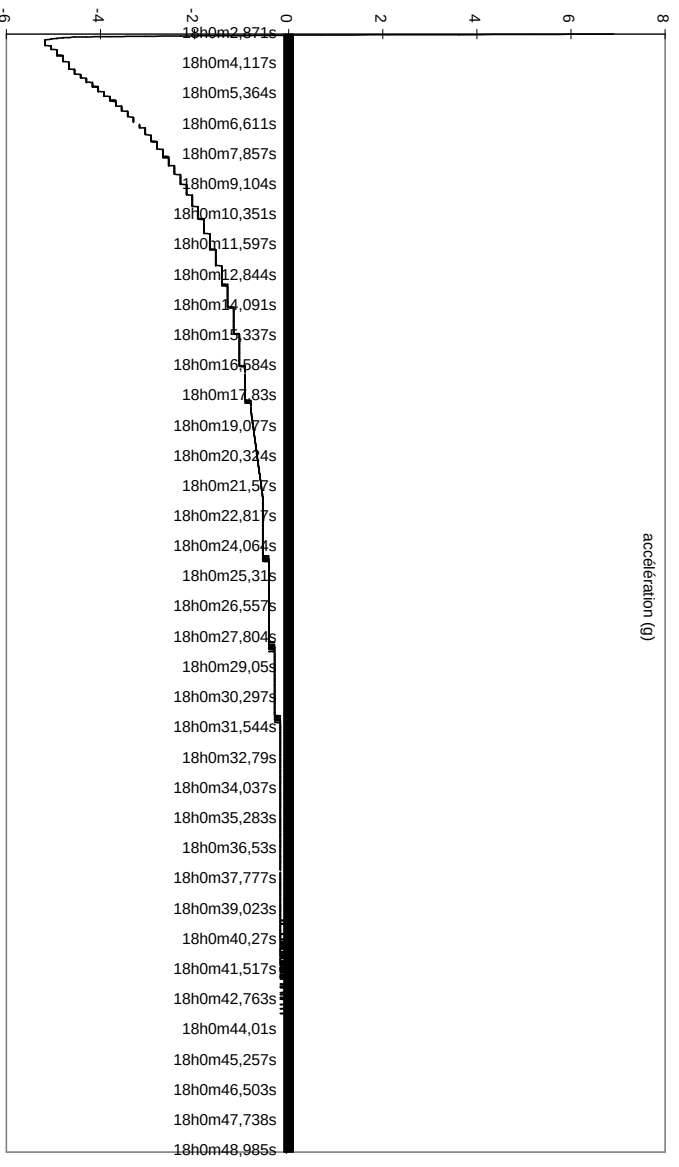
L'énergie totale fournie par le propulseur (impulsion spécifique) est la même pour les deux courbes, elle est calculée par intégration de la poussée sur le temps de combustion. Nous avons déterminé une nouvelle courbe de poussée pour les calculs de trajectoire en ajustant le temps de propulsion à 2.74s.

L'accélération réelle en g subie par la fusée est la suivante :



L'accélération maximale mesurée est 50.9 g à T0+2.44s (18h00m2,64s). La valeur prévue par la poussée théorique (1s plus longue) était 41g. La réduction du temps de combustion de 0.36s a donc provoqué une élévation du pic d'accélération maximale de 10g.

décélération en fin de combustion :



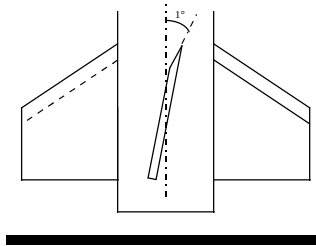
L'accélération de la fusée est négative après la propulsion jusqu'à la culmination. On observe une décélération de -5.3g en fin de propulsion.

5.2. Mesure de vibrations

Le capteur n'a pas observé de vibrations significatives. Le principe de mesure était l'exploitation des hautes fréquences du capteur d'accélération longitudinale par filtrage. Soit le niveau des vibrations attendues a été surestimé et les gains des amplificateurs ont été choisis trop faibles, soit le principe de mesure est mauvais (il aurait fallu utiliser un capteur dédié aux vibrations).

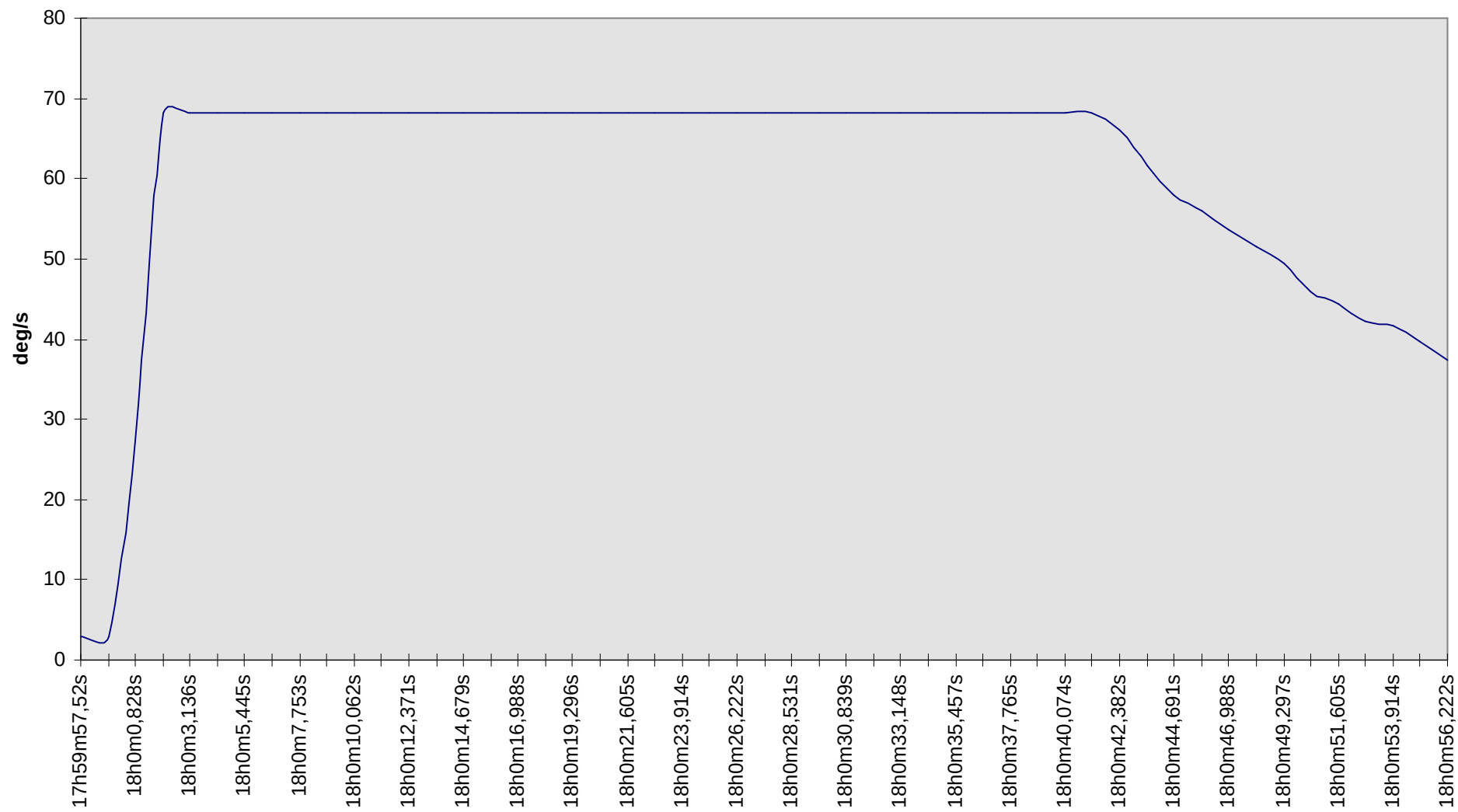
5.3. Mesure de giration

Les ailerons ont été braqués d'un degré et biseautés pour induire une rotation de la fusée pendant le vol. Ceci avait pour but d'éviter qu'une erreur de centrage de la poussée du propulseur (difficile à mesurer) par rapport à l'axe longitudinal de la fusée n'entraîne une courbure de la trajectoire.



Les ailerons devaient induire un roulis d'environ $360^\circ/\text{s}$. Le capteur piézo-électrique embarqué était limité à environ $70^\circ/\text{s}$ selon le constructeur. Une saturation du capteur était donc attendue.

Giration

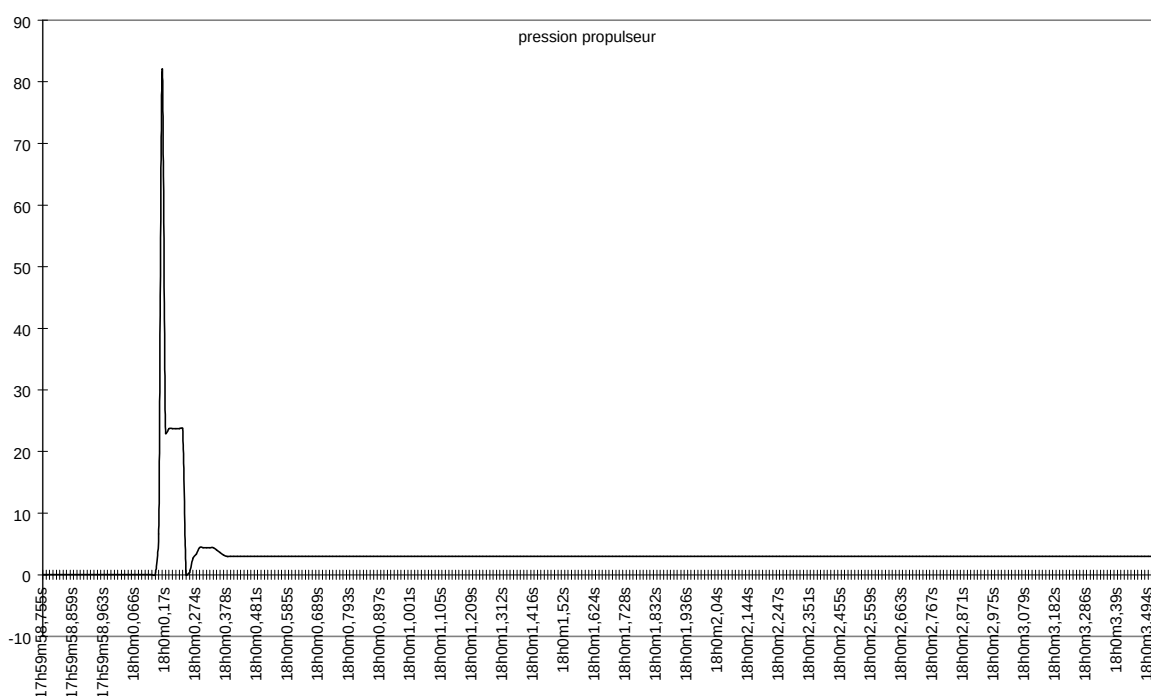


Les valeurs mesurées sont correctes. La vitesse angulaire croît très rapidement au décollage, pendant la phase propulsée. Le capteur sature à $T_0 + 1.7s$ pour une vitesse angulaire de $70^\circ/s$. La mesure tombe sous le seuil de saturation vers $T_0 + 41s$ alors que la fusée est à une altitude de 17000m. Au total, le capteur est resté saturé pendant environ 40s, jusqu'à environ 17 secondes avant la culmination.

D'après la trajectoire réelle suivie par la fusée, cette mise en roulis a été efficace. Les radars ont confirmé que durant toute la phase ascensionnelle, la fusée est restée dans un plan vertical sans changer d'azimut.

5.4. Mesure de la pression du propulseur

Le capteur de pression propulseur était disposé en haut du propulseur en affleurement dans la chambre de combustion. La pièce supérieure du propulseur a été usinée pour permettre de visser le capteur de façon étanche.



Lors de la mise à feu, la pression augmente brutalement dans le propulseur. Malheureusement, les mesures ne sont plus cohérentes après quelques dizaines de millisecondes de propulsion. Après le pic de pression de la mise à feu du propulseur, la mesure chute. La raison de ces mesures peut être soit la destruction du capteur qui n'aurait pas supporté les contraintes mécaniques imposées en quelques dizaines de millisecondes, soit un dysfonctionnement de la partie conditionnement du signal. Une expertise du capteur et de l'électronique de conditionnement associée pourrait nous permettre de conclure sur la cause de cette mesure, mais la partie propulsive n'a pas encore été récupérée.

5.5. Mesure de la pression atmosphérique et de l'altitude

La mesure de pression atmosphérique permet de déduire l'altitude si l'on connaît parfaitement les caractéristiques de l'atmosphère. Le jour du tir, plusieurs relevés météorologiques ont été effectués au moyen de ballons sondes. Les résultats, stockés dans des fichiers informatiques, contiennent les caractéristiques de l'atmosphère par paliers de 100 mètres. Nous avons déduit l'altitude de la fusée en temps réel à partir de la télémesure de la pression atmosphérique et des fichiers météorologiques.

Les extrêmes sont semblables quelle que soit la méthode utilisée :

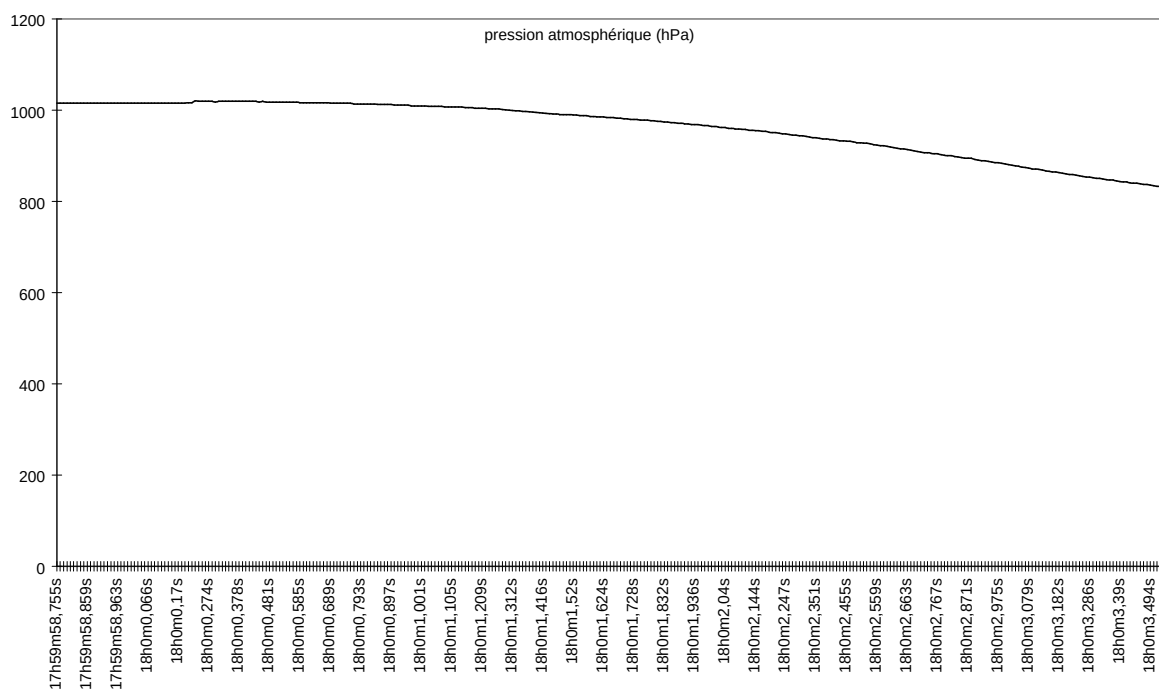
fichier 4a180298.txt :

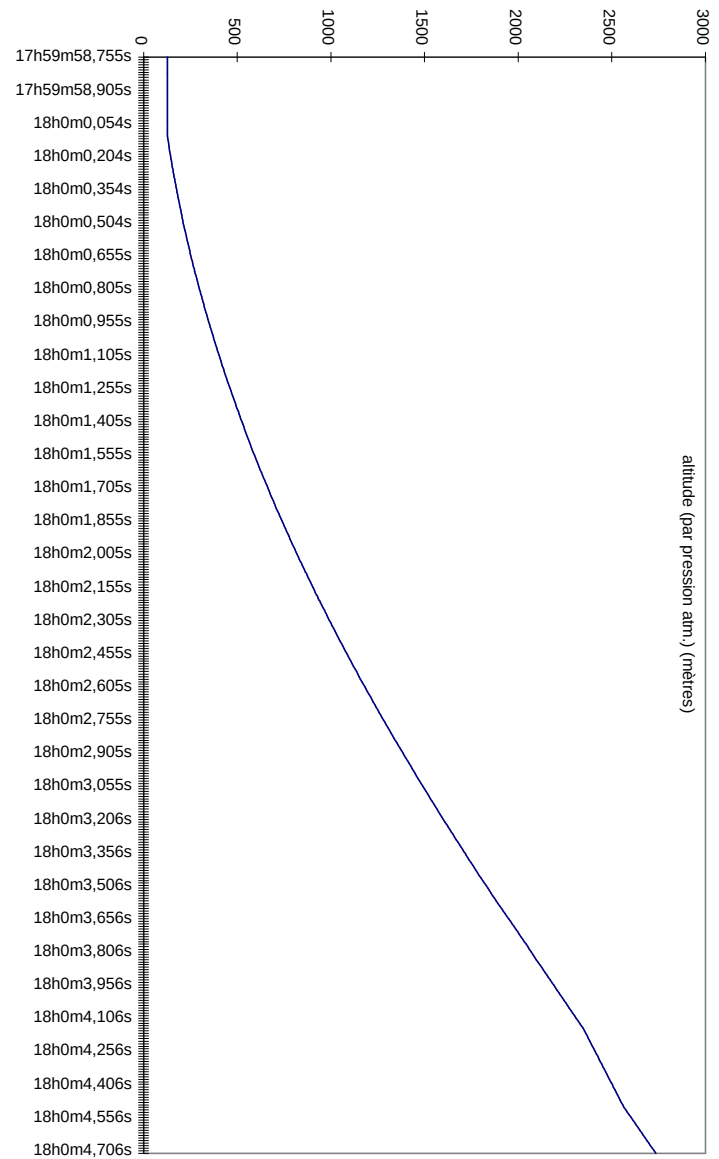
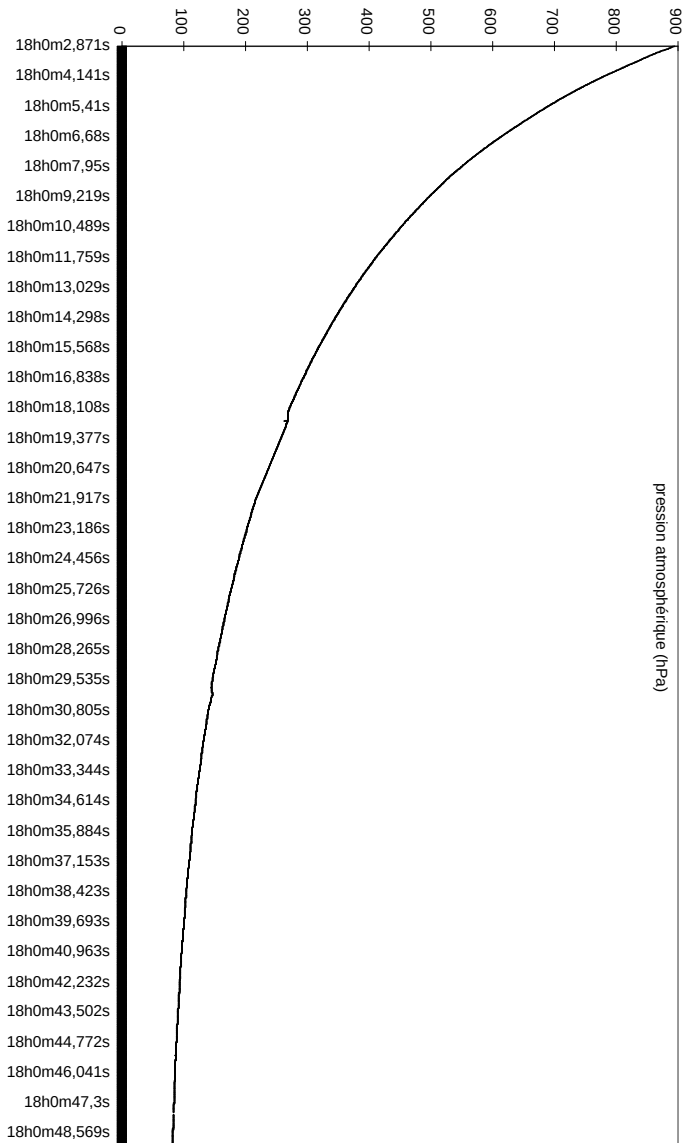
- Trame n°10037 (au sol) : pression=011011110110B=1782->1015 hPa (d'après étalonnages du 9 et 5 juillet 1997)
- Trame n°14919 (séparation engin 56s) : pression= 000110010110B=406->76 hPa (d'après étalonnages du 9 et 5 juillet 1997)

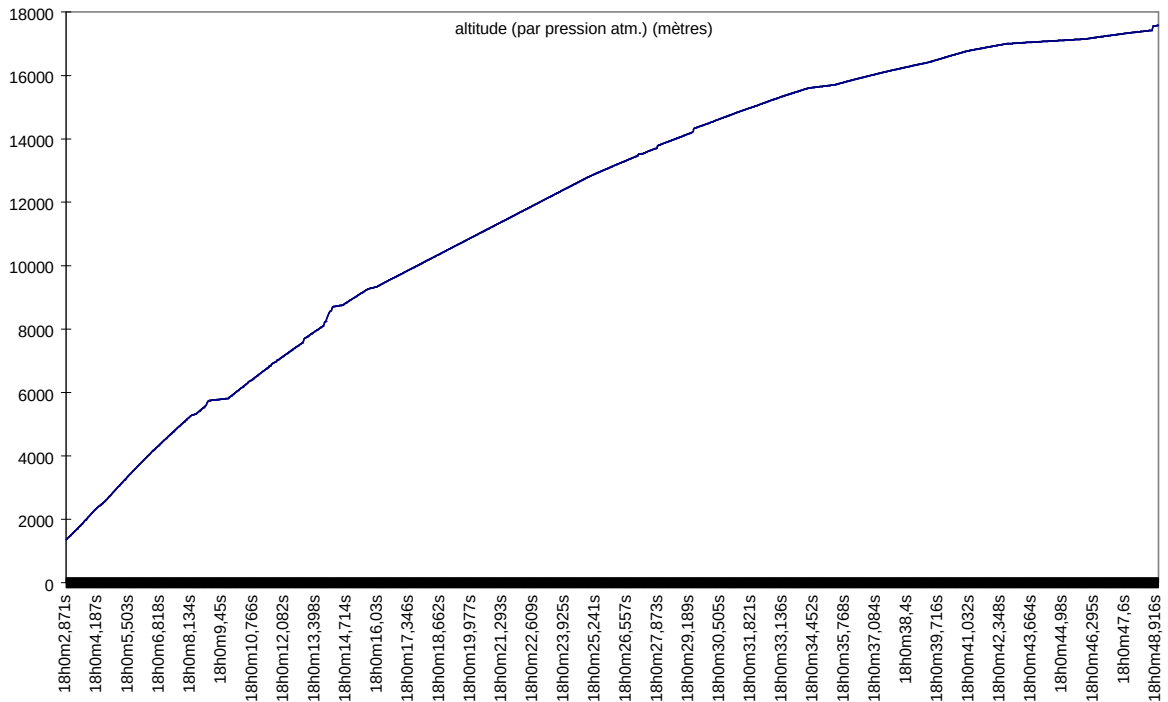
D'après les deux sondages météo du 13-02-1998 11h et 14h10 (jusqu'à 18kmd'altitude) :

- Pression au sol : 1014 hPa à 12 mètres.
- Pression de culmination 76 hPa -> 18200m (séparation et culmination ont même pression)

Les courbes suivantes représentent la pression mesurée et l'altitude déduite :







La pression mesurée à la culmination est 75mb +/- 1mb, les sondes météorologiques indiquent une altitude correspondante de 18300m +/- 100m. En rapprochant tous les sondages et étalonnages au sol, l'altitude finalement retenue est 18350m pour l'apogée de la trajectoire à T0+56s.

