

# 40 ans **L01**

## *Témoignages*

Sous le patronage de  
**Jean-Yves Le Gall**  
Président du CNES

### Avec les contributions de :

Paul Quiles  
Bernard Esambert  
Yves Sillard  
Frédéric D'Allest  
Raymond Orye  
Roger Vignelles  
Roland Deschamps  
Henri Lacaze  
Jean-Jacques Sussel  
Jean-Pierre Livi  
Michel Mignot  
Maurice Desloire  
Michel Vedrenne  
Guy Dubau  
Yves Beguin  
Ralph Jaeger  
Dominique Leglu  
Elda Garrouste  
Mathieu Chaize  
Marie Jasinski  
Jérôme Vila  
Carole Deremaux  
Daniel Metzlé  
Daniel Wolfrohm





# Préface

**Jean-Yves LE GALL**

**Président du CNES**

La commémoration du quarantième anniversaire du lancement Ariane L01, intervenu le 24 décembre 1979, aurait dû donner lieu à une journée de célébrations afin de fêter comme il se doit l'événement qui a durablement placé la France et l'Europe aux premiers rangs de l'aventure spatiale mondiale.

Les circonstances sanitaires en ont malheureusement décidé autrement et je salue l'initiative de l'Association Amicale des Anciens du CNES d'avoir rassemblé dans ce livret, les témoignages qui auraient dû être exprimés si nous avions pu nous retrouver comme prévu.

A un moment où le monde spatial connaît de gigantesques bouleversements, leur lecture nous rappellera les fondamentaux des programmes Ariane : la détermination politique, l'excellence scientifique, technologique et industrielle, le succès commercial.

Nul doute que les responsables de