5.6. Mesures de contraintes

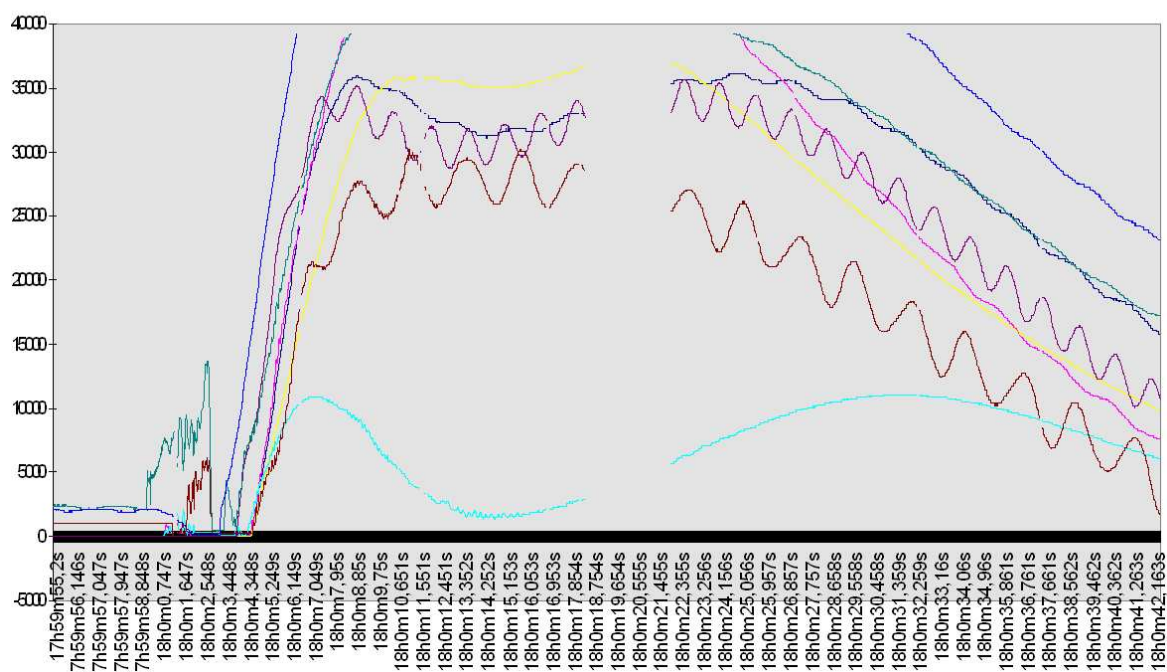
Les contraintes sont déduites à partir de jauges d'extensométrie.

Huit jauges ont été placées sur le cylindre constituant la structure de la case parachutes.

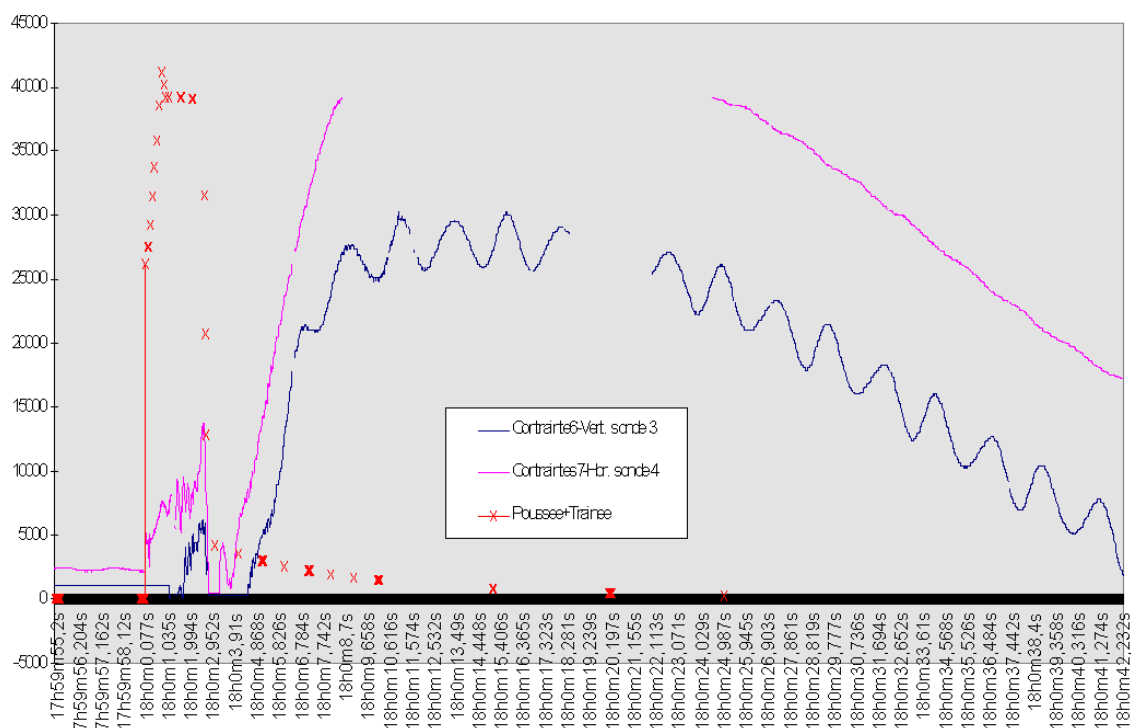
Un étalonnage sous presse hydraulique a permis d'obtenir la relation de contrainte en fonction de la déformation.

Les jauges ont été disposées sur une section du cylindre. Elles ont été groupées par deux, une mesure les déformations longitudinales, l'autre les déformations latérales.

Contraintes mesurées sur la ceinture parachutes (en N)



Comparaison Contraintes observées et contraintes réelles



La réponse des jauges en vol est très surprenante. Nous pouvons constater deux phénomènes successifs : une première série de mesures juste après la mise à feu du propulseur (18h00mn). Une seconde série environ 3s après la mise à feu.

La première « bosse » ressemble bien à la courbe de déformation prévue, mais son amplitude est étrangement faible (13000N au lieu de 40000N). D'autre part, seules les jauges 3 et 4 montrent cette déformation caractéristique.

La seconde « bosse » est encore plus surprenante. Elle apparaît juste après la fin de propulsion (T_0+3s), alors que les efforts sont réduits à la traînée aérodynamique qui décroît avec la vitesse et l'altitude. Ce phénomène est observé sur toute la phase ascensionnelle et toutes les jauges ont globalement la même réponse.

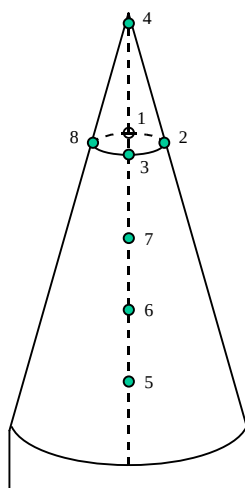
La réponse des jauges d'extensométrie en vol laisse perplexe. L'exploitation des mesures est très difficile et aucune explication n'a encore été trouvée (dérive due à la température... ?, phénomènes de retard ?).

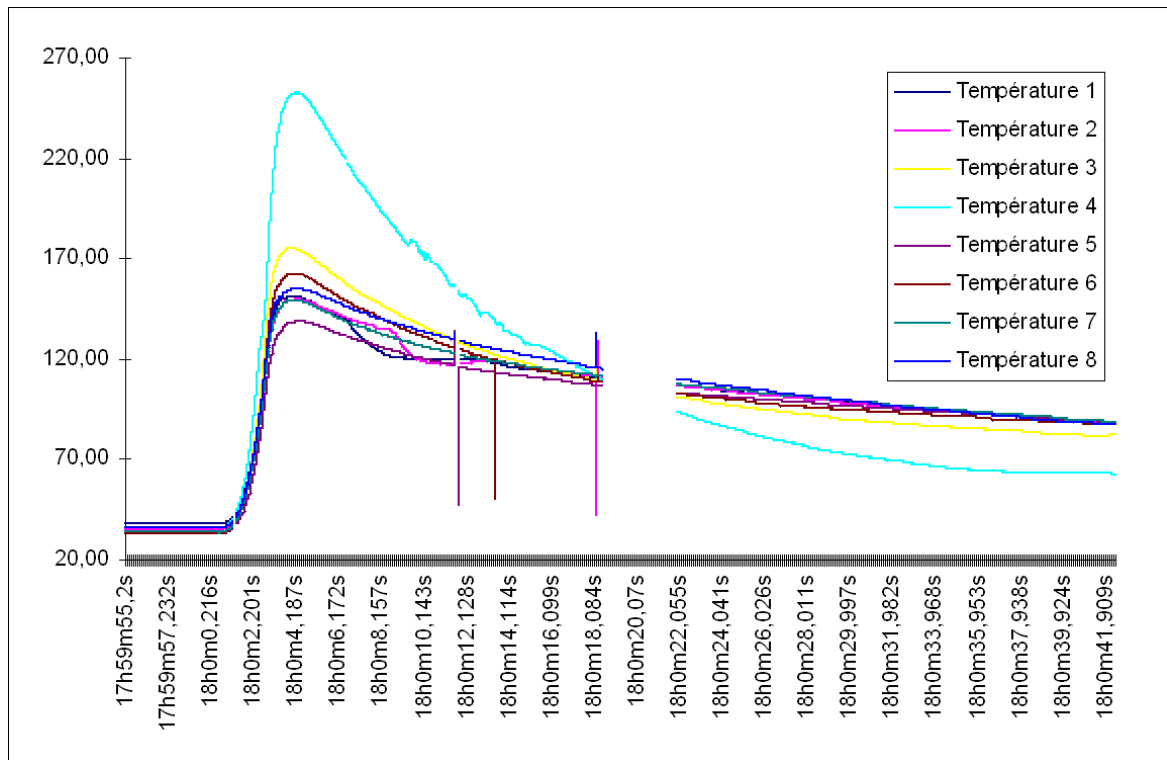
Les jauges ont été étalonnées au CNES Toulouse sous presse hydraulique. Le cylindre de vol a subi des contraintes dans la direction de son axe longitudinal, par paliers de 5000N avec une vitesse de variation des contraintes entre les paliers d'environ 1000N/s. Les mesures étaient parfaitement précises et reproductibles.

En vol, le propulseur applique une variation de poussée environ 500 fois supérieure. Cet étalonnage avec des contraintes lentes, n'a apparemment pas permis de simuler efficacement les conditions du vol. La presse était trop lente pour mettre en évidence d'éventuels phénomènes de retard quand la contrainte est une impulsion de mise à feu de propulseur.

5.7. Mesures de température sur le cône

Huit sondes de température platine ont été intégrées dans le cône pour mesurer l'échauffement en différents points. La disposition des capteurs de température sur le cône est la suivante :





Les températures maximales des capteurs 1 à 8 respectivement sont : 151°C, 150°C, 175°C, 253°C, 139°C, 163°C, 149°C et 155°C. Ces valeurs ont été atteintes environ 1s après la fin de propulsion, pour une vitesse de l'ordre de 830 m/s à 2300m, soit Mach 2,45.

Le capteur 4 placé sur le point d'arrêt (« pointe » du cône) montre un pic de température à 253°C. Les sept autres capteurs disposés sur une génératrice du cône indiquent des températures maximales comprises entre 135 et 166 degrés. Les calculs théoriques d'échauffement à la surface du cône prévoyaient une température de l'air de 350°C au niveau du point d'arrêt pour une vitesse de 2.6 Mach. La différence de 125°C entre la température de l'air et la mesure du capteur est due au fait que le capteur était intégré dans le cône. Les capteurs mesuraient en fait la température de la paroi. La fusée n'étant restée que très peu de temps à haute vitesse (5.7 sec au-delà de Mach 2), la paroi n'a pas eu le temps d'atteindre la température de 350°C. Le cône a été réalisé en acier de 2mm d'épaisseur. Son inertie thermique étant importante nous pouvons constater un retard de 2 secondes entre la vitesse maximale et l'échauffement maximum.

Les capteurs 1,2,3 et 8, ont été positionnés symétriquement sur une section du cône de façon à observer une éventuelle dissymétrie correspondant à une incidence dans la trajectoire. Le capteur 3 montre un échauffement d'environ 20°C supérieur aux capteurs 1,2 et 8. Cependant, nous avons constaté que le capteur 3 est plus affleurant que les 3 autres. Il paraît donc difficile de conclure sur une incidence de la trajectoire (la trajectographie a montré que la trajectoire était nominale).

Une étude est en cours pour déterminer le flux thermique à travers le cône, connaissant la réponse impulsionnelle de chacun des capteurs et les mesures en vol.

6. CONCLUSIONS SUR LES MESURES

Après environ une minute de phase ascensionnelle, la fusée a culminé à une altitude de 18km après avoir atteint une vitesse maximum de MACH 2,6. Le système de séparation de la fusée par cordeau détonant a fonctionné comme prévu et les 2 parachutes de récupération se sont bien ouverts à l'apogée de la trajectoire. Les deux parties de la fusée ont atterris sans dommage, après respectivement 13 et 20 minutes de descente sous parachutes.

Seule la charge utile (case équipements) a été récupérée. La partie propulsive a été localisée mais la récupération a été jugée trop difficile.

L'altitude de culmination réelle est très proche des résultats des calculs prévisionnels du programme 'TRAJECTD' réalisé par le Garef (moins de 2% d'erreur sur l'altitude de 18350m), mais on a constaté d'importantes différences d'azimut et de portée.

Une question reste posée au niveau de la trajectoire en sortie de rampe. L'azimut réel (50°) est nettement plus à l'Est que les prévisions (0°). Ceci pourrait peut-être être causé, soit par une longueur de rampe trop courte en présence d'un rafale de vent, soit par l'incertitude d'azimut due à un site trop proche de la verticale. D'autre part, le site de tir observé par les radars est de 80° au lieu des 85.5° de la rampe.

Mis à part la différence l'erreur d'azimut au décollage, la fusée a gardé son azimut pendant toute la suite de la trajectoire ascensionnelle. Le braquage et le biseautage des ailerons ont été efficaces pour imposer le roulis la fusée et conserver l'azimut. La vitesse de roulis a saturé le gyromètre (saturé au-delà de 1 tour en 4s) pendant quelques secondes pendant la phase de vitesse maximale.

La structure en composite carbone-époxy de 2mm d'épaisseur a parfaitement subi les contraintes mécaniques du vol (équivalent à 4 tonnes pendant la phase propulsée).

Les mesures accélérométriques en vol ont montré une accélération de +51g et une décélération en fin de propulsion de -5.3g.

Les mesures accélérométriques ont permis également de déterminer la poussée réelle du propulseur Burat de la SNPE. Malheureusement, la mesure de pression dans la chambre de combustion n'a pas pu être exploitée à cause d'un endommagement à la mise à feu du propulseur soit du capteur, soit de l'électronique associée. Ce point pourra être étudié si le propulseur est récupéré.

Les mesures de température en différents points du cône ont été satisfaisantes, montrant des températures de 234°C sur le point d'arrêt du cône et environ 150°C sur sa génératrice. Une exploitation plus poussée de ces mesures est en cours et permettra de déterminer le flux thermique à travers le cône pendant le vol.

Les mesures de déformation de la structure sont très difficiles à exploiter. Elles présentent une « bosse » après la propulsion. Ces anomalies sont encore inexplicables.

Les points qui posent problème sont en cours d'étude et donneront lieu à des mises à jour de ce document.

7. CONCLUSIONS DU PROJET

Après 5 années d'efforts, la fusée Atalante a pris son envol le vendredi 13 février 1998 à 15h, depuis le site Fusée-Sonde du Centre Spatial Guyanais. Elle a atteint une vitesse maximale de Mach 2.6 (environ 900m/s à 1100m) et une altitude de 18350m.

Le lancement au CSG s'est déroulé dans de très bonnes conditions. La fusée est retombée comme prévu sous parachutes. Les télémesures du vol ont été reçues. Nous avons pu observer de bonnes mesures comme l'évolution de la température en différents points du cône. Les mesures de déformation présentent, cependant des phénomènes non encore élucidés. Ils n'ont pas été observés pendant les étalonnages au sol, les moyens de test au sol n'ayant pu simuler efficacement les conditions du vol.

Construire une fusée de 130kg et de 3,6m de longueur, n'est pas simple, surtout pour un club de jeunes amateurs (16 ans en début de projet). Lors de la conception d'Atalante nous avons été confrontés à de nombreuses difficultés techniques : en mécanique, à cause de la forte poussée du propulseur (équivalente à 3,5 tonnes pendant 3 secondes), et des problèmes de stabilité aux vitesses supersoniques ; en l'électronique, pour la fiabilité des équipements critiques quand l'accélération atteint 50g ; ainsi qu'au niveau de la sécurité qui entoure la manipulation du propulseur et des autres éléments pyrotechniques.

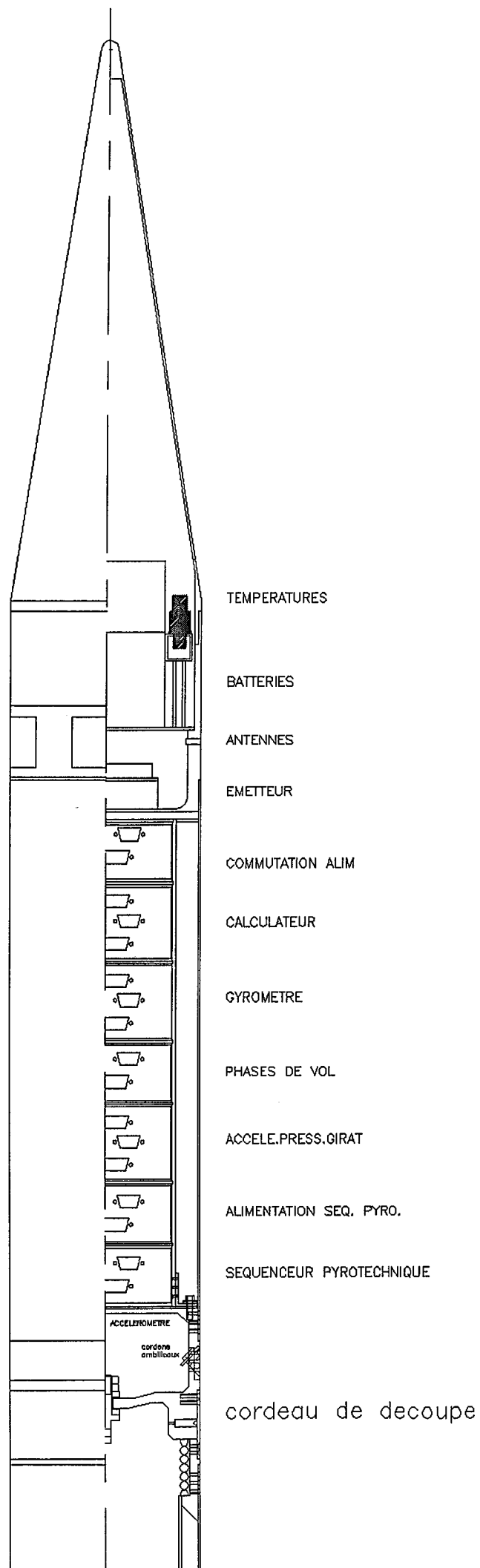
Comme tout projet, en plus de la partie technique, il y a aussi un aspect humain très important. Pour mener à bien ce projet il a fallu organiser le travail en équipe en répartissant les tâches et des réunions ont été organisées de façon régulière. Le nombre important de personnes impliquées et la durée du projet nous ont obligé à rédiger de nombreux documents. Enfin, il faut aussi rappeler que ces activités sont des loisirs et que tous les membres de l'équipe ont travaillé sur ce projet en parallèle avec leurs études.

L'apport d'une telle expérience en complément des études et pour se préparer à entrer dans la vie active est déterminant dans le contexte économique actuel et vaut bien tous les efforts fait pour aboutir à ce succès.

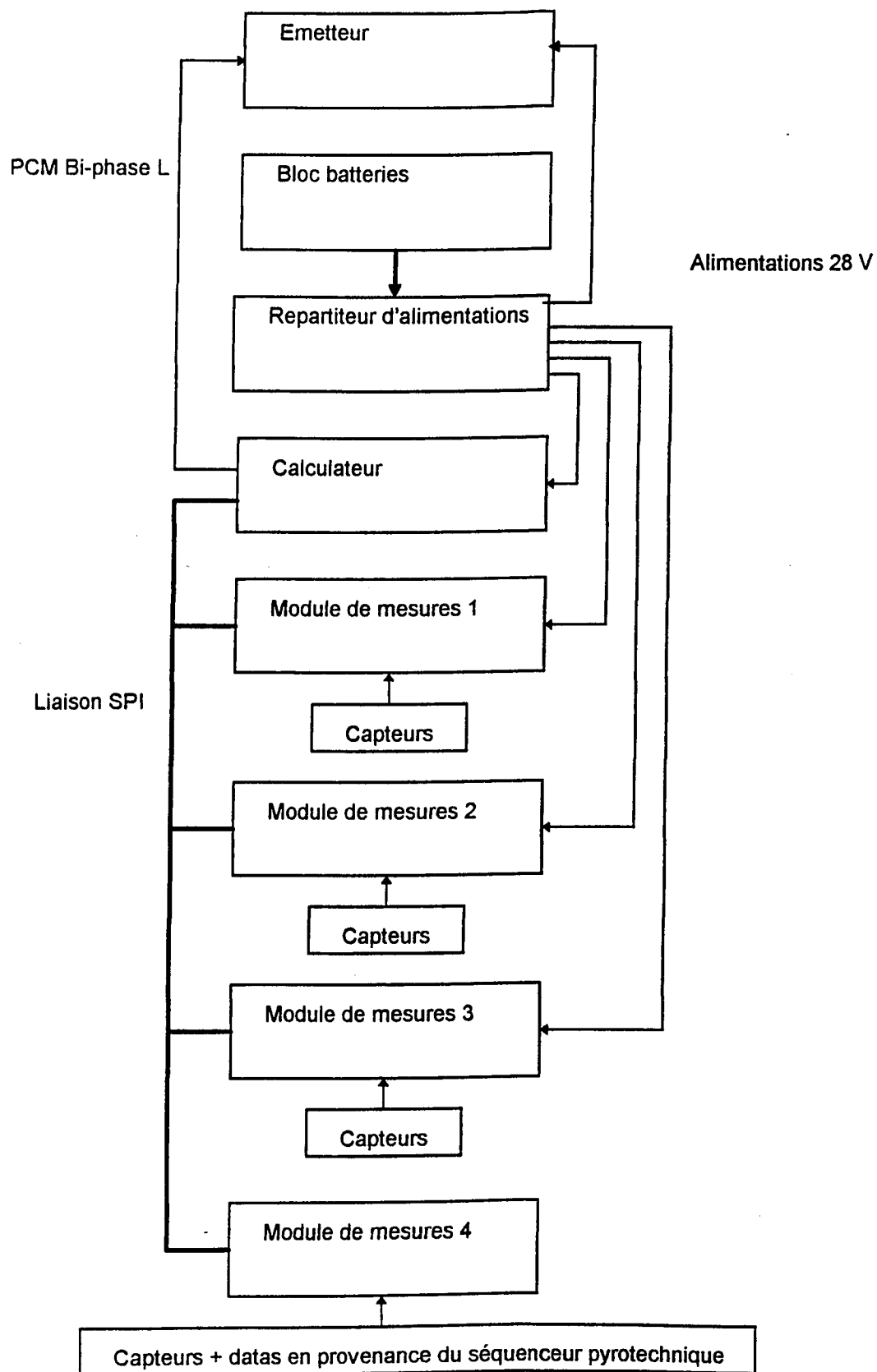
Toute l'équipe du GAREF tient à remercier une nouvelle fois chaleureusement tous les partenaires sans qui ce projet unique n'aurait pu aboutir.

8. ANNEXES

- Plan détaillé de la pointe électronique
- Architecture générale de l'électronique embarquée
- Trame PCM Atalante
- Extrait du dossier technique électronique (responsable électronique : Olivier Méline)
- Carte acquisition
- Module mesures d'extensométrie
- Mesure d'accélération, vibrations
- Mesure de giration
- Mesure de la pression atmosphérique
- Mesure de la pression propulseur
- Mesures de température
- Phase de vol
- Un schéma accélération
- Principe du système de récupération
- Extrait de l'étude de sécurité
- Planning CSG campagne Atalante
- Planning jour du lancement 13 février 1998
- Planning mission GAREF
- Sondage météo jour du lancement 13 février 1998 12h11
- Sondage météo jour du lancement 13 février 1998 15h22
- Carte originale du point de retombée propulseur
- « Nouvelles d'Atalante » N°1, 2, 3, 4, 5, 6, 7



ATALANTE : ARCHITECTURE GENERALE DE L'ELECTRONIQUE EMBARQUEE



Trame PCM Atalante.

N° de mot (dans l'ordre d'émission).	Valeur (bit de poids fort à gauche et de poids faible à droite Le bit de poids fort est émis en premier).	Désignation.	Type de codage.
1	111110101111	Mot de synchronisation 1	Binaire pur
2	001100100000	Mot de synchronisation 2	Binaire pur
3		Numéro de trame poids fort	Binaire pur
4		Numéro de trame poids faible	Binaire pur
5		Mesure de contrainte 1	Complément à 2
6		Mesure de contrainte 2	Complément à 2
7		Mesure de contrainte 3	Complément à 2
8		Mesure de contrainte 4	Complément à 2
9		Mesure de contrainte 5	Complément à 2
10		Mesure de contrainte 6	Complément à 2
11		Mesure de contrainte 7	Complément à 2
12		Mesure de contrainte 8	Complément à 2
13		Giration	Complément à 2
14		Réserve	Complément à 2
15		Vibration	Complément à 2
16		Accélération	Binaire pur
17		Pression propulseur	Complément à 2
18		Réserve	
19		Réserve	
20		Pression atmosphérique	Complément à 2
21		Tension batteries	Complément à 2
22		Séparation fusée	Binaire pur
23		Réserve	
24		Réserve	
25		Réserve	
26		Réserve	
27		Ombilical relié	Binaire pur
28		Etat séquenceur pyro	Binaire pur
29		Température 1	Complément à 2
30		Température 2	Complément à 2
31		Température 3	Complément à 2
32		Température 4	Complément à 2
33		Température 5	Complément à 2
34		Température 6	Complément à 2
35		Température 7	Complément à 2
36		Température 8	Complément à 2
37		Checksum	

La modulation utilisée est de type PCM BI-PHASE L.

Le débit est de 38.464 Kb/s (Un bit est transmis en 26us).

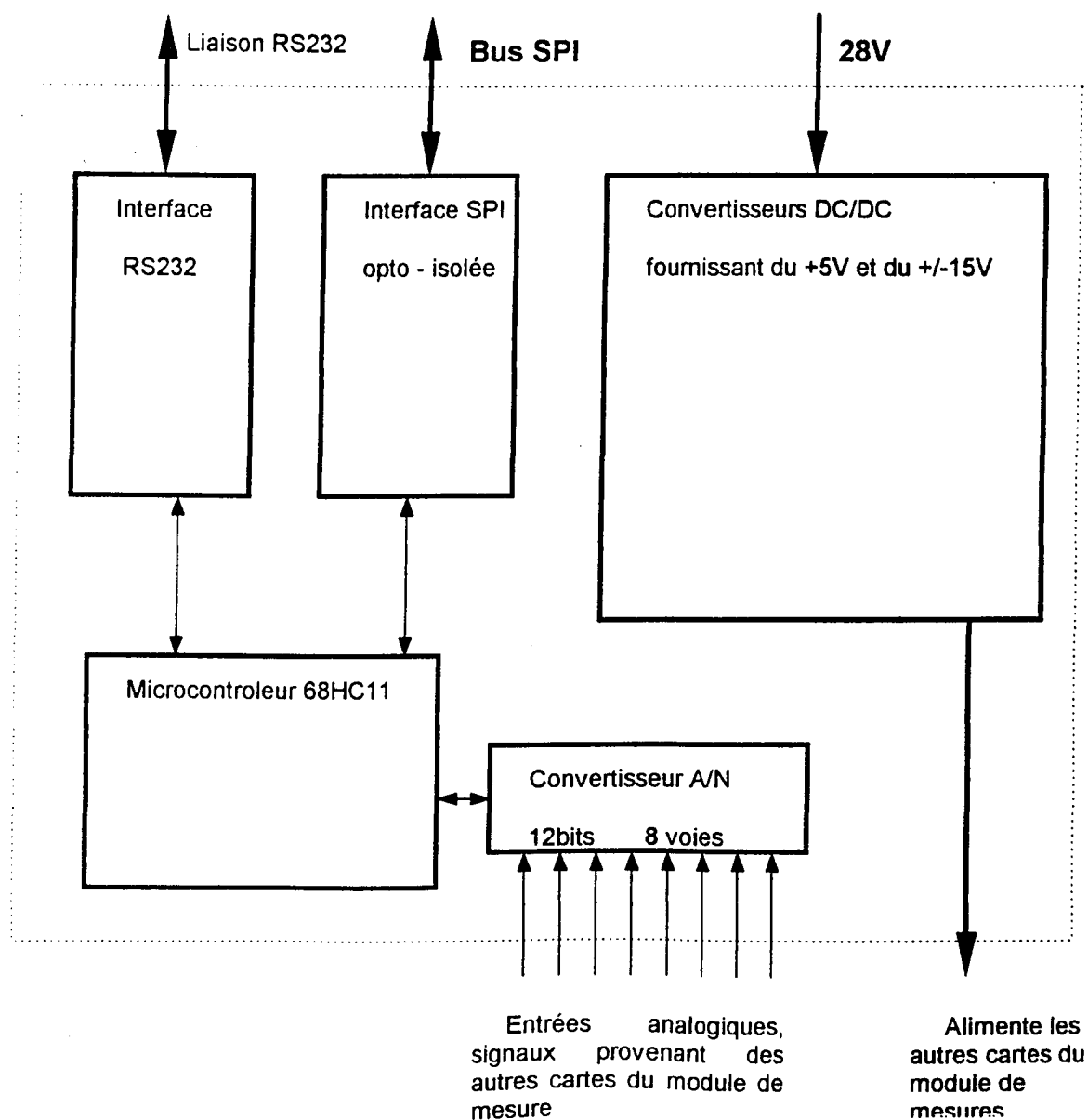
La trame utilisée comporte 37 mots de 12 bits, on émet donc 86.63 trames par seconde.

Le 12 ème bit de chaque mot est un bit de parité excepté pour les mots de synchronisation, les mots de N° de trame et le mot de checksum. Il est positionné de manière à avoir un nombre de bits à 1 pair dans le mot considéré.

2.3.2 Carte d'acquisition

Cette carte comporte les éléments suivants :

- 8 entrées analogiques (gamme de mesure : $-10\text{V}/+10\text{V}$, bande passante 0 à 50 Hz) .
- 8 entrées numériques (non utilisées sur Atalante) .
- Une liaison SPI opto-isolée pour le dialogue avec le calculateur.
- Un convertisseur analogique/numérique 12 bits 8 voies.
- Une liaison RS232 qui permet la programmation de la carte et la connexion d'un terminal pour visualisation des valeurs mesurées si le module n'est pas connecté au calculateur.
- Un micro contrôleur de type 68HC11 qui gère les échanges SPI et RS232 et séquence et récupère les acquisitions du convertisseur A/N. Il offre également une possibilité auto zéro pour les mesures analogiques.
- Deux convertisseurs d'alimentation à découpage fournissant du +5V pour les sections numériques et du +/-15V pour les sections analogiques à partir du 28 V.

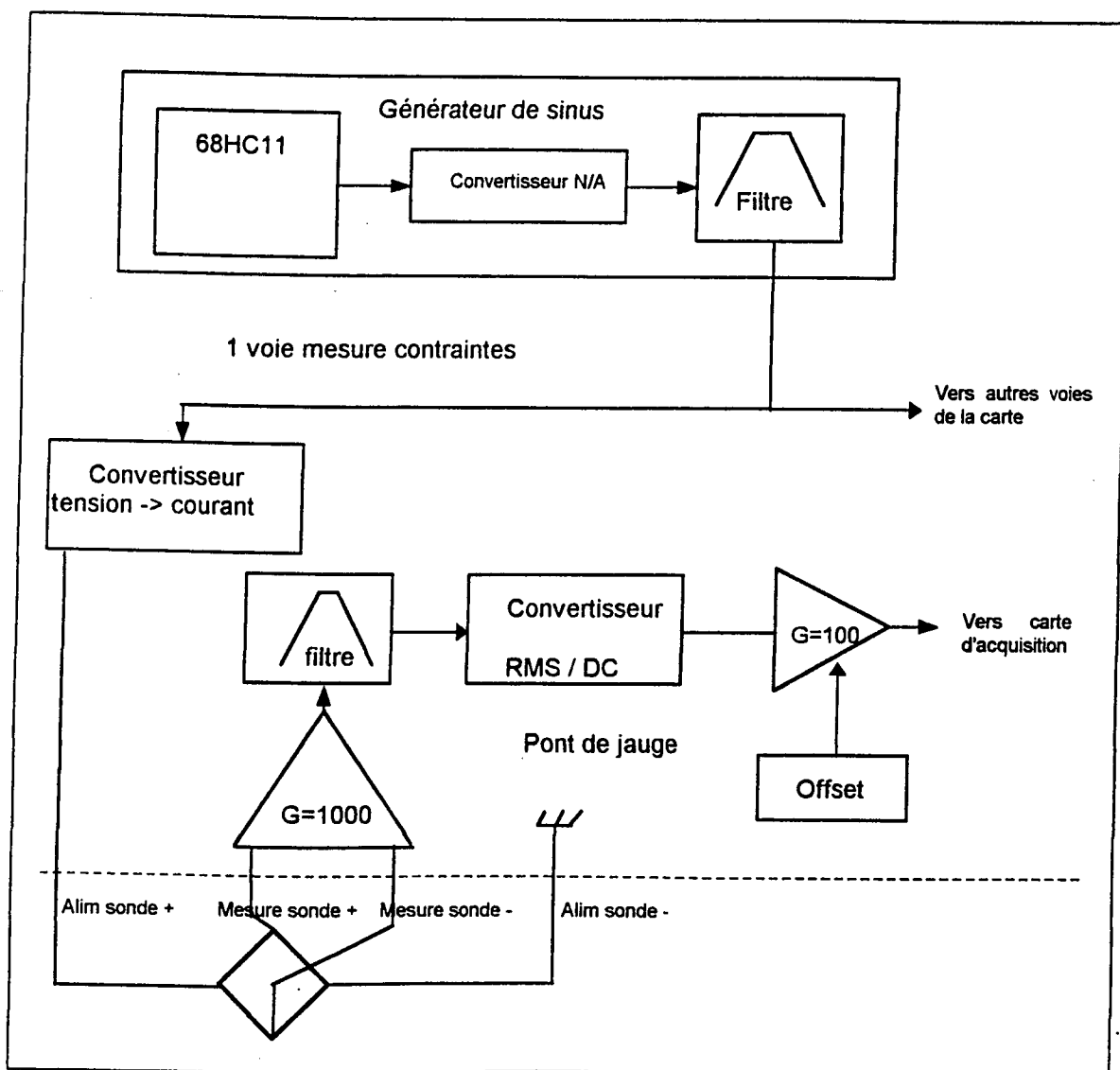


2.3.3 Module mesures d'extensométrie (contraintes).

Le module de mesure des contraintes comporte une carte d'acquisition et 3 cartes de mesures de contraintes. Sur deux de ces cartes 3 voies de mesures sont câblées. Sur la 3ème carte seules 2 voies sont câblées (8 voies au total).

Les mesures de déformations de la structure se font par l'intermédiaire de jauges d'extensométrie collées sur la structure en carbone. Les difficultés de ce type de mesure viennent du fait que la variation de résistance d'une jauge soumise à une déformation est très faible, et qu'il faut l'amplifier fortement pour obtenir un signal interprétable.

La solution adoptée consiste à alimenter les ponts de jauges par un courant sinusoïdal d'amplitude et de fréquence très stable. Le signal récupéré est modulé en amplitude suivant la déformation de la jauge. Il est fortement amplifié (gain = 500 000) puis subit un filtrage qui permet d'éliminer tout ce qui ne fait pas partie du signal utile. Le signal est ensuite appliqué à un convertisseur RMS/DC qui délivre une tension quasi-continue, proportionnelle à la déformation de la jauge. C'est ce signal qui est fourni à la carte d'acquisition.



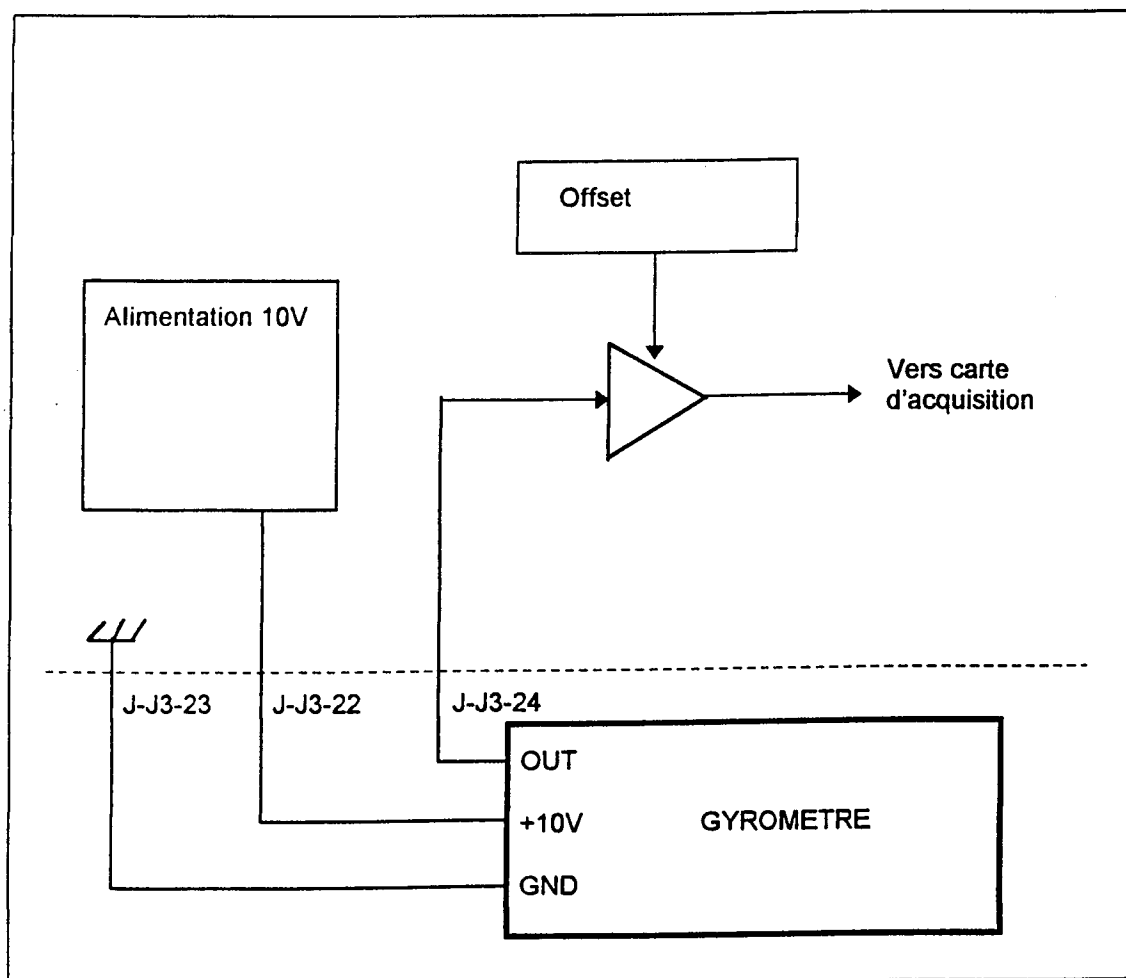
Le générateur de sinus est de type numérique. Un 68HC11 génère une suite de valeurs binaires sur 8 bits représentant un sinus (16 échantillons par période). Ces valeurs sont appliquées à un convertisseur numérique / analogique. Le signal récupéré est filtré de façon à obtenir un signal propre.

2.3.4 Module accélération/vibration/pression/giration

Ce module comporte une carte d'acquisition et une carte qui regroupe les mesures d'accélération, de vibrations, de pression et de giration.

2.3.4.1 Mesure de la giration .

Un capteur permet de mesurer la vitesse de rotation de la fusée sur elle même. Ce capteur délivre une tension proportionnelle à la vitesse de rotation (0V pour $-90^\circ/s$, 2.5V pour $0^\circ/s$, +5V pour $+90^\circ/s$). Son alimentation (10V) est générée à partir d'une référence de tension. Le signal issu du capteur est légèrement amplifié et on y ajoute un offset pour obtenir en entrée de carte d'acquisition 0 V pour une vitesse de rotation de $0^\circ/s$.



2.3.4.2 Mesure de la pression atmosphérique.

Le capteur utilisé délivre une tension proportionnelle directement exploitable par la carte d'acquisition. Aucune électronique d'adaptation n'est nécessaire. Le signal issu du capteur ne passe donc pas par la carte de mesures accélération/pression/giration.

Le capteur est placé dans le module H.

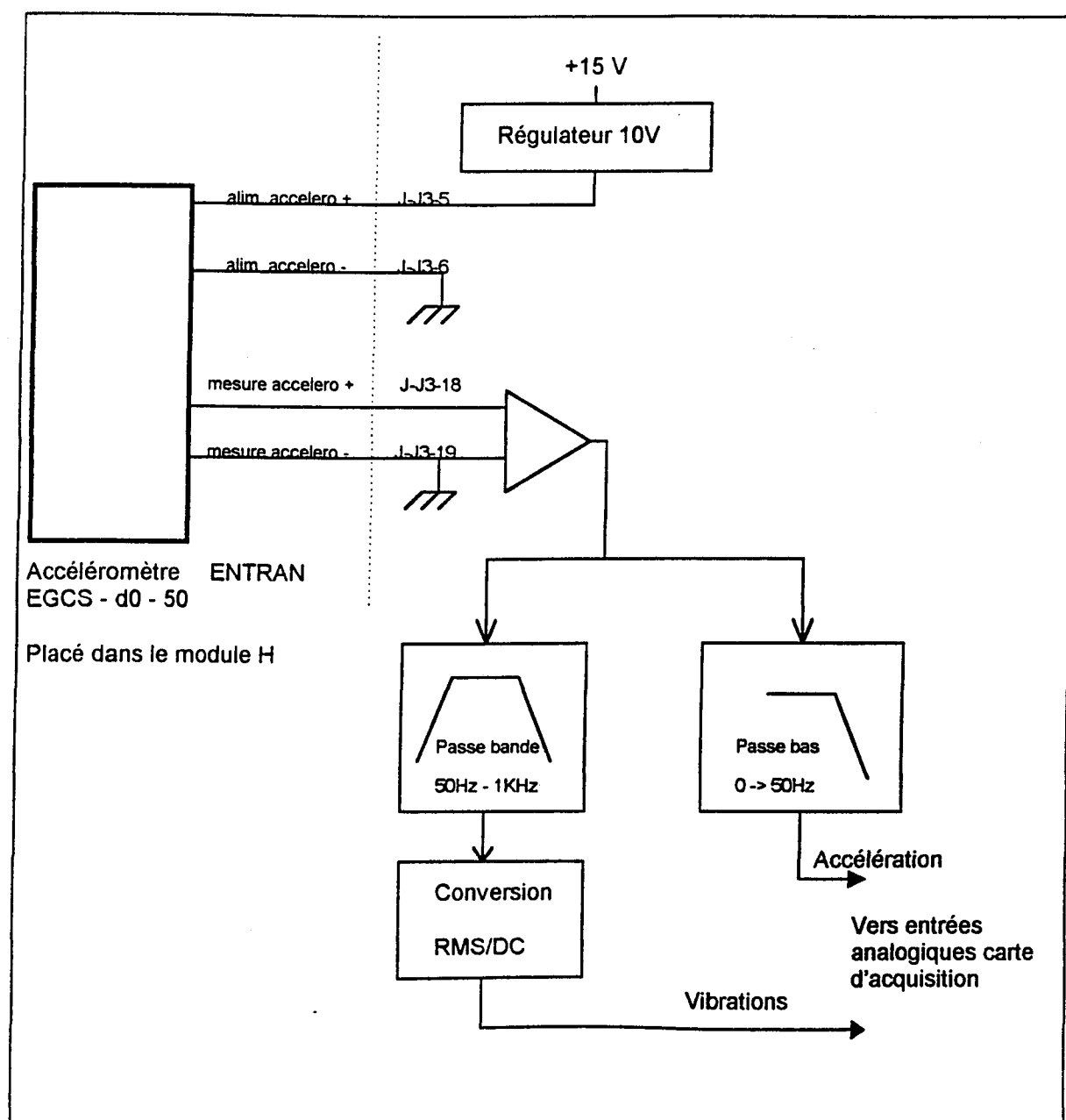
Il est alimenté en 15V par la carte d'acquisition du module.

2.3.4.3 Accélération et vibrations.

Un accéléromètre permet de déterminer l'accélération subie par la fusée. Le même capteur permet de mesurer l'importance des vibrations subies par la structure de la fusée. Ce capteur délivre une tension proportionnelle à l'accélération qu'il subit.

La mesure d'accélération consiste simplement à amplifier le signal et à le filtrer pour ne conserver que les fréquences basses (de 0 à 50 Hz).

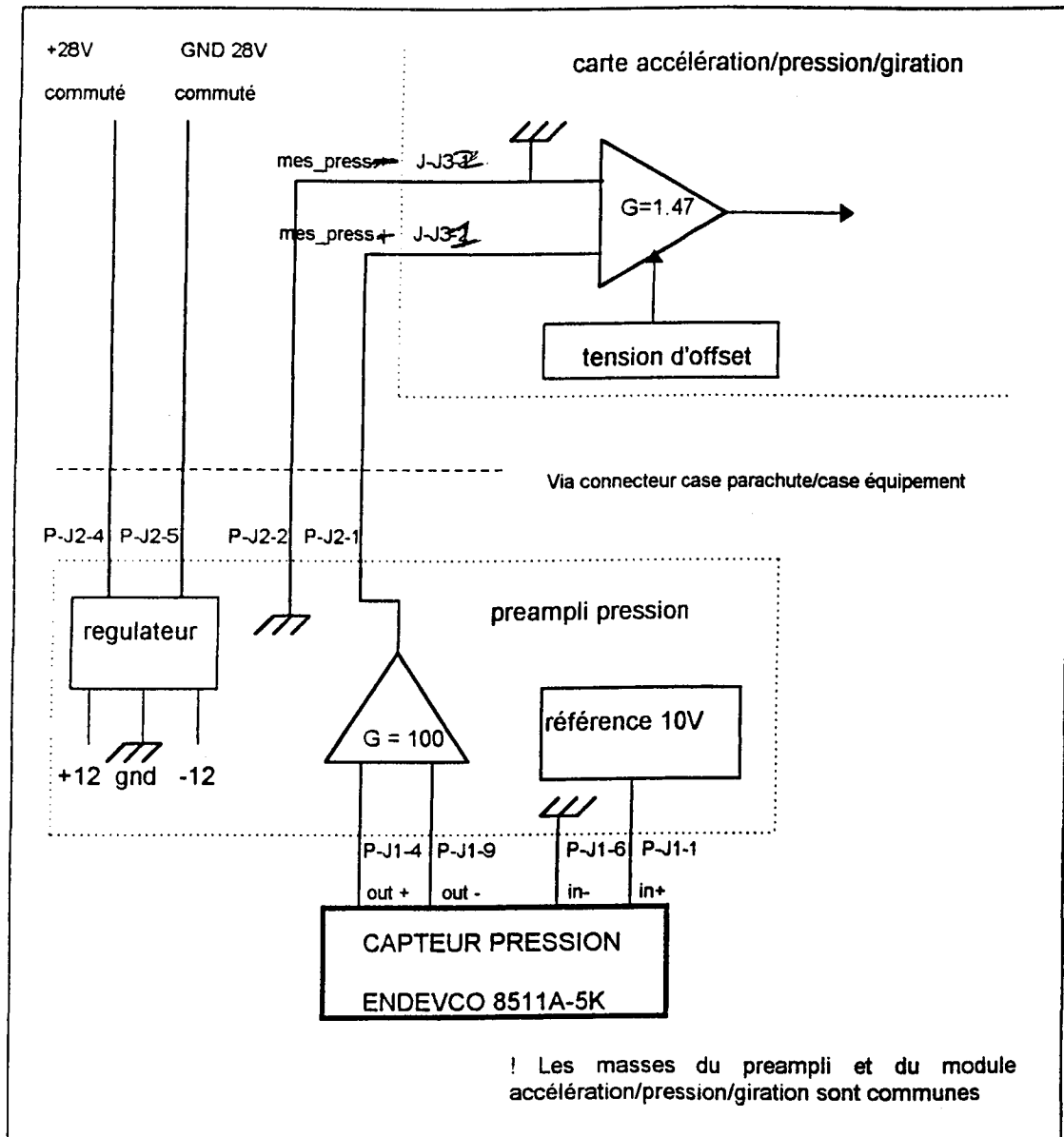
Pour obtenir une mesure des vibrations, on amplifie le signal et on le filtre avec un passe bande pour ne conserver que les fréquences comprises entre 50 et 1000 Hz. Un convertisseur RMS/DC permet ensuite d'obtenir une tension proportionnelle à la valeur efficace du signal obtenu.



2.3.4.4 Mesure de la pression du propulseur.

Le capteur est situé dans le propulseur et délivre une tension proportionnelle à la pression qui règne dans la chambre de combustion. Cette tension est faible et doit être amplifiée. Du fait de la distance qui sépare ce capteur de la case à équipement il est nécessaire de préamplifier le signal délivré par le capteur à proximité de ce dernier.

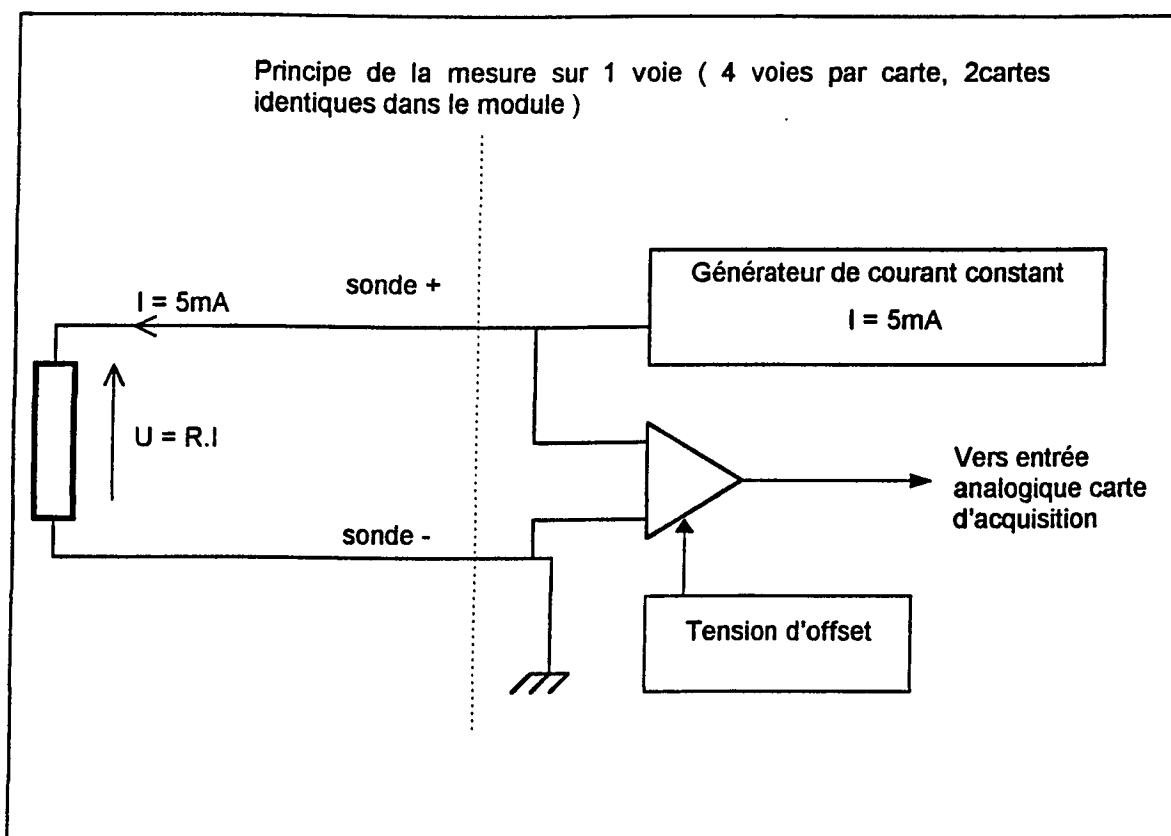
Une carte préamplificatrice additionnelle a donc été placée à proximité du capteur et amplifie le signal d'un facteur 100 avant de le transmettre vers le module accélération/vibration/pression/giration. Cette carte est alimentée directement par le 28V provenant du module répartiteur d'alimentations.



2.3.5 Mesures de température

Les mesures de température sont effectuées à l'aide de sondes thermiques en nickel pur. Elles sont réparties sur le cône. Les sondes se présentent sous la forme de jauges que l'on colle sur la surface dont on veut mesurer la température. La plage de mesure va de -100°C à $+560^{\circ}\text{C}$. Les mesures effectuées sont au nombre de huit sur le cône. Sept jauges sont réparties sur la surface du cône, 4 à la base, à 90° chacune, et trois autres placées à des hauteurs différentes sur le cône. Une mesure de température de point d'arrêt est réalisée par une sonde placée au sommet du cône.

La résistance des sondes utilisées varie avec la température. La sonde est alimentée par un générateur de courant constant. La tension aux bornes du capteur varie donc avec la température. Cette tension est amplifiée et on y ajoute un offset pour obtenir en sortie de carte une tension de 0V à 0°C .



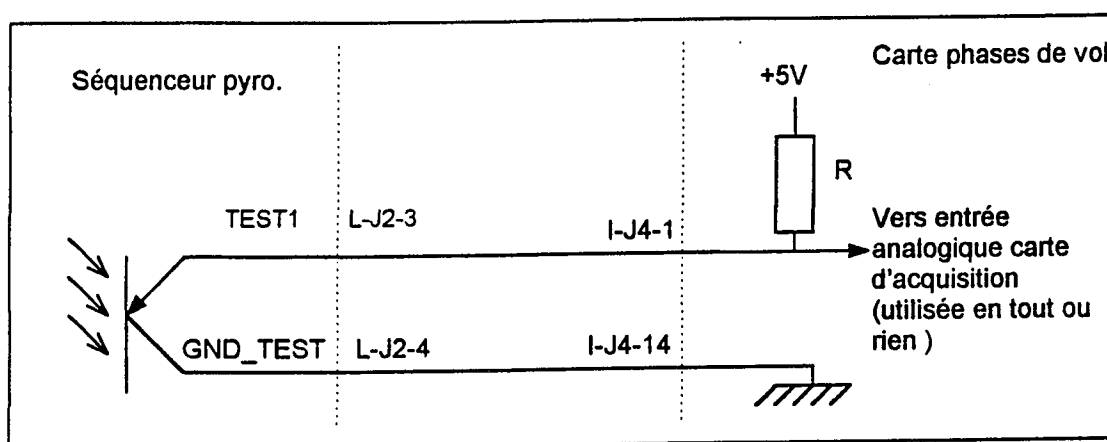
2.3.6 Phases de vol

Les phases de vol indiquent l'état de la fusée à un moment donné. Elles aident à interpréter le comportement de la fusée en cas de problème, et permettent de faire des recoupements avec les autres mesures lors du dépouillement.

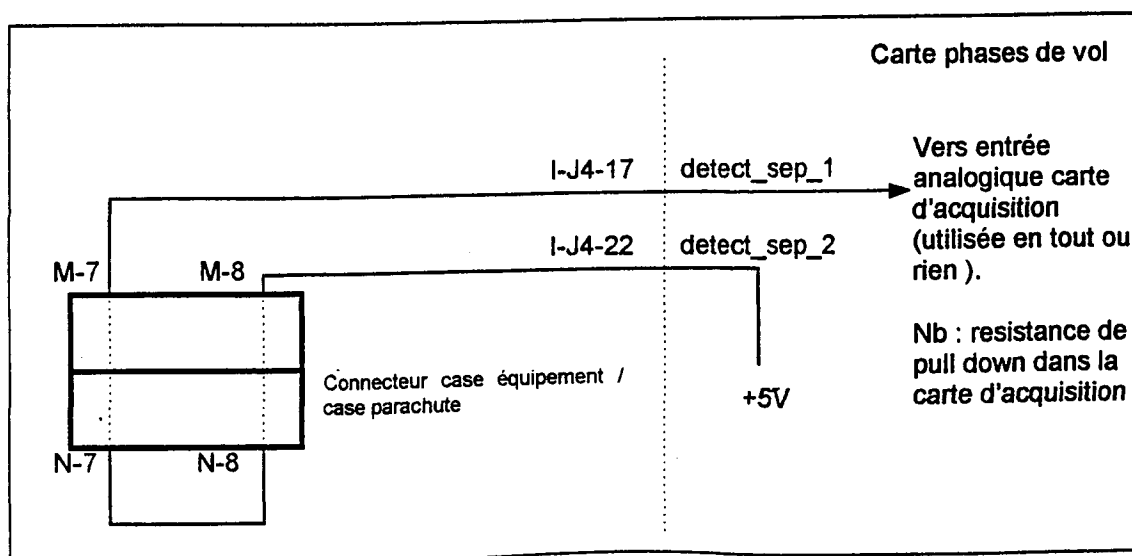
Les mesures effectuées sont les suivantes :

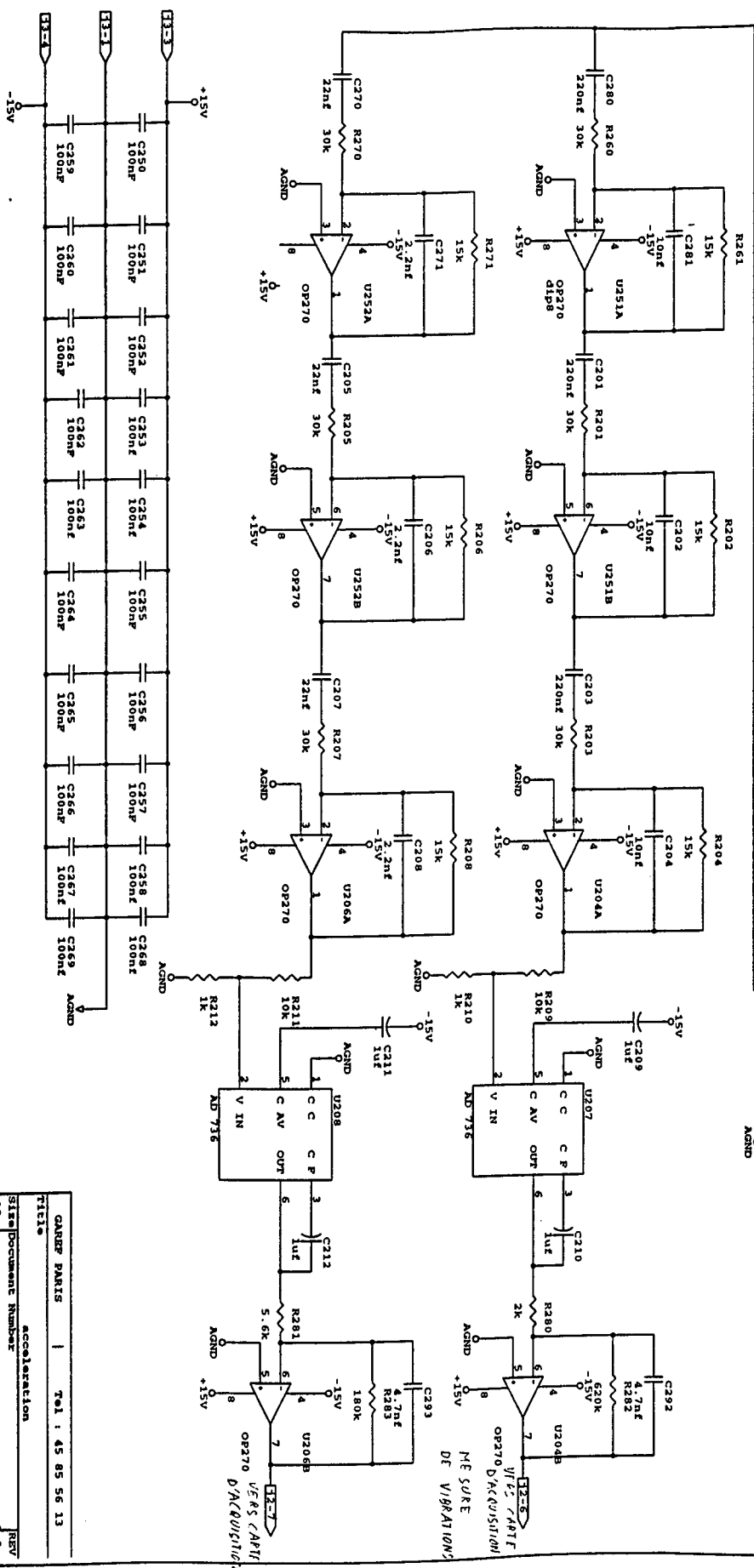
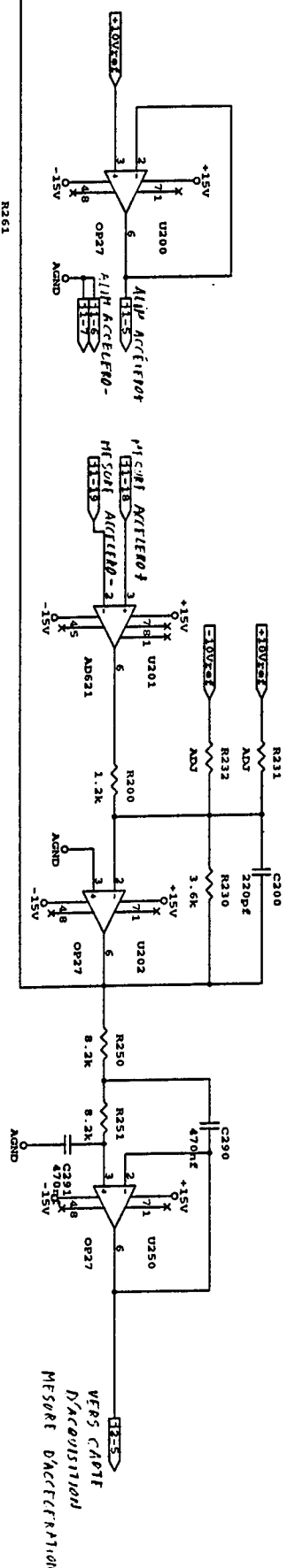
- Etat du séquenceur pyrotechnique : permet de déterminer les instants de début et de fin de décompte. Cette information provient du séquenceur pyrotechnique et est fournie par la sortie en collecteur ouvert d'un optocoupleur.

L'optocoupleur est passant lorsqu'un décompte est en cours, on obtient alors environ 0V en entrée de carte d'acquisition. L'optocoupleur n'est pas passant si le décompte n'est pas en cours, on obtient alors environ 5V en entrée de carte d'acquisition.

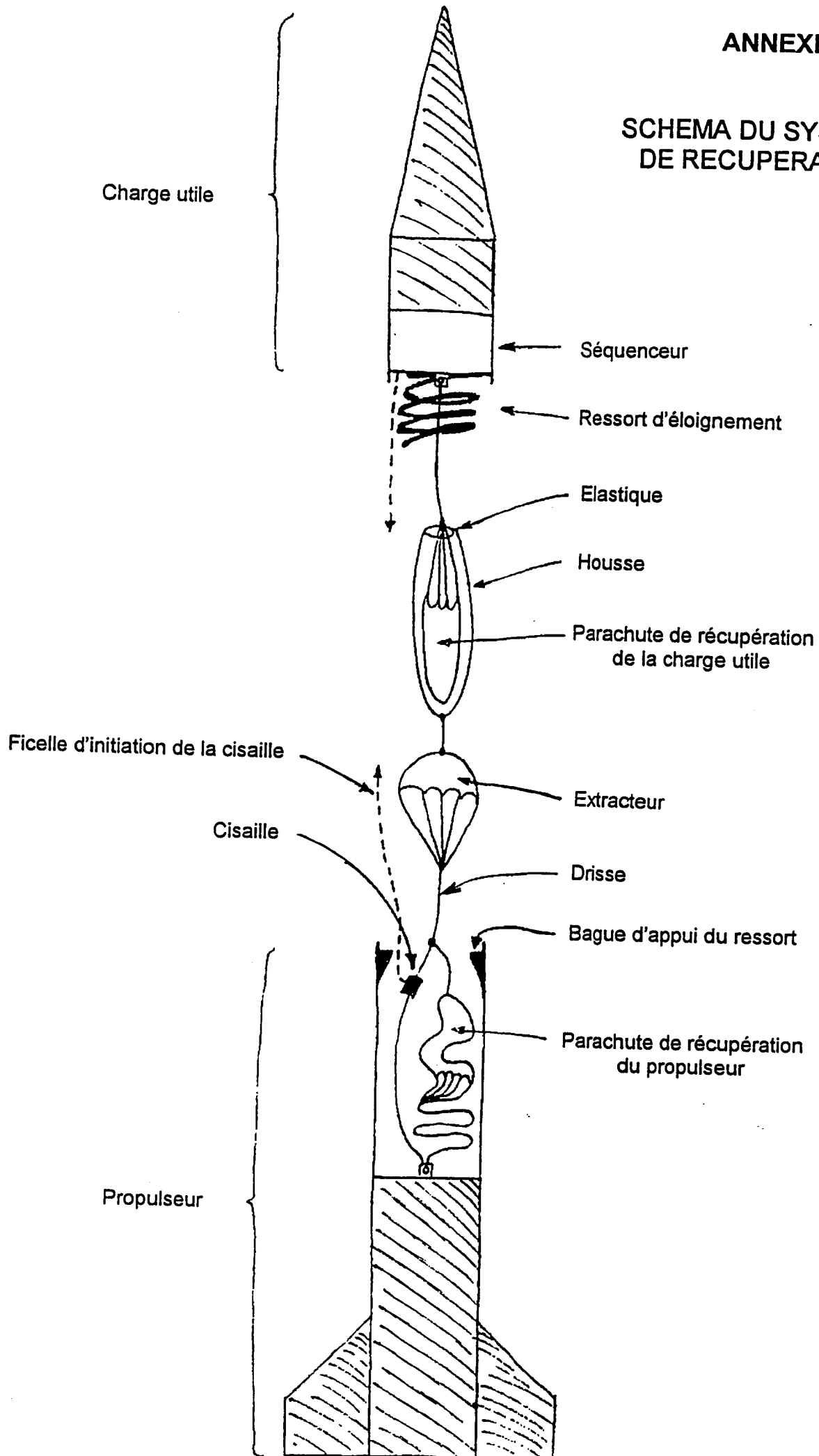


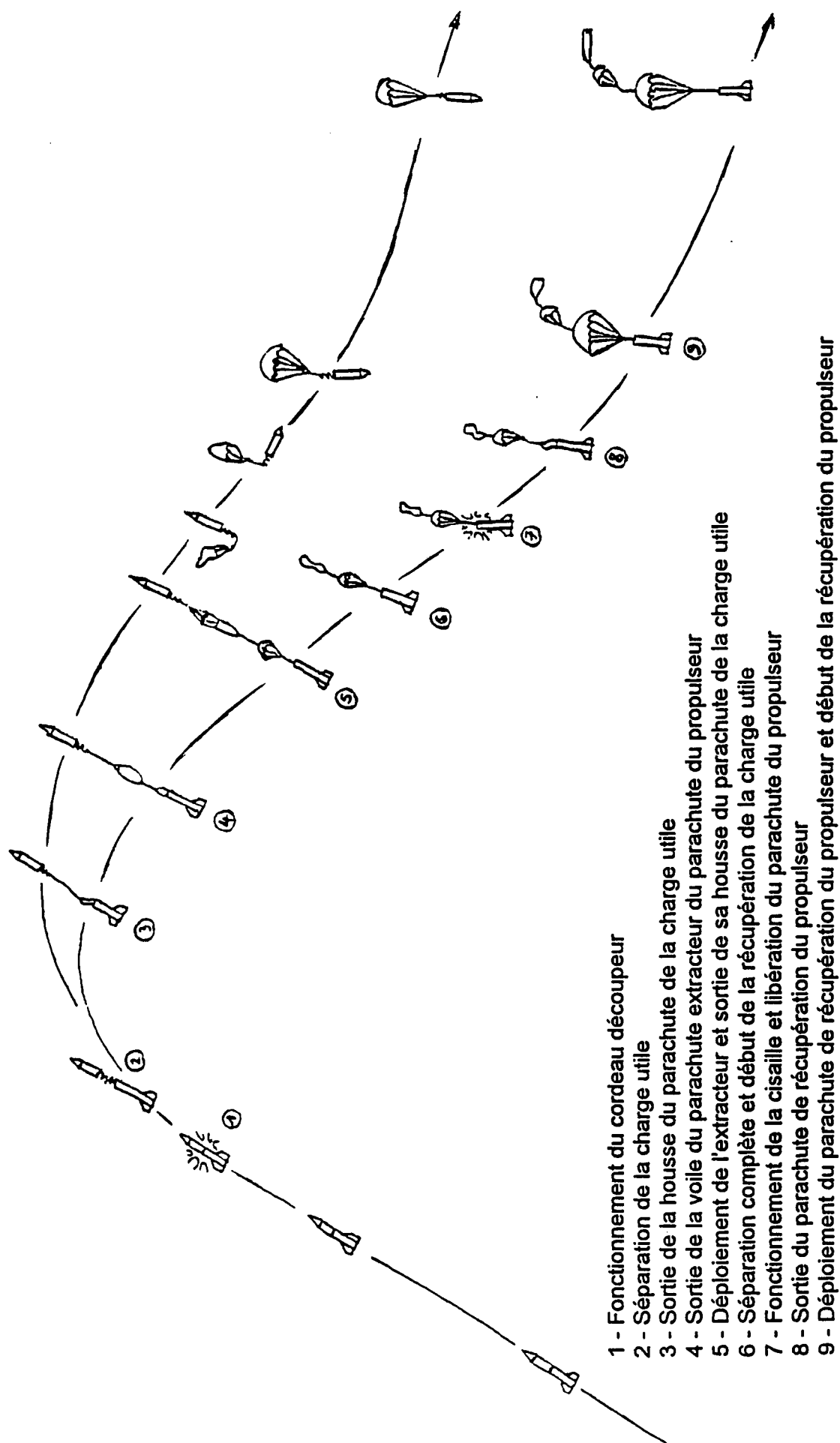
Séparation fusée : indique la séparation de la case à équipement et de la partie propulsive de la fusée. Cette information est obtenue par l'intermédiaire d'une liaison électrique qui se rompt à la séparation de la fusée.





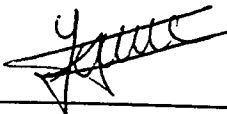
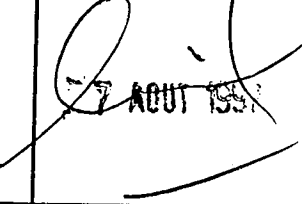
SCHEMA DU SYSTEME
DE RECUPERATION





 CNES CENTRE SPATIAL GUYANAIS SOUS-DIRECTION CHARGÉE DE LA PROTECTION, DE LA SAUVEGARDE ET DE L'ENVIRONNEMENT DIVISION SAUVEGARDE & ENVIRONNEMENT Département Etudes et Réglementation 000241.DOC	CODE D'IDENTIFICATION
	CSG-ES-SXX-000241-SEER
	Date : 13/07/97 Edition : 1 Révision : 0

ETUDE DE SECURITE PYROTECHNIQUE DE LA FUSEE ATALANTE

	Nom/Sigle	Date/Signature	Diffusion	Ex.
Préparé par	H. BALTENNECK SNPE INGENIERIE	13/07/97	CG/D	1
	Y. TRAISSAC CG/SDP/SE/ER	5/08/97 	CG/SDP	1
			CG/SDP/A	1
			CG/SDP/SE	1
			CG/SDP/SE/MV	1
			CG/SDP/SE/MS	2
			CG/SDP/SE/ER	2
Vérifié par	p.i. Y. TRAISSAC CG/SDP/SE/ER	5/08/97 	CG/SDO/ST	1
			CG/SDO/OP	1
			CG/SDE/LO	1
			CG/SDS/AS/CG	1
Approuvé par	p.i. A. RUAUX CG/SDP/SE		DDO ATALANTE	1
			Chef de site ELFS	1
	P. GUILLARD AEROSPATIALE	 le 07.08.97	DC/SJE (M. LEBARON)	1
			GAREF	1
			AEROSPATIALE	1
			SNPE St Médard (A. FAURE)	1
Application autorisée par	M. MIGNOT CG/D	 le 17 AOUT 1997	SNPE INGENIERIE	1
			CLAMFUCK	1
			DDTE IPE	1 1

	ETUDE DE SECURITE PYROTECHNIQUE DE LA FUSEE ATALANTE	CSG-ES-SXX-000241-SEER
		Page : 1/55 Ed. : 1 Rév. : 0 Date : 13/07/97

PREAMBULE

ATALANTE était une vierge chasseresse de la mythologie grecque qui avait juré de n'épouser que celui qui la vaincrait à la course. Hippomène y parvint, sur les conseils d'Aphrodite, en laissant tomber devant elle trois pommes d'or cueillies dans le jardin des Hespérides.

ATALANTE est aujourd'hui le nom donné à une fusée sonde dont le propulseur a été conçu et réalisé par SNPE. Elle atteindra une altitude de l'ordre de 18 km.

L'objet de l'expérience confiée à ATALANTE est l'étude des caractéristiques aérodynamiques d'une fusée à Mach 3.

L'opération de lancement de la fusée-sonde ATALANTE comporte les phases suivantes :

- stockage des éléments pyrotechniques sur le site de lancement;
- transfert des éléments pyrotechniques et non pyrotechniques sur le site de lancement;
- montage des éléments non pyrotechniques;
- mise en place de la cisaille pyrotechnique;
- assemblage de la charge utile;
- assemblage de la fusée;
- mise à poste de la fusée;
- relevage en position de tir de la rampe de lancement;
- amorçage et tir de la fusée;
- récupération des éléments parachutés de la fusée.

La fusée ATALANTE atteindra Mach 2,5 en moins de 3 secondes (3500 daN de poussée). Son altitude sera alors de 1200 m. Au début de cette première phase, les équipements seront soumis à une accélération de 40 G.

Pendant la seconde phase, la fusée ATALANTE poursuivra sa course ascensionnelle en mode balistique jusqu'à une altitude d'environ 18 km (la durée de la phase ascensionnelle totale est d'environ 50 secondes).

A l'issue de cette seconde phase, la case à équipement sera séparée du propulseur par action d'un cordeau découpeur. La case à équipement et le propulseur retomberont alors vers la mangrove, leur chute étant ralentie par un parachute (8 m/s pour la case à équipement et 12 m/s pour le propulseur vide). La durée de descente sous voile sera d'environ 30 minutes.

 CNES CENTRE SPATIAL GUYANAIS SOUS-DIRECTION CHARGÉE DE LA PROTECTION, DE LA SAUVEGARDE ET DE L'ENVIRONNEMENT	ETUDE DE SECURITE PYROTECHNIQUE DE LA FUSEE ATALANTE	CSG-ES-SXX-000241-SEER Page : 7/55 Ed. : 1 Rév. : 0 Date : 13/07/97
--	---	---

1.3. CARACTERE NOUVEAU DE L'ETUDE

Les opérations prévues ne constituent pas une nouveauté pour le site ELFS, sur lequel sont régulièrement effectués des lancements de fusées-sondes (en vue d'un tir d'ARIANE, par exemple).

La fusée ATALANTE présente toutefois un caractère exceptionnel aussi bien pour un Cercle Aérospatial de Jeunes comme le GAREF que pour les sites de lancement des fusées-sondes.

En effet, le GAREF lance habituellement des fusées aux performances réduites (par exemple, pour la fusée EURIDYCE lancée en 1992, apogée de 4500 m pour 4,7 kg de propergol). De même, la dernière fusée-sonde lancée sur le site ELFS était une fusée américain SUPER LOKI dont le moteur (VIPER 3A) possède un bloc de 20 kg de propergol).

Comparativement, le moteur BURAT comporte 44 kg de propergol (bloc CHRISTINE) et devrait porter la fusée ATALANTE à environ 18 000 m d'altitude.

Nota: Le GAREF est une association aérospatiale de jeunes, financée et soutenue par le CNES (agence française de l'espace), FRANCE TELECOM CNET et la Mairie de PARIS. Dans le cadre de l'opération ATALANTE, cette association a bénéficié du soutien technique et/ou financier de:

- SNPE (ST MEDARD) pour la propulsion;
- PYROALLIANCE (PYROMECA TOULON) pour les pyromécanismes;
- FRANCE TELECOM CNET pour l'électronique et les communications;
- HITRONETIC pour le séquenceur de séparation;
- ONERA (DGA) pour la modélisation et les vérifications aérodynamiques;
- AERAZUR pour les parachutes de récupération;
- AEROSPATIALE KOUROU pour la conduite et la réalisation des opérations pyrotechniques;
- CNES (agence française de l'espace) pour les moyens de lancement sol et air;
- Relais Electroniques DEUTSCH pour les relais fiabilisés;
- ENDEVCO pour le capteur de pression de fonctionnement du propulseur;
- LRBA (DGA) pour les essais d'environnement et l'étalonnage des moyens de mesure;
- SOPEMEA pour les essais d'environnement;
- Mairie de PARIS pour financement logistique.

L'expérience ATALANTE est faite à l'initiative du GAREF. La totalité de cette expérience a été conçue et réalisée par le GAREF. Le GAREF a également réalisé les plans, les calculs et fabriqué certains éléments importants comme la virole en fibres de carbone de la case à équipement qui ont été vérifiés par les entreprises participantes concernées.

7. 28. 1934

4/4

Site Fusées Sondes

	Ve 13/02	Lu 16/02
	JO	Rangement
	H0=15h00loc	
Decompte	Lancement	Depouillement TM
	7h30/8h30 Deplacement rampe	
H0-7H	08h00 Mise en place à FU	
H0-7H	08h Mise en place à Galliot	
H0-7H	08h Mise en place à Meteo	
H0-7H	08h Radio Sondage Meteo	
H0-7H	08h/09h30 Reunion de coordination	
H0-7H	08h30/9h Tr CU complete de MD a Abri 1	
H0-6H	09h Transport GE	
H0-6H	09h Tr camera rapide	
H0-6H	09h/09h10 Mise en place CU dans rampe	
H0-6H	09h10/14h30 Charge battereis	9h30/10h Mouvement rampe
H0-5H	10h Calcul retombées apres radio sondage	10h/10h10 Mise en place CU dans rampe
H0-5H	10h Evacuation partielle rampe	
H0-5H	10h/10h10 Manut moteur a MD	
H0-4H50	10h10/10h20 Tr moteur a Abri 1	
H0-4H40	10h20/10h30 Retrait propu de conteneur	
H0-4H15	10h45/11h00 Mise en place propulseur dans rampe	
H0-4H	11h Sondage vent (Lacher)	
H0-4H	11h/11h30 Assemblage final	
H0-3H30	11h30/11h45 Branchement ombilicaux	
H0-3H15	11h45/12h Evacuation partielle rampe	
H0-3h	12h/12h15 Mise en place de l'allumeur	
H0-2H30	12h30 Info Elev par SGV à CDL et BCS	
H0-2H30	12h30/13h Erection rampe	
H0-2H	13/13h15 Evacuation partielle rampe + FU	
H0-2h	13h Connection ligne mise à feu	
H0-2H	13h Fermeture FU	
H0-1H30	13h30 Mise en place à Jupiter 2	
H0-1H30	13h30 Demarrage des groupes	
H0-1H30	13h30/13h45 Evacuation totale/Repli CDL	
H0-1H15	13h45 Bilan avant H0	
Marge	14h Presence helico	
H0-15mn	14h45 Cte liaison Sauvegarde vol/BCS/Helico	
H0-15mn	14h45 Fermeture CDL	
H0-5mn	14h55 Fermeture Route de l'Espace	
H0-10sec	Decompte final	
H0-5sec	Demarrage camera rapide	
H0	15h H0 Lancement Atalante	
H0+5mn	15h Ouverture CDL sur avis Sauvegarde	
H0+25mn	15h25 Ouverture route de l'espace, accord SG	
	15h30/15h45h Deserection	
	16h Ouverture FU	
	18h Debut Recuperation	
	SP Liste d'accès de 13h00 à 14h55	

h/date	jeu 12	ven 13
	Visite VIP+GAREF	LANCEMENT
6		
7		
8	8H Sondage Meteo	8H Mise en place à FU, MTO, GALLIOT 8H Sondage meteo n°1 8H-8H30 Reunion Coord 8H30-9H TR CU de MD aabri1
9		9H-9H10 Mise en place CU dans rampe 9H10-14H30 Charge sur rampe des batt fus et seq (permanente)
10		10H Calcul Retombée (avec sondage1) et consequence sur azimut 10H Fermeture FU 10H-10H15 manut moteur a MD 10H15 Evacuation partielle rampe 10H15-10H30 TR moteur de MD aabri1 10H30-10H45 Retrait Prop de conteneur + mise en place ds rampe 10H45-11H15 Examen Prop
11		11H Mise en place a JUPITER2 11H15-11H45 (debrancher ombilic) Assemblage final (DP) 11H45-12H Branchement ombilic (DP) +remise en charge
12		12H-12H15 Evacuation Partielle Rampe 12H15-12H30 Contrôle TM GALLIOT et MTO 12H30-13H Erection Rampe
13	13H Sondage Meteo	12H Sondage meteo n°2 13H-13H05 Evacuation partielle rampe 13H05-13H15 Alim seq + retrait coquilles 13H15-13H30 Armement Final 13H30-13H45 Evacuation totale/Repli CDL 13H45 Bilan avant H0 presence Helico Contrôle liaison air-mer/sauvagarde vol
14		periode tampon
15		15H Lancement Atalante 15H05 Ouverture CDL sur avis sauvegarde 15H30-15H45 Deserection Rampe
16		16H Ouverture FU 16H Debut Recup
17		
18		
19		
20		
21		
22		

Relevé météorologique du vendredi 13 février 1998 à 12h11 :

Hgt/MS m	Time s	Ecomp m/s	Ncomp m/s	Speed m/s	Dir deg	Temp degC	VirT degC	RH %	Pressur hPa	Den g/m3	RI
12	0	2.6	3.1	4.0	40	27.6	31.1	80.0	1012.0	1157.6	381.414
100	19	5.3	5.2	7.5	45	26.8	30.1	78.0	1002.0	1150.0	371.750
200	44	7.4	4.9	8.9	57	25.9	29.1	81.0	990.7	1140.5	368.560
300	69	7.6	3.6	8.4	65	24.9	28.1	85.0	979.6	1131.5	366.040
400	92	7.8	3.6	8.6	65	23.9	27.1	89.0	968.5	1122.5	363.216
500	115	7.4	3.9	8.3	62	23.0	26.2	92.0	957.6	1113.3	359.490
600	138	6.9	3.0	7.5	66	22.2	25.2	90.0	946.7	1104.3	350.468
700	163	3.6	3.9	5.3	43	21.6	24.4	88.0	935.9	1094.5	342.690
800	185	5.0	4.0	6.4	51	21.2	23.8	82.0	925.2	1084.3	331.710
900	209	5.5	5.1	7.5	47	20.9	23.4	79.0	914.6	1073.3	324.577
1000	229	6.3	2.0	6.7	72	20.0	22.5	82.0	904.1	1064.3	321.540
1100	251	6.2	0.9	6.2	82	19.1	21.6	86.0	893.7	1055.3	319.345
1200	271	6.4	3.2	7.2	64	18.3	20.7	87.0	883.4	1046.2	314.596
1300	293	6.5	2.0	6.7	73	17.6	20.1	93.0	873.2	1036.3	314.653
1400	315	5.9	0.7	5.9	83	16.8	19.2	94.0	863.1	1027.4	309.837
1500	338	6.2	-1.8	6.5	106	16.3	18.5	90.0	853.0	1017.7	302.066
1600	360	5.2	-0.6	5.2	97	15.8	18.0	90.0	843.1	1007.7	297.746
1700	386	5.0	-0.9	5.1	100	15.5	17.6	89.0	833.3	997.2	293.357
1800	410	6.9	-1.0	6.9	98	15.1	17.1	86.0	823.4	987.1	287.150
1900	434	4.3	-3.4	5.5	128	14.9	16.9	84.0	813.9	976.5	282.493
2000	457	3.2	-4.3	5.4	143	14.6	16.5	79.0	804.3	966.5	275.353
2100	478	2.6	-4.4	5.1	149	14.4	16.2	77.0	794.9	956.0	270.835
2200	501	2.7	-4.2	5.0	147	14.1	15.6	66.0	785.5	946.5	259.647
2300	524	3.5	-3.7	5.1	136	13.6	15.0	60.0	776.3	937.6	251.984
2400	547	2.8	-2.1	3.5	128	13.2	14.6	62.0	767.2	927.8	250.212
2500	568	2.5	-2.4	3.5	135	12.5	13.9	64.0	758.0	919.0	247.837
2600	589	2.7	-3.3	4.2	141	12.0	13.4	65.0	749.1	909.8	245.198
2700	609	2.4	-2.3	3.3	133	11.4	12.6	56.0	740.2	901.6	236.241
2800	629	1.0	-2.6	2.8	158	10.8	11.8	49.0	731.4	893.3	228.915
2900	649	-0.7	-2.7	2.8	194	9.9	10.9	54.0	722.6	885.2	228.426
3000	671	-0.1	-3.0	3.0	182	9.3	10.4	62.0	714.0	876.1	229.741
3100	692	0.3	-4.0	4.0	176	8.4	9.7	74.0	705.5	868.0	232.398
3200	713	-0.6	-3.1	3.1	191	7.6	8.9	79.0	697.0	859.9	231.239
3300	734	-0.3	-1.7	1.7	191	6.8	8.0	78.0	688.6	852.2	227.148
3400	755	-0.2	-0.8	0.8	191	6.6	7.7	71.0	680.3	842.8	221.324
3500	777	0.3	-1.8	1.9	171	6.8	7.6	51.0	672.0	832.8	209.995
3600	799	-1.5	0.4	1.5	284	7.1	7.6	30.0	663.9	822.8	198.051
3700	822	-0.8	0.6	1.0	310	6.7	7.1	21.0	655.9	814.5	191.592
3800	844	0.1	1.6	1.6	3	6.0	6.3	20.0	647.9	806.7	188.970
3900	866	-0.7	3.4	3.4	348	5.3	5.7	21.0	640.1	798.9	187.296
4000	889	-2.1	5.2	5.6	338	4.5	4.9	26.0	632.2	791.2	187.181
4100	912	-3.3	4.4	5.5	324	3.8	4.3	36.0	624.5	783.2	188.873
4200	935	-4.5	2.8	5.3	302	3.1	3.7	41.0	616.8	775.4	188.395
4300	956	-5.8	2.5	6.3	293	2.2	2.8	48.0	609.3	768.3	188.440
4400	978	-6.7	-0.5	6.7	266	1.6	2.4	65.0	601.8	760.0	191.759
4500	1002	-4.7	-0.6	4.7	263	0.8	1.6	69.0	594.3	752.6	190.304
4600	1024	-2.5	-2.2	3.3	229	1.0	1.7	60.0	587.0	743.1	185.501
4700	1046	-0.6	-3.7	3.7	189	2.4	2.7	19.0	579.8	731.5	169.995
4800	1066	-1.4	-2.5	2.9	209	1.6	1.9	19.0	572.6	724.5	168.101
4900	1089	-0.9	-0.9	1.3	225	0.7	0.9	16.0	565.5	718.0	165.312
5000	1113	-0.7	0.4	0.8	296	0.5	0.6	4.0	558.5	710.0	159.636
5100	1134	0.3	1.6	1.6	11	0.0	0.1	3.0	551.6	702.5	157.623
5200	1156	0.6	1.5	1.6	23	-0.7	-0.6	4.0	544.7	695.5	156.308
5300	1178	-0.5	2.6	2.6	350	-1.3	-1.2	3.0	537.9	688.4	154.387
5400	1199	0.5	4.1	4.1	8	-1.5	-1.4	1.0	531.2	680.3	152.028
5500	1220	3.1	6.0	6.7	27	-0.6	-0.5	2.0	524.6	669.6	149.955
5600	1241	4.2	6.4	7.6	33	-0.8	-0.7	2.0	518.1	661.8	148.205
5700	1261	4.0	6.7	7.8	31	-1.7	-1.6	2.0	511.6	655.7	146.803
5800	1283	3.2	7.0	7.7	25	-1.8	-1.7	1.0	505.2	647.8	144.755
5900	1305	4.4	6.6	7.9	34	-2.5	-2.4	1.0	498.9	641.3	143.310
6000	1324	6.3	7.0	9.4	42	-3.3	-3.3	1.0	492.6	635.1	141.908
6100	1348	3.5	6.8	7.7	27	-4.1	-4.1	1.0	486.4	629.0	140.528
6200	1369	2.5	5.5	6.0	24	-4.6	-4.6	1.0	480.3	622.3	139.019
6300	1389	3.1	5.6	6.4	29	-5.0	-5.0	1.0	474.2	615.3	137.455
6400	1411	2.0	5.4	5.8	20	-5.4	-5.4	1.0	468.2	608.4	135.915
6500	1430	2.3	5.0	5.5	25	-6.0	-6.0	1.0	462.3	602.1	134.497
6600	1450	2.3	7.0	7.4	18	-7.1	-7.0	2.0	456.4	596.8	133.503

6700	1470	2.9	8.1	8.6	20	-7.7	-7.7	1.0	450.5	590.5	131.885
6800	1489	3.9	8.2	9.0	25	-8.4	-8.3	2.0	444.8	584.5	130.724
6900	1510	3.5	9.6	10.2	20	-9.1	-9.0	2.0	439.0	578.4	129.349
7000	1530	2.7	10.6	10.9	15	-9.9	-9.8	8.0	433.4	572.7	128.992
7100	1550	3.5	10.8	11.3	18	-10.8	-10.7	11.0	427.8	567.2	128.128
7200	1569	4.8	10.7	11.7	24	-11.7	-11.6	12.0	422.2	561.7	126.936
7300	1589	3.4	10.4	10.9	18	-12.8	-12.7	12.0	416.8	556.9	125.731
7400	1610	3.2	8.5	9.1	20	-13.7	-13.6	15.0	411.3	551.4	124.769
7500	1630	2.8	7.2	7.7	21	-14.6	-14.5	13.0	406.0	546.2	123.276
7600	1650	0.9	8.4	8.5	6	-15.1	-15.0	14.0	400.6	540.0	121.941
7700	1670	0.9	9.8	9.9	5	-15.8	-15.7	14.0	395.3	534.3	120.595
7800	1691	0.9	9.1	9.2	6	-16.4	-16.3	12.0	390.1	528.5	119.050
7900	1711	-0.3	8.1	8.2	358	-17.0	-16.9	9.0	385.0	522.9	117.458
8000	1730	-1.9	9.9	10.1	349	-16.9	-16.8	3.0	379.9	515.8	115.326
8100	1750	-1.5	10.1	10.2	351	-17.0	-16.9	3.0	374.8	509.1	113.824
8200	1771	-1.3	9.2	9.3	352	-18.0	-17.9	4.0	369.9	504.4	112.842
8300	1788	-1.3	8.8	8.9	351	-18.8	-18.7	4.0	364.9	499.1	111.650
8400	1810	-2.7	9.2	9.6	344	-19.7	-19.6	3.0	360.1	494.3	110.481
8500	1829	-3.3	9.4	9.9	341	-20.6	-20.6	3.0	355.2	489.3	109.353
8600	1849	-3.4	9.4	10.0	340	-21.5	-21.4	4.0	350.4	484.4	108.312
8700	1869	-5.2	8.5	10.0	328	-21.7	-21.7	2.0	345.7	478.3	106.818
8800	1888	-4.6	7.1	8.5	327	-22.2	-22.2	1.0	341.1	472.9	105.543
8900	1907	-5.4	5.7	7.9	317	-23.0	-23.0	1.0	336.4	467.9	104.418
9000	1926	-5.6	3.4	6.6	302	-23.7	-23.7	1.0	331.9	462.9	103.308
9100	1946	-4.6	5.1	6.8	318	-24.6	-24.6	1.0	327.4	458.3	102.273
9200	1964	-5.3	7.2	8.9	323	-25.4	-25.4	1.0	322.9	453.5	101.190
9300	1980	-5.6	8.0	9.8	325	-25.9	-25.9	2.0	318.4	448.0	100.025
9400	2002	-5.8	7.9	9.9	324	-26.8	-26.8	3.0	314.1	443.6	99.070
9500	2025	-5.4	8.1	9.8	326	-27.8	-27.8	4.0	309.7	439.2	98.110
9600	2047	-5.5	7.4	9.2	323	-28.6	-28.6	4.0	305.4	434.5	97.056
9700	2065	-5.1	5.7	7.7	318	-29.5	-29.5	4.0	301.2	430.1	96.065
9800	2086	-5.3	6.3	8.2	320	-30.4	-30.4	5.0	297.0	425.7	95.098
9900	2108	-4.7	7.1	8.5	326	-30.9	-30.9	4.0	292.9	420.7	93.945
10000	2126	-4.5	7.5	8.8	329	-31.6	-31.5	7.0	288.7	415.8	92.943
10100	2143	-4.3	7.1	8.3	329	-32.4	-32.3	13.0	284.7	411.4	92.101
10200	2159	-5.1	7.4	9.0	326	-33.4	-33.3	13.0	280.7	407.3	91.160
10300	2176	-5.6	8.8	10.4	327	-34.2	-34.1	13.0	276.7	402.9	90.144
10400	2192	-6.2	9.2	11.1	326	-34.8	-34.7	17.0	272.8	398.2	89.168
10500	2212	-7.4	10.9	13.2	326	-35.5	-35.4	24.0	268.9	393.6	88.268
10600	2228	-7.5	11.7	13.9	327	-36.4	-36.3	23.0	265.0	389.4	87.269
10700	2248	-6.4	10.3	12.1	328	-36.6	-36.6	8.0	261.2	384.2	85.829
10800	2268	-6.3	8.6	10.7	324	-37.2	-37.2	4.0	257.5	379.7	84.757
10900	2285	-5.2	8.6	10.1	329	-38.1	-38.1	3.0	253.8	375.7	83.839
11000	2305	-4.9	7.8	9.2	328	-39.2	-39.2	3.0	250.1	371.9	83.001
11100	2326	-5.3	7.2	9.0	324	-40.0	-40.0	4.0	246.5	367.8	82.097
11200	2346	-6.0	7.9	9.9	323	-41.0	-41.0	4.0	242.9	364.0	81.242
11300	2364	-7.1	9.1	11.5	322	-41.7	-41.7	5.0	239.3	359.7	80.288
11400	2387	-6.9	9.2	11.5	323	-42.4	-42.4	4.0	235.8	355.5	79.341
11500	2407	-6.8	9.6	11.8	325	-43.5	-43.5	4.0	232.3	351.9	78.534
11600	2426	-6.6	9.4	11.5	325	-44.1	-44.1	4.0	228.9	347.7	77.586
11700	2443	-6.7	8.3	10.6	321	-45.1	-45.1	5.0	225.5	344.0	76.773
11800	2461	-6.7	7.7	10.2	319	-46.1	-46.1	4.0	222.2	340.5	75.972
11900	2480	-6.7	7.4	10.0	318	-47.1	-47.1	3.0	218.8	336.8	75.132
12000	2497	-7.1	7.2	10.1	315	-47.8	-47.8	2.0	215.5	332.7	74.222
12100	2515	-7.8	7.3	10.7	313	-48.7	-48.7	3.0	212.3	329.1	73.417
12200	2532	-8.7	7.4	11.4	310	-49.5	-49.5	4.0	209.1	325.3	72.573
12300	2551	-10.1	7.7	12.7	307	-50.4	-50.4	4.0	205.9	321.6	71.750
12400	2571	-11.5	8.2	14.1	306	-51.2	-51.2	6.0	202.8	317.9	70.931
12500	2589	-11.8	8.7	14.7	306	-51.9	-51.9	5.0	199.7	314.0	70.062
12600	2608	-11.9	9.1	15.0	308	-52.8	-52.8	6.0	196.6	310.4	69.258
12700	2629	-11.5	9.0	14.6	308	-53.7	-53.7	7.0	193.6	306.9	68.482
12800	2652	-11.1	9.4	14.5	310	-54.5	-54.5	8.0	190.6	303.3	67.669
12900	2675	-10.7	9.4	14.2	311	-55.5	-55.5	12.0	187.6	299.9	66.917
13000	2697	-10.0	8.8	13.3	311	-56.4	-56.4	21.0	184.7	296.5	66.174
13100	2720	-9.4	9.8	13.6	316	-57.1	-57.1	27.0	181.8	292.8	65.355
13200	2739	-8.6	9.0	12.4	316	-57.7	-57.7	28.0	178.9	288.9	64.490
13300	2761	-7.5	8.6	11.4	319	-58.4	-58.4	28.0	176.1	285.3	63.684
13400	2782	-7.5	8.6	11.4	319	-59.3	-59.3	28.0	173.3	281.9	62.931
13500	2805	-7.3	7.6	10.6	316	-60.0	-60.0	28.0	170.6	278.5	62.151
13600	2828	-7.4	8.4	11.2	319	-60.9	-60.9	28.0	167.9	275.2	61.423
13700	2850	-7.7	8.3	11.3	317	-61.8	-61.8	26.0	165.2	271.9	60.687
13800	2873	-8.3	8.1	11.5	314	-62.7	-62.7	26.0	162.5	268.6	59.947

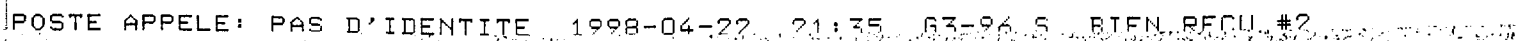
13900	2898	-8.4	8.2	11.7	314	-63.4	-63.4	25.0	159.9	265.2	59.182
14000	2920	-8.0	9.1	12.2	319	-64.3	-64.3	24.0	157.3	262.0	58.468
14100	2944	-8.2	11.0	13.8	323	-65.0	-65.0	21.0	154.8	258.7	57.728
14200	2968	-7.0	11.1	13.2	328	-65.7	-65.7	18.0	152.2	255.3	56.947
14300	2990	-7.8	10.4	13.0	323	-66.3	-66.3	16.0	149.7	251.8	56.171
14400	3013	-7.9	9.0	11.9	319	-67.2	-67.2	14.0	147.3	248.8	55.510
14500	3034	-7.5	8.2	11.1	318	-67.7	-67.7	13.0	144.9	245.4	54.738
14600	3055	-6.9	7.6	10.2	318	-68.7	-68.7	12.0	142.5	242.5	54.093
14700	3074	-5.6	7.6	9.5	323	-69.6	-69.6	12.0	140.1	239.5	53.416
14800	3091	-3.9	7.8	8.7	333	-70.4	-70.4	11.0	137.8	236.5	52.746
14900	3108	-2.4	7.6	8.0	342	-71.3	-71.3	11.0	135.5	233.6	52.096
15000	3129	-2.1	6.9	7.2	343	-72.1	-72.1	11.0	133.2	230.5	51.415
15100	3147	-2.1	5.8	6.2	340	-73.0	-73.0	11.0	130.9	227.5	50.754
15200	3168	-2.9	3.2	4.3	318	-73.8	-73.8	11.0	128.7	224.6	50.101
15300	3190	-3.0	2.5	3.9	310	-74.4	-74.4	11.0	126.5	221.4	49.393
15400	3211	-2.6	1.8	3.2	305	-75.0	-75.0	11.0	124.4	218.4	48.720
15500	3230	-3.3	1.3	3.6	291	-75.6	-75.6	11.0	122.2	215.2	48.004
15600	3250	-3.5	1.2	3.7	289	-76.6	-76.6	10.0	120.1	212.6	47.418
15700	3271	-1.4	1.3	1.9	311	-76.8	-76.8	10.0	118.1	209.3	46.676
15800	3291	-0.7	-0.2	0.7	257	-77.1	-77.1	10.0	116.0	205.9	45.916
15900	3311	-0.7	-1.9	2.0	200	-77.5	-77.5	10.0	114.0	202.7	45.217
16000	3333	-0.1	-2.8	2.8	182	-78.2	-78.2	10.0	112.0	199.9	44.583
16100	3354	-0.4	-3.5	3.5	186	-79.1	-79.1	9.0	110.1	197.4	44.030
16200	3375	-0.6	-3.7	3.8	189	-79.9	-79.9	9.0	108.2	194.8	43.449
16300	3396	-0.7	-3.6	3.7	190	-80.8	-80.8	9.0	106.3	192.3	42.885
16400	3417	-0.9	-2.5	2.7	199	-80.9	-80.9	9.0	104.4	188.9	42.141
16500	3439	-0.3	-0.9	0.9	195	-80.4	-80.4	9.0	102.6	185.2	41.307
16600	3462	1.1	0.3	1.1	72	-80.0	-80.0	9.0	100.8	181.6	40.498
16700	3484	-0.5	1.8	1.9	345	-78.9	-78.9	9.0	99.0	177.3	39.550
16800	3506	-0.3	2.5	2.5	352	-78.8	-78.8	9.0	97.3	174.2	38.851
16900	3527	-1.7	1.6	2.3	313	-78.8	-78.8	8.0	95.6	171.1	38.172
17000	3547	-3.1	2.6	4.1	310	-78.4	-78.4	8.0	93.9	167.7	37.416
17100	3568	-2.4	4.1	4.7	330	-78.8	-78.8	8.0	92.3	165.2	36.854
17200	3588	-2.5	5.1	5.7	334	-79.1	-79.1	7.0	90.7	162.6	36.271
17300	3609	-1.6	3.6	3.9	336	-79.7	-79.7	7.0	89.1	160.2	35.742
17400	3629	-1.8	1.8	2.5	315	-80.4	-80.4	7.0	87.5	157.9	35.228
17500	3650	-3.7	-0.5	3.8	262	-80.3	-80.3	6.0	86.0	155.1	34.606
17600	3672	-5.5	-2.3	5.9	247	-80.1	-80.1	6.0	84.5	152.3	33.967
17700	3693	-6.5	-4.5	7.9	235	-80.1	-80.1	6.0	83.0	149.6	33.364
17800	3716	-6.7	-4.5	8.0	236	-80.3	-80.3	6.0	81.5	147.0	32.795
17900	3738	-8.0	-3.2	8.7	248	-80.1	-80.1	6.0	80.1	144.4	32.198
18000	3759	-10.4	-3.3	10.8	253	-80.2	-80.2	6.0	78.7	141.9	31.652
18100	3779	-13.1	-4.4	13.8	251	-79.5	-79.5	6.0	77.3	138.9	30.976
18200	3800	-12.7	-3.6	13.2	254	-79.3	-79.3	5.0	76.0	136.4	30.424
18300	3820	-12.0	-1.5	12.1	263	-79.1	-79.1	5.0	74.7	133.9	29.873
18400	3840	-13.1	-1.2	13.2	265	-78.2	-78.2	5.0	73.4	131.0	29.218
18500	3858	-12.7	-1.1	12.8	265	-78.6	-78.6	5.0	72.1	128.9	28.759
18600	3878	-10.9	-3.8	11.5	251	-78.9	-78.9	5.0	70.8	126.8	28.284
18700	3898	-10.7	-4.5	11.6	247	-78.1	-78.1	5.0	69.6	124.1	27.691
18800	3917	-11.8	-5.3	13.0	246	-78.2	-78.2	5.0	68.4	122.1	27.227
18900	3936	-15.6	-3.7	16.1	256	-77.4	-77.4	4.0	67.2	119.4	26.640
19000	3956	-19.0	0.0	19.0	270	-76.5	-76.5	4.0	66.0	116.8	26.045
19100	3976	-20.2	2.2	20.3	276	-75.8	-75.8	4.0	64.9	114.4	25.520
19200	3996	-19.9	3.1	20.2	279	-76.2	-76.2	4.0	63.8	112.7	25.139
19300	4018	-19.7	2.0	19.8	276	-77.1	-77.1	4.0	62.7	111.3	24.818
19400	4037	-19.3	1.6	19.4	275	-77.7	-77.7	3.0	61.6	109.7	24.458
19500	4056	-17.3	1.3	17.3	274	-78.2	-78.2	3.0	60.5	108.0	24.082
19600	4075	-14.8	1.2	14.9	275	-78.3	-78.3	3.0	59.5	106.2	23.697
19700	4094	-13.8	0.0	13.8	270	-77.9	-77.9	3.0	58.5	104.2	23.251
19800	4113	-14.6	-1.3	14.7	265	-77.8	-77.8	3.0	57.4	102.2	22.802
19900	4131	-15.9	-1.0	15.9	267	-77.5	-77.5	3.0	56.4	100.3	22.370
20000	4149	-14.4	0.4	14.4	272	-77.3	-77.3	3.0	55.5	98.6	21.991

Relevé météorologique du vendredi 13 février 1998 à 15h22 :

Hgt/MS	Time	Ecomp	Ncomp	Speed	Dir	Temp	VirT	RH	Pressur	Den	RI
m	s	m/s	m/s	m/s	deg	degC	degC	%	hPa	g/m3	
12	0	5.9	1.0	6.0	80	30.1	33.7	72.0	1014.2	1150.0	382.572
100	14	6.4	0.8	6.4	83	27.4	30.6	73.0	1004.3	1150.8	367.946
200	33	6.5	1.3	6.6	79	26.5	29.7	78.0	993.0	1140.9	367.934
300	56	6.6	1.9	6.8	74	25.3	28.4	79.0	981.8	1133.2	360.637
400	88	6.5	2.7	7.1	67	24.2	27.2	83.0	970.7	1124.5	357.760
500	113	6.3	3.3	7.1	63	23.4	26.4	86.0	959.8	1114.9	354.847
600	135	6.3	4.2	7.6	56	22.5	25.5	89.0	948.9	1105.7	351.305
700	154	5.7	4.7	7.4	51	22.0	24.8	86.0	938.1	1095.6	342.809
800	171	5.0	5.0	7.1	45	21.5	24.2	83.0	927.4	1085.5	334.573
900	191	4.3	5.2	6.8	39	21.0	23.6	81.0	916.8	1075.3	327.648
1000	213	3.6	5.3	6.4	34	20.2	22.6	80.0	906.3	1066.3	320.841
1100	233	3.0	5.2	6.0	30	19.9	22.2	77.0	895.8	1055.4	313.988
1200	253	2.5	5.0	5.6	27	19.1	21.3	78.0	885.5	1046.4	309.537
1300	271	2.2	4.7	5.2	25	18.5	20.8	81.0	875.3	1036.3	307.634
1400	292	2.0	4.2	4.7	25	17.7	19.9	81.0	865.2	1027.5	302.312
1500	314	1.9	3.7	4.1	27	17.0	19.2	84.0	855.1	1017.9	299.952
1600	336	1.9	3.0	3.6	33	16.2	18.3	85.0	845.1	1009.0	295.558
1700	357	2.3	2.2	3.2	48	15.5	17.6	88.0	835.3	999.7	293.116
1800	380	3.7	0.9	3.8	77	15.4	17.4	82.0	825.6	988.9	285.548
1900	398	4.8	-0.7	4.8	98	14.6	16.5	83.0	815.9	980.2	281.440
2000	417	5.3	-1.3	5.4	104	14.4	16.2	80.0	806.3	969.5	276.105
2100	435	5.4	-1.9	5.7	110	13.7	15.5	82.0	796.8	960.5	273.149
2200	453	5.6	-1.6	5.8	106	13.8	15.5	74.0	787.5	949.5	265.243
2300	474	5.3	-1.3	5.5	103	13.5	15.0	66.0	778.2	939.8	256.494
2400	497	4.8	-1.0	4.9	102	13.1	14.4	60.0	769.0	930.5	249.171
2500	517	4.1	-0.9	4.2	103	12.3	13.5	58.0	759.9	922.4	244.126
2600	540	3.4	-1.0	3.5	107	12.0	13.3	63.0	750.9	912.1	244.417
2700	562	2.7	-1.3	3.0	115	11.4	12.7	65.0	742.0	903.2	242.254
2800	582	2.2	-1.6	2.7	126	10.6	11.9	67.0	733.2	895.0	239.738
2900	603	1.6	-2.4	2.9	145	9.9	11.2	68.0	724.4	886.6	236.776
3000	623	0.6	-3.7	3.8	171	9.5	10.9	75.0	715.8	876.9	237.625
3100	644	-0.7	-4.2	4.2	189	9.2	10.5	69.0	707.2	867.7	231.506
3200	665	-0.0	-3.5	3.5	180	8.2	9.5	73.0	698.8	860.4	229.724
3300	684	0.5	-4.6	4.7	174	7.3	8.5	75.0	690.3	852.8	226.971
3400	701	1.3	-5.0	5.1	166	6.6	7.8	75.0	682.0	844.8	223.632
3500	718	1.5	-4.0	4.3	159	6.0	7.1	72.0	673.7	836.5	219.149
3600	739	1.0	-1.7	2.0	149	6.4	7.2	50.0	665.5	826.0	207.426
3700	758	-0.3	-0.5	0.6	209	6.7	7.2	27.0	657.5	816.2	194.807
3800	778	-0.1	-0.5	0.5	194	5.8	6.3	31.0	649.5	808.8	194.242
3900	797	0.9	1.0	1.4	40	4.9	5.6	44.0	641.6	801.0	197.253
4000	818	-0.1	1.6	1.6	358	3.9	4.4	36.0	633.8	794.6	191.503
4100	837	-1.5	0.6	1.6	292	3.4	3.8	31.0	626.1	786.6	187.349
4200	858	-1.2	1.1	1.7	313	2.8	3.3	38.0	618.3	778.2	187.633
4300	878	-2.5	0.7	2.6	285	2.0	2.6	43.0	610.7	770.8	187.028
4400	898	-4.4	-0.1	4.4	269	1.1	1.8	58.0	603.2	763.4	189.502
4500	921	-4.7	-2.0	5.1	246	1.0	1.6	46.0	595.8	754.7	183.481
4600	944	-5.1	-3.0	5.9	240	0.3	1.0	56.0	588.4	747.0	184.232
4700	971	-3.3	-3.5	4.8	223	0.6	1.2	47.0	581.1	737.1	179.494
4800	998	-3.3	-1.8	3.8	242	1.4	1.7	18.0	573.9	726.7	168.174
4900	1026	-3.1	-0.7	3.2	257	1.3	1.4	8.0	566.8	718.3	162.902
5000	1050	-2.6	-0.1	2.6	269	0.7	0.8	4.0	559.8	711.1	159.905
5100	1073	-1.5	0.7	1.7	296	0.3	0.4	3.0	552.9	703.4	157.838
5200	1097	-1.0	2.3	2.5	337	-0.2	-0.1	4.0	546.0	695.9	156.432
5300	1119	0.3	1.1	1.2	13	-0.9	-0.8	3.0	539.2	689.0	154.555
5400	1141	1.0	2.9	3.1	19	-0.9	-0.8	1.0	532.5	680.5	152.075
5500	1161	2.9	3.6	4.6	39	-1.3	-1.2	1.0	525.8	672.9	150.379
5600	1182	3.4	5.1	6.1	34	-1.3	-1.2	2.0	519.3	664.6	148.800
5700	1204	3.2	7.7	8.3	23	-2.1	-2.0	3.0	512.8	658.2	147.611
5800	1227	3.2	8.0	8.7	22	-2.8	-2.7	2.0	506.3	651.6	145.838
5900	1249	3.3	6.4	7.2	27	-3.3	-3.2	2.0	500.0	644.6	144.279
6000	1271	3.4	7.2	7.9	25	-3.6	-3.6	1.0	493.7	637.2	142.378
6100	1292	3.8	6.3	7.4	31	-4.1	-4.1	1.0	487.5	630.4	140.846
6200	1313	3.5	7.0	7.8	26	-4.6	-4.6	1.0	481.3	623.6	139.308
6300	1337	3.0	6.5	7.2	25	-5.3	-5.3	1.0	475.2	617.3	137.894
6400	1360	2.7	5.1	5.8	28	-5.8	-5.8	1.0	469.2	610.6	136.402
6500	1381	2.2	5.7	6.2	21	-6.4	-6.3	2.0	463.2	604.1	135.151
6600	1403	2.3	7.2	7.6	17	-7.1	-7.0	2.0	457.3	598.0	133.766

6700	1424	3.2	8.3	8.8	21	-7.5	-7.4	2.0	451.5	591.3	132.262
6800	1450	3.5	7.7	8.4	24	-8.1	-8.0	4.0	445.7	585.0	131.196
6900	1473	4.2	7.3	8.4	30	-8.8	-8.7	7.0	440.0	579.0	130.332
7000	1493	4.1	7.4	8.5	29	-9.9	-9.8	9.0	434.4	574.0	129.440
7100	1515	3.5	7.5	8.3	25	-10.8	-10.7	11.0	428.8	568.5	128.424
7200	1536	2.8	8.0	8.5	19	-11.9	-11.8	15.0	423.2	563.4	127.704
7300	1560	3.3	7.9	8.5	22	-12.2	-12.1	14.0	417.7	556.8	126.040
7400	1583	2.9	7.8	8.4	20	-13.1	-13.0	13.0	412.3	551.5	124.620
7500	1604	2.7	7.7	8.2	19	-14.0	-13.9	14.0	406.8	546.0	123.412
7600	1625	0.9	7.6	7.7	7	-14.9	-14.8	16.0	401.5	540.8	122.353
7700	1648	-0.3	7.2	7.3	358	-15.3	-15.2	13.0	396.3	534.6	120.615
7800	1669	-0.6	7.4	7.5	356	-15.7	-15.6	8.0	391.0	528.3	118.663
7900	1690	-0.8	8.0	8.0	354	-16.0	-15.9	7.0	385.9	522.1	117.145
8000	1712	-1.2	8.8	8.9	352	-16.7	-16.6	7.0	380.8	516.6	115.884
8100	1734	-2.2	9.8	10.1	348	-17.2	-17.1	7.0	375.7	510.7	114.538
8200	1754	-2.2	11.6	11.8	349	-18.1	-18.0	14.0	370.7	505.6	113.960
8300	1777	-2.1	12.5	12.7	351	-18.8	-18.7	15.0	365.8	500.3	112.793
8400	1799	-3.0	11.6	12.0	346	-19.4	-19.3	13.0	360.9	494.8	111.353
8500	1819	-3.2	10.9	11.3	344	-19.7	-19.6	10.0	356.1	488.8	109.771
8600	1840	-3.6	10.3	10.9	341	-20.2	-20.1	9.0	351.3	483.2	108.414
8700	1859	-4.6	10.1	11.1	335	-21.0	-20.9	9.0	346.6	478.2	107.271
8800	1879	-5.4	10.1	11.5	332	-22.0	-21.9	10.0	341.9	473.6	106.258
8900	1897	-5.2	10.0	11.3	333	-23.0	-22.9	10.0	337.3	469.1	105.206
9000	1915	-5.0	9.5	10.8	332	-23.9	-23.8	8.0	332.7	464.4	104.007
9100	1936	-4.8	8.9	10.1	331	-24.7	-24.7	3.0	328.2	459.6	102.662
9200	1956	-4.4	8.4	9.5	332	-25.7	-25.7	3.0	323.7	455.1	101.653
9300	1974	-4.2	8.0	9.0	332	-26.6	-26.6	4.0	319.3	450.6	100.671
9400	1991	-4.1	7.7	8.7	332	-27.6	-27.6	4.0	314.9	446.2	99.676
9500	2010	-4.4	7.5	8.7	329	-28.3	-28.2	6.0	310.5	441.2	98.630
9600	2028	-4.9	6.8	8.4	324	-28.7	-28.7	5.0	306.2	435.8	97.383
9700	2048	-5.1	6.1	7.9	320	-29.2	-29.2	4.0	301.9	430.6	96.173
9800	2064	-5.3	5.7	7.8	317	-30.1	-30.1	4.0	297.7	426.1	95.178
9900	2083	-5.4	5.2	7.5	314	-31.0	-31.0	5.0	293.6	421.8	94.236
10000	2102	-4.9	5.2	7.1	317	-31.9	-31.9	4.0	289.4	417.4	93.199
10100	2121	-3.5	5.8	6.8	329	-32.3	-32.3	6.0	285.4	412.3	92.112
10200	2142	-4.6	6.0	7.5	323	-33.2	-33.1	9.0	281.3	407.9	91.190
10300	2160	-5.2	6.3	8.1	320	-34.1	-34.0	11.0	277.4	403.7	90.293
10400	2177	-5.5	6.7	8.7	321	-34.9	-34.8	14.0	273.4	399.2	89.336
10500	2197	-5.6	7.3	9.2	322	-35.6	-35.5	22.0	269.5	394.7	88.459
10600	2215	-5.5	7.9	9.7	325	-36.2	-36.1	29.0	265.7	390.1	87.540
10700	2231	-5.3	8.4	9.9	328	-36.9	-36.8	29.0	261.9	385.7	86.517
10800	2250	-5.1	8.8	10.1	330	-37.0	-37.0	10.0	258.1	380.3	84.983
10900	2268	-5.1	8.8	10.2	330	-37.6	-37.6	3.0	254.4	375.8	83.861
11000	2286	-5.4	8.6	10.1	328	-38.6	-38.6	2.0	250.7	371.9	82.976
11100	2306	-6.3	6.7	9.2	316	-39.6	-39.6	2.0	247.1	368.1	82.132
11200	2324	-7.1	6.6	9.7	313	-40.4	-40.4	3.0	243.5	364.0	81.224
11300	2343	-7.2	8.1	10.8	318	-41.3	-41.3	5.0	240.0	360.2	80.386
11400	2363	-6.7	7.9	10.3	320	-42.3	-42.3	8.0	236.4	356.3	79.549
11500	2382	-7.7	7.4	10.7	314	-43.2	-43.2	10.0	233.0	352.5	78.724
11600	2398	-7.3	8.6	11.2	320	-44.0	-44.0	18.0	229.5	348.4	77.874
11700	2418	-6.9	10.6	12.7	327	-44.8	-44.8	23.0	226.1	344.5	77.017
11800	2435	-5.4	9.6	11.0	330	-45.7	-45.6	26.0	222.7	340.6	76.167
11900	2454	-4.1	9.4	10.2	336	-46.5	-46.5	27.0	219.4	336.8	75.297
12000	2472	-3.1	10.9	11.4	344	-47.7	-47.7	27.0	216.2	333.6	74.575
12100	2491	-4.9	12.2	13.2	338	-48.5	-48.5	26.0	212.9	329.7	73.682
12200	2512	-5.9	13.1	14.4	336	-49.3	-49.3	26.0	209.7	325.9	72.824
12300	2531	-5.2	12.9	13.9	338	-50.3	-50.3	28.0	206.5	322.4	72.032
12400	2549	-4.9	12.0	12.9	338	-51.1	-51.1	30.0	203.3	318.5	71.170
12500	2569	-5.4	11.0	12.2	334	-51.8	-51.8	29.0	200.2	314.7	70.295
12600	2592	-5.7	11.2	12.6	333	-52.8	-52.8	28.0	197.2	311.4	69.543
12700	2615	-6.1	11.0	12.6	331	-53.7	-53.7	27.0	194.1	307.7	68.719
12800	2639	-6.1	10.5	12.1	330	-54.3	-54.3	25.0	191.1	303.8	67.833
12900	2662	-6.5	10.6	12.4	329	-55.2	-55.2	25.0	188.1	300.3	67.037
13000	2684	-6.3	11.2	12.8	331	-55.9	-55.9	24.0	185.2	296.6	66.210
13100	2707	-7.8	10.8	13.3	324	-56.6	-56.6	24.0	182.3	292.9	65.380
13200	2728	-7.4	11.7	13.8	328	-57.4	-57.4	25.0	179.5	289.5	64.613
13300	2751	-7.7	11.6	14.0	326	-58.3	-58.3	27.0	176.6	286.0	63.834
13400	2772	-7.9	12.1	14.5	327	-59.3	-59.3	28.0	173.8	282.8	63.112
13500	2791	-7.5	11.9	14.0	328	-60.2	-60.2	29.0	171.1	279.5	62.392
13600	2814	-7.2	12.0	14.0	329	-61.2	-61.2	29.0	168.4	276.4	61.693
13700	2835	-6.7	11.8	13.6	330	-62.1	-62.1	30.0	165.7	273.2	60.960
13800	2857	-6.6	11.1	12.9	329	-62.7	-62.7	31.0	163.0	269.5	60.137

13900	2878	-5.8	10.1	11.6	330	-63.6	-63.6	31.0	160.4	266.3	59.429
14000	2900	-4.9	10.2	11.3	334	-64.6	-64.6	30.0	157.8	263.3	58.742
14100	2922	-4.3	10.4	11.3	338	-65.5	-65.5	30.0	155.2	260.0	58.022
14200	2945	-5.3	10.3	11.5	333	-66.1	-66.1	29.0	152.7	256.6	57.251
14300	2966	-5.5	11.4	12.7	334	-66.7	-66.7	27.0	150.2	253.1	56.475
14400	2987	-6.4	11.2	12.9	330	-67.3	-67.3	26.0	147.7	249.6	55.695
14500	3009	-7.1	11.1	13.1	327	-68.3	-68.3	24.0	145.3	246.8	55.054
14600	3030	-7.1	11.4	13.4	328	-69.3	-69.3	23.0	142.8	243.7	54.371
14700	3051	-5.8	10.6	12.1	331	-70.0	-70.0	23.0	140.5	240.6	53.679
14800	3071	-5.2	9.3	10.6	331	-70.7	-70.7	22.0	138.1	237.3	52.943
14900	3092	-5.3	8.3	9.8	328	-71.5	-71.5	21.0	135.8	234.3	52.267
15000	3113	-5.6	7.5	9.3	323	-72.3	-72.3	20.0	133.5	231.2	51.585
15100	3133	-4.6	7.3	8.6	328	-73.3	-73.3	19.0	131.3	228.6	50.988
15200	3155	-3.5	7.2	8.0	334	-74.0	-74.0	19.0	129.0	225.4	50.270
15300	3176	-3.7	7.2	8.1	333	-74.8	-74.8	18.0	126.9	222.6	49.651
15400	3196	-3.1	6.3	7.0	334	-75.7	-75.7	17.0	124.7	219.7	49.012
15500	3216	-1.5	5.6	5.8	345	-76.6	-76.6	16.0	122.5	216.8	48.367
15600	3237	-1.7	4.6	4.9	340	-77.1	-77.1	16.0	120.4	213.7	47.659
15700	3256	-2.1	3.1	3.8	326	-77.9	-77.9	15.0	118.3	210.8	47.019
15800	3276	-2.4	2.3	3.3	314	-78.6	-78.6	15.0	116.3	208.0	46.390
15900	3298	-2.0	1.9	2.8	314	-79.4	-79.4	15.0	114.2	205.1	45.740
16000	3317	0.5	0.5	0.7	46	-79.6	-79.6	15.0	112.2	201.7	44.986
16100	3337	1.0	-1.4	1.7	143	-79.3	-79.3	14.0	110.3	198.0	44.156
16200	3358	1.2	-1.9	2.2	148	-80.1	-80.1	14.0	108.4	195.4	43.575
16300	3379	2.2	-2.4	3.2	138	-80.8	-80.8	14.0	106.5	192.6	42.966
16400	3400	2.8	-1.5	3.2	119	-80.2	-80.2	14.0	104.6	188.6	42.069
16500	3422	3.3	-1.3	3.6	112	-79.9	-79.9	13.0	102.8	185.1	41.281
16600	3443	3.1	-0.8	3.2	105	-78.9	-78.9	13.0	101.0	180.9	40.349
16700	3463	2.0	-0.1	2.0	94	-78.4	-78.4	13.0	99.2	177.2	39.529
16800	3484	1.9	-1.4	2.4	127	-78.1	-78.1	13.0	97.5	173.9	38.792
16900	3504	0.7	-1.4	1.5	154	-78.1	-78.1	12.0	95.8	170.9	38.115
17000	3526	1.0	0.2	1.0	81	-78.2	-78.2	12.0	94.1	167.9	37.458
17100	3548	1.7	-0.9	2.0	118	-78.1	-78.1	11.0	92.5	165.0	36.802
17200	3569	-0.4	-3.9	3.9	187	-78.0	-78.0	10.0	90.9	162.1	36.147
17300	3591	-3.0	-4.1	5.0	216	-78.0	-78.0	10.0	89.3	159.2	35.511
17400	3610	-5.0	-5.1	7.1	225	-78.0	-78.0	9.0	87.8	156.5	34.914
17500	3631	-6.3	-5.1	8.1	231	-77.3	-77.3	9.0	86.2	153.1	34.156
17600	3652	-9.4	-3.2	10.0	251	-76.9	-76.9	9.0	84.7	150.2	33.493
17700	3672	-13.0	-3.6	13.5	254	-76.6	-76.6	9.0	83.3	147.4	32.889
17800	3694	-15.3	-3.7	15.8	256	-76.4	-76.4	8.0	81.9	144.8	32.304
17900	3715	-16.2	-2.6	16.4	261	-77.0	-77.0	7.0	80.4	142.6	31.809
18000	3736	-17.4	-0.4	17.4	269	-77.6	-77.6	7.0	79.1	140.7	31.390
18100	3756	-17.6	0.7	17.6	272	-77.8	-77.8	6.0	77.7	138.4	30.866
18200	3777	-17.2	1.3	17.3	274	-78.4	-78.4	6.0	76.3	136.3	30.403
18300	3798	-15.8	2.2	16.0	278	-78.8	-78.8	5.0	75.0	134.3	29.947
18400	3818	-13.8	2.3	14.0	280	-79.2	-79.2	5.0	73.7	132.2	29.488
18500	3839	-14.3	2.9	14.6	282	-79.2	-79.2	5.0	72.4	129.9	28.968
18600	3860	-14.0	3.1	14.3	282	-79.2	-79.2	5.0	71.1	127.5	28.448
18700	3880	-13.0	1.0	13.0	274	-79.4	-79.4	5.0	69.9	125.5	27.997
18800	3899	-11.6	-1.3	11.7	263	-79.6	-79.6	4.0	68.7	123.5	27.544
18900	3919	-12.6	-1.7	12.8	263	-79.0	-79.0	4.0	67.5	121.0	26.980
19000	3939	-15.9	0.8	15.9	273	-78.7	-78.7	4.0	66.3	118.6	26.459
19100	3959	-18.8	2.8	19.0	278	-78.1	-78.1	4.0	65.2	116.3	25.940
19200	3979	-18.5	2.3	18.6	277	-78.0	-78.0	4.0	64.0	114.1	25.450
19300	4000	-18.0	0.7	18.0	272	-78.7	-78.7	4.0	62.9	112.5	25.102
19400	4019	-16.7	-0.7	16.7	268	-79.1	-79.1	4.0	61.8	110.8	24.714
19500	4038	-14.3	-0.8	14.3	267	-79.1	-79.1	4.0	60.7	108.8	24.274
19600	4058	-15.6	-2.5	15.8	261	-77.6	-77.6	4.0	59.7	106.2	23.691
19700	4076	-18.7	-3.1	18.9	260	-77.7	-77.7	4.0	58.6	104.3	23.267
19800	4096	-18.1	-1.2	18.2	266	-77.8	-77.8	3.0	57.6	102.6	22.881
19900	4115	-15.9	1.5	16.0	275	-77.6	-77.6	4.0	56.6	100.7	22.461
20000	4134	-14.1	2.5	14.3	280	-76.5	-76.5	3.0	55.7	98.5	21.980
20100	4154	-12.1	2.8	12.5	283	-76.2	-76.2	3.0	54.7	96.6	21.553



nouvelles d'Atalante...

N°1. 30 Avril 1996.

Document d'informations, sur la fusée
expérimentale Atalante, diffusé aux
partenaires du GAREF AEROSPATIAL

Le propulseur (110kg) a été intégré à la SNPE de Bordeaux le 12 février 1996, avec ses ailerons et son capteur de pression ENDEVCO. Les membres du GAREF ont participé à cette opération. Le propulseur a ensuite été transporté au CNES à Kourou, par voie maritime, par le biais de l'Aérospatiale. Il est stocké depuis par ARIANESPACE dans la zone Pyrotechnique des ELA. Reste à lui faire subir une radiographie et un pesage précis.

PYROMECA : le système de séparation par cordeau détonnant d'ATALANTE a été validé après quelques problèmes de détonateur. Divers usinages mécaniques sont encore en cours et des échanges de pièces ont lieu avec le GAREF pour s'assurer de la compatibilité mécanique lors du montage.

Du côté du CNES au Centre Spatial Guyanais, la rampe de lancement d'ATALANTE est en cours de réalisation par les ateliers de mécanique. A la Direction des Opérations de Pierre Ribardiére, Guy Calmels termine la nouvelle version de l'ordre de lancement. Certaines difficultés sont toujours en cours d'examen en ce qui concerne la sauvegarde sol et la sauvegarde vol lors du lancement de l'engin. C'est l'AEROSPATIALE Kourou qui assurera la mise en œuvre pyrotechnique de l'engin.

Au GAREF AEROSPATIAL : un logiciel spécial de calcul de retombée, prenant en compte les vents, a été élaboré, puis validé et envoyé au CNES-CSG. Le séquenceur pyrotechnique est en fin d'essais. Les modules électroniques sont en cours de moulage avec de l'Ecofoam FPH et du Solithane 113 pour tenir l'accélération de 50g.

Les premiers essais réels du calculateur de bord avec transmission, réception et exploitation par les décommutateurs primaires et secondaires sont satisfaisants. Le câblage de l'engin a commencé. Les procédures de lancement sont en cours de rédaction. Le programme d'acquisition sol est en cours. Le système d'asservissement de l'antenne sol de réception de secours pose quelques problèmes.

CNET : le centre de la Turbie a fabriqué les antennes de peau pour le projet ATALANTE. Celles-ci ont été collées dans les locaux du GAREF. Le raccordement des antennes a été réalisé la semaine 16 au CNET Pab-Rsh-Hys, à Issy les Moulineaux. Des essais sur analyseur de spectre sont en cours pour régler parfaitement l'indice de modulation de fréquence de l'émetteur 2235 MHz, 5 Watts.

DGA-ONERA : suite à un problème d'intégration, la fusée a dû être rallongée de 5 cm. De nouvelles discussions sont en cours entre le GAREF et l'ONERA Mr Scheck, pour vérifier, suite à ces modifications, la stabilité de l'engin à Mach 3 dans toutes les circonstances.

DGA-LRBA : des essais en centrifugeuse ont été faits le 26 février, à Vernon, afin de qualifier les 4 boîtiers batteries réalisés au GAREF. Ces essais ont révélé un fonctionnement satisfaisant de trois des quatre boîtiers testés pendant une heure sous une accélération de 50g. Le quatrième, présente de très légères anomalies. Par précaution, un autre boîtier sera réalisé par le GAREF.

LANCEMENT : le lancement de la fusée expérimentale Atalante est prévu au CNES, Centre Spatial Guyanais, site Fusées Sondes, dans la dernière quinzaine de juillet 1996.

LES PARTENAIRES DU GAREF AEROSPATIAL:

FRANCE TELECOM CNET, CNES Agence Française de l'Espace, MAIRIE DE PARIS.

Auxquels se sont joints pour l'expérience Atalante:

SNPE, SNPE-PYROMECA, DGA-ONERA, DGA-LRBA, Relais Electroniques DEUTSCH, AERAZUR, AEROSPATIALE Kourou, ARIANESPACE, ENDEVCO.

nouvelles d'Atalante...

N°2. 15 juillet 1996.

Document d'informations, sur la fusée
expérimentale Atalante, diffusé aux
partenaires du GAREF AEROSPATIAL

CNET : Les essais et réglages de l'indice de modulation de l'émetteur 2235MHz +37dBm ont été réalisés avec succès, grâce au prêt d'un analyseur de spectre par CNET Pab-Rsh-Hys. Les pièces pour le système d'asservissement de l'antenne ont été usinées par les ateliers de mécanique d'Issy-les-Moulineaux.

CNES Centre Spatial Guyanais : La rampe de lancement d'ATALANTE est terminée et en cours de peinture par les ateliers de mécanique. -- La radiographie et le pesage du propulseur devraient être faits en juillet. Un reportage vidéo sera réalisé sur ces opérations. -- Un essai de montage d'une pièce d'adaptation sera aussi réalisé à cette occasion. -- La Direction des Opérations termine la nouvelle version de l'ordre de lancement. Certaines difficultés comme la sauvegarde sol et la sauvegarde vol sont toujours en cours d'examen.

CNES Centre de Toulouse : L'étalonnage en compression du cylindre de vol équipé des jauges de contraintes jusqu'à 4000 daN est prévu au département CT-AQ-SE-QM, où vont se rendre les membres du GAREF le 22 juillet.

Au GAREF AEROSPATIAL : Les jauges de contraintes ont été collées sur le cylindre de vol en composite carbone-époxy. -- Le séquenceur pyrotechnique et son modèle de rechange ont été moulés et deverminés en fonctionnement (30 cycles -40°C +85°C). -- Le câblage de la case à équipement est terminé. La réalisation des câbles ombilicaux est en cours. -- Les premiers essais réels du calculateur de bord avec transmission, réception et exploitation par les décommutateurs primaires et secondaires sont satisfaisants. -- Les procédures de lancement sont en cours de rédaction. -- Le programme d'acquisition sol est en cours. -- Le système d'asservissement de l'antenne sol de secours est en cours de mise au point. -- Un troisième boîtier batterie pyrotechnique a été fabriqué suite au léger doute subsistant, après l'essai en centrifugeuse 50g sur le boîtier n°2. -- Le moulage des modules électroniques (résine d'enrobage+mousse rigide) se poursuit. -- Un essai de sectionnement du câble de l'extracteur du parachute propulseur, grâce à une cisaille PYROMECA, a été réalisé avec succès le 13 juillet 1996.

PYROMECA : L'intégration du système pyrotechnique de séparation incluant un cordeau détonnant se poursuit.

Relais électronique Deutsch a fourni gracieusement 3 relais fiabilisés supplémentaires pour les séquenceurs pyrotechniques.

DGA-ONERA-DES-Division missiles : La stabilité de l'engin jusqu'à MACH 3 est confirmée. -- Le roulis imposé par le braquage fixe des ailerons pour corriger une éventuelle erreur d'alignement de poussée a été calculé.

DGA-LRBA-EEM: Des essais en vibration et en choc ont été effectués le 2 juillet à Vernon sur les séquenceurs pyrotechniques, modèle de vol et modèle de rechange, et sur la case à émission (ensemble batterie de vol, émetteur, diviseur de puissance, semi-rigides-antennes : choc 130g 2ms, vibrations sinus 10Hz à 2000 Hz 1g crête, balayage de 3 minutes, vibrations aléatoires 0,07g²/Hz (12g eff), bruit blanc 3 minutes. Les essais ont été effectués sous tension en mode décompte pour les séquenceurs, et avec transmission de télémesure pour la case à émission. Un léger décrochage (environ 300ms) a été observé sur le récepteur. Une minute supplémentaire d'essai en bruit blanc a été faite sans reproduction du phénomène. Suite à une vérification fine du câblage en semi-rigide et des raccordements sur le diviseur de puissance, le connecteur SMA d'entrée du signal sur l'émetteur a été changé par précaution (câble souple, contact mâle mal immobilisé).

LANCEMENT : Prévu initialement fin juillet, celui-ci doit être décalé de quelques semaines.

LES PARTENAIRES DU GAREF AEROSPATIAL :

FRANCE TELECOM CNET, CNES Agence Française de l'Espace, MAIRIE DE PARIS.

Auxquels se sont joints pour l'expérience Atalante :

SNPE, SNPE-PYROMECA, DGA-ONERA, DGA-LRBA, Relais Electroniques DEUTSCH, AERAZUR, AEROSPATIALE Kourou, ARIANESPACE, ENDEVCO.

nouvelles d'Atalante...

N°3. 20 janvier 1997.

Document d'informations sur la fusée
expérimentale Atalante, diffusé aux
partenaires du GAREF AEROSPATIAL

CNET : Deux bagues de fixation du ressort de séparation ont été usinées dans les ateliers mécaniques de Bagnaux.

CNES Centre Spatial Guyanais : Fin septembre 1996, le propulseur a été pesé avec sa jupe et les ailerons (103,05kg). -- La pièce d'adaptation avec la case parachutes se monte parfaitement sur le propulseur. -- Le centre d'inertie du propulseur dans sa carène doit être mesuré. Au 1^{er} janvier 97, Jean-Pierre ROUX a remplacé G.CALMELS comme DDO pour le projet Atalante. Dans les tous prochains jours, le GAREF transmettra la procédure de réception de la rampe de lancement construite par les ateliers mécaniques du CSG. Des essais de dépouillement des télémessures ont eu lieu début janvier, à partir d'un module "modèle électrique calculateur Atalante".

En l'état actuel, les calculs donnent une retombée de l'engin dans la zone des ELA. La Sauvegarde donne en conséquence un avis défavorable. Le GAREF va étudier ces jours-ci, d'autres angles de site et d'azimut pour avoir, en fonction des probabilités de vents en altitude, une retombée en dehors des zones sensibles du CSG. Cette modification pourra entraîner des conséquences sur les phases d'ouvertures des parachutes.

CNES Centre de Toulouse : L'étalonnage en compression du cylindre de vol équipé des jauges de contraintes a été réalisé jusqu'à 4000 daN au département CT-AQ-SE-QM le 22 juillet 96 avec des membres du GAREF. Des ajustements des gains d'amplification sont nécessaires. Un nouvel étalonnage est prévu en février 97. -- La résistance du système de retenue de la fusée dans la rampe a été calculée par le département CT-AE-MET-SM. Une modification a été apportée pour augmenter la marge de sécurité.

DGA-ONERA Chatillon : La modélisation des flux thermiques dans le cône d'Atalante va être réalisée à DES avec Agnès LUC-BOUHALI. Un étalonnage des capteurs de température du cône par exposition aux infrarouges est prévu courant février avec les membres du GAREF.

Au GAREF AEROSPATIAL : La mise en place des 8 capteurs de température à la surface du cône est terminée. -- Les gains sur la carte d'amplification des jauges de contraintes sont en train d'être ajustés suite à l'étalonnage réalisé à Toulouse. -- Un nouvel étalonnage en compression devra être réalisé sur le cylindre de la case parachute avant l'enrobage des jauges. La case parachute sera ensuite montée dans le système de récupération -- La réalisation des câbles ombilicaux se poursuit. -- La rédaction des procédures de lancement nécessaires à AEROSPATIALE se termine. -- Le programme d'acquisition sol est en essais. -- Le système d'asservissement de l'antenne sol de secours est en cours. -- Le moulage des modules électroniques de rechange se termine.

PYROMECA : L'intégration du cordeau détonant dans le système de séparation est terminée. -- La vérification de l'assemblage, avant expédition à Kourou, du système de récupération incluant le cordeau détonant, est prévue dans les locaux de Pyroméca avec les membres du GAREF début février 97.

AERAZUR : Une sangle a été ajoutée sur le parachute extracteur pour permettre d'attacher la housse du parachute de la charge utile.

AEROSPATIALE Kourou : La rédaction des procédures pyrotechniques de lancement se fera dès réception des procédures rédigées par le GAREF.

LANCEMENT : Compte tenu des problèmes de sauvegarde et des délais pour l'étude sécurité et l'étude de l'IPE, le lancement a été planifié pour juillet 97, avec une marge de sécurité réaliste.

LES PARTENAIRES DU GAREF AEROSPATIAL :

FRANCE TELECOM CNET, CNES Agence Française de l'Espace, MAIRIE DE PARIS.

Auxquels se sont joints pour l'expérience Atalante :

SNPE, SNPE-PYROMECA, DGA-ONERA, DGA-LRBA, Relais Electroniques DEUTSCH, AERAZUR, AEROSPATIALE Kourou, ARIANESPACE, ENDEVCO.

nouvelles d'Atalante...

N°4. 14 mars 1997.

Document d'informations sur la fusée
expérimentale Atalante, diffusé aux
partenaires du GAREF AEROSPATIAL

CNET, CNES, MARIE DE PARIS, SNPE, GAREF : Un plan de communication va être élaboré dans les prochaines semaines en collaboration avec les principaux partenaires de l'expérience ATALANTE. Ce plan prendra en compte les opérations de communication en Métropole, mais aussi sur la Guyane, au CSG et vis à vis des écoles et lycées. Il devra prévoir plusieurs scénarii en fonction du niveau de réussite.

CNES Centre Spatial Guyanais : Une modification de la base de la rampe va être faite pour permettre un réglage minimum en site en et azimut. Une réunion pour un bilan technique sur la rampe de lancement a eu lieu le 13 mars 97. Avant de poursuivre toute modification sur la rampe, un scénario de chargement et d'érection de la rampe et des opérations pyrotechniques associées doit être établi. Une vérification sera faite de la tenue à 35000N de la rampe en cas d'allumage intempestif sur rampe. Des essais de dépouillement des télémesures ont eu lieu début janvier, à partir d'un module "modèle électrique calculateur Atalante".

CNES Centre de Toulouse : Le 17 février 1997, un nouvel étalonnage en compression du cylindre de vol équipé des jauges de contraintes a été réalisé jusqu'à 40 000 N au département CT-AQ-SE-QM avec des membres du GAREF. Les résultats sont satisfaisants et valident ainsi la tenue des cylindres de vol, en fibre de carbone, à 40 000 N.

ONERA Châtillon DES : Un étalonnage des capteurs de température, insérés dans le cône, a été réalisé le 6 Février 1997. Une caméra thermique a été utilisée pour comparer la réponse en température des capteurs à la température réelle de la paroi, lors de la réponse à un flux thermique créé par un flash. Les résultats en cours d'exploitation avec l'appui de l'ONERA, permettront le dépouillement ultérieur des mesures du vol.

Au GAREF AEROSPATIAL : Une étude sur les zones de retombées de la fusée et de son propulseur est en cours. Les premiers résultats indiquent qu'avec un azimut de 0 ou +180° et un site de 83 à 85°, on obtient sur des vents de juillet 1993 un résultat acceptable par la sauvegarde du CSG à savoir : aucun survol des ELA, et un écrasement en cas de vol balistique, ou de parachute en torche, en dehors des ELA. Les résultats vont être confirmés par l'analyse avec les vents de juillet 1994,95,96. - La réalisation des câbles ombilicaux se poursuit. -- La rédaction des procédures de lancement nécessaires à AEROSPATIALE se poursuit. -- Le programme d'acquisition sol est en essais. -- Le système d'asservissement de l'antenne sol de secours est en intégration.-- Le moulage des modules électroniques de rechange a pris du retard.

PYROMECA : Les membres du GAREF se sont rendus le 14 février 97 à Toulon dans les locaux de Pyroméca, pour la vérification de l'assemblage, avant son expédition à Kourou, du système de récupération incluant le cordeau détonant. Une vérification du brochage du connecteur d'alimentation a été faite. Il a été constaté que le ressort de séparation était un peu trop long et frottait en largeur. Le GAREF va faire réaliser un nouveau ressort avec de nouvelles tolérances plus réduites.

AERAZUR : Une sangle a été ajoutée sur le parachute extracteur pour permettre d'attacher la housse du parachute de la charge utile.

AEROSPATIALE Kourou : La rédaction des procédures pyrotechniques de lancement se fera dès réception des procédures rédigées par le GAREF.

LANCEMENT : Planifié pour juillet 97.

LES PARTENAIRES DU GAREF AEROSPATIAL :

FRANCE TELECOM CNET, CNES Agence Française de l'Espace, MAIRIE DE PARIS.

Auxquels se sont joints pour l'expérience Atalante :

SNPE, SNPE-PYROMECA, ONERA, DGA-LRBA, Relais Electroniques DEUTSCH, AERAZUR, AEROSPATIALE Kourou, ARIANESPACE, ENDEVCO.

nouvelles d'Atalante...

N°5. 19 Juin 1997.

Document d'informations sur la fusée
expérimentale Atalante, diffusé aux
partenaires du GAREF AEROSPATIAL

CNET , CNES, MARIE DE PARIS, SNPE, GAREF : La réunion concernant les opérations de communication aura lieu dès que la date de lancement de la fusée sera connue.

CNET : Divers usinages mécaniques pour les essais en vibration ont été commandés pour le GAREF. Différents matériels nécessaires au lancement ont également été fournis.

CNES Centre Spatial Guyanais : M. J.P ROUX (OP) est venu en mission au GAREF, à Paris, les 18 et 19 Avril pour faire un bilan des opérations de la fusée Atalante, et pour mettre à jour les procédures de lancements.

Trois conférences téléphoniques ont eu lieu entre Paris et les divisions concernées du CSG :

- Le 3 Avril 1997 : concernant le système de télémessure.
- Le 8 Avril 1997 : concernant les procédures d'armement de la fusée Atalante.
- Le 20 juin 1997 : concernant le support radar du CSG.

Le dernier essai n'étant pas convaincant en ce qui concerne les moyens de manutention, une nouvelle répétition du chargement de la fusée sur rampe a été faite avec une maquette du propulseur de 90 kg et de 2,3 mètres, le 12 Juin 1997. Des modifications concernant le réglage de la rampe en site vont être faites.

Le CSG a mandaté la SNPE INGENIERIE (M. Baltenneck) pour l'étude sécurité.

ONERA Chatillon DES : Suite aux essais d'étalonnage des capteurs de température, M. Krapez a communiqué des informations permettant de réaliser un tableau d'équivalence faisant correspondre toutes les données.

AEROSPATIALE : La rédaction des procédures pyrotechniques est en cours. D'autre part, AEROSPATIALE offre une formation pyrotechnique à 3 membres du GAREF les 2 et 3 Juillet 1997 aux Mureaux.

PYROMECA : Le système de séparation a été expédié. Il rejoindra Kourou avec les éléments pyrotechniques d'Ariane 5.

SOPEMEA : Des essais complémentaires en vibration ont lieu le 23 Juin 1997. Le LRBA n'étant pas disponible.

Au GAREF AEROSPATIAL :

Le moulage des modules de vol est fini.

La case parachute est terminée.

La liaison du rack de commande de la fusée vers les ombilicaux est achevée et fonctionne.

Les préparations des essais en vibration sont en cours ainsi que la finalisation des procédures de mise en œuvre et de lancement de l'engin en Guyane.

Achèvement des câblages de la fusée. Le câblage des modules de rechange est en cours de réalisation.

Matériel au sol. Des problèmes subsistent pour l'asservissement antenne sol.

LANCEMENT : Planifié pour fin juillet 97.

MAIRIE DE PARIS, CNES, ESA : Une dizaine de jeunes du GAREF ont été invités par Jean François CLERVOY, astronaute de l'ESA et ancien participant lors de sa vie étudiante aux activités du GAREF, au lancement de la navette spatiale ATLANTIS, en Floride du 13 au 21 Mai 1997. Lors de cette mission, l'équipe du GAREF a également visité les installations du Kennedy Space Center ainsi que les plus beaux sites consacrés à l'aérospatial.

LES PARTENAIRES DU GAREF AEROSPATIAL :

FRANCE TELECOM CNET, CNES Agence Française de l'Espace, MAIRIE DE PARIS.

Auxquels se sont joints pour l'expérience Atalante :

SNPE, PYROALLIANCE (PYROMECA), ONERA, DGA-LRBA , Relais Electroniques DEUTSCH, AERAZUR, AEROSPATIALE Kourou, ARIANESPACE, ENDEVCO, SOPEMEA.

nouvelles d'Atalante...

Lancement réussi !

N°7. 26 Février 1998.

Document d'informations sur la fusée
expérimentale Atalante, diffusé aux
partenaires du GAREF AEROSPATIAL

C'est à 15h (heure locale), qu'Atalante a pris son envol le vendredi 13 février 1998 à partir du site fusées sondes du Centre Spatial Guyanais, en utilisant l'ensemble des moyens techniques du CSG (météo, sauvegarde, télémesure, radars, récupération, optique, vidéo...).

Après sondages météo et calculs prévisionnels des points de retombée, l'angle de tir avait été fixé en accord avec la sauvegarde vol à 85,5 degrés de site, pour un azimut plein Nord.

Pour le lancement et la retombée des morceaux, la route de l'Espace était coupée pour des raisons de sécurité. Le centre de contrôle Jupiter 2 était activé avec notamment les pupitres Directeur d'Opération, Adjoint Mesure, Responsable Télémesure... Ces 3 postes étaient occupés en tant qu'adjoint par les jeunes du GAREF. M. Michel MIGNOT, Directeur du CSG, suivait avec attention le déroulement des opérations comme pour tous les autres lancements. M. Pierre RIBARDIERE, DDO, avait laissé son siège à Alexandre du GAREF pour le décompte final, et l'assistait dans cette nouvelle responsabilité.

Sur le mur d'images de la salle Jupiter 2 étaient retransmises d'une part, les images du pas de tirs, du ciné-théodolite situé sur l'île Royale filmant la séparation à 18 000 mètres d'altitude, et de la descente sous parachute, et d'autre part, les images de la retombée de l'engin filmées par une caméra embarquée sur l'hélicoptère du CSG,

Les conditions météorologiques étaient excellentes. Le vol s'est correctement déroulé, et la séparation de l'engin est intervenue au bout de 56 secondes. Les radars ont pu suivre l'engin pendant toute la durée du vol d'une durée totale de 20 minutes et 9,29 secondes.

Le film de la caméra rapide 1200 images/secondes montre un décollage parfait.

La charge utile est retombée sous parachute dans une zone de savane. Elle a été récupérée peu après en parfait état par l'hélicoptère du CSG.

Le point de chute du propulseur sous parachute a été localisé. Malgré des reconnaissances en hélicoptère, celui-ci, est tombé dans une zone de forêt épaisse et n'a pas pu être récupéré pour le moment.

Tout au long du vol, la télémesure a été reçue parfaitement, et enregistrée par la station de télémesure GALLIOT située sur la montagne des Pères. L'équipe du GAREF a effectué sur place des pré-dépouillements qui indiquent : Mise à feu 15h0m0,15s, Décollage: 15h0m0,20s, Sortie de rampe 15h0m0,34s, Découpe 15m56,30s, Séparation 15h0m56,53s, Fin de vol 15h20m9,29s. Les premières courbes techniques ont été examinées.

A l'occasion de cet événement hors du commun, les relations publiques du CSG avaient invité diverses personnalités de la Communauté Industrielle Spatiale de Guyane et 150 jeunes (2 jeunes par académies (Métropole+DOM-TOM)) présents en Guyane, à l'occasion du 2^{ème} Congrès National Inter - lycéen de lutte contre la violence. Installés dans la Salle Jupiter, ils ont pu assister au lancement d'Atalante.

La matinée du tir, ils avaient pu voir l'engin sur sa rampe de lancement, pendant que RFO tournait des images diffusées le soir même. De son côté, Jean - Claude ALLANIC journaliste à France 2, préparait sur place un dossier spécial sur le lancement d'Atalante. Ce dernier a été diffusé au journal télévisé de 13 heures de France 2, le mardi 17 février 1998 (5 minutes 30). Diverses images vidéo ont pu être tournées tant par l'équipe du GAREF, que par les 2 cameramen du CSG, et l'équipe RFO.

De nombreux applaudissements ont salué le succès de la mission. Aux félicitations de Michel MIGNOT se sont jointes celles de Pierre GENY, qui représentait la Mairie de Paris. Ce dernier en a également profité pour remercier chaleureusement France Télécom CNET, le CNES, et les autres partenaires du GAREF.

Dans les prochaines semaines, les dépouillements complets des données seront effectués sur Paris.

L'équipe du GAREF AEROSPATIAL renouvelle ses remerciements au Centre Spatial Guyanais et à ses partenaires:

FRANCE TELECOM CNET, CNES Centre National d'Etudes Spatiales, MAIRIE DE PARIS.
GROUPE SNPE, PyroAlliance(PYROMECA), ONERA, DGA-LRBA , Relais Electroniques DEUTSCH, AERAZUR,
AEROSPATIALE Kourou, ARIANESPACE, ENDEVCO, SOPEMEA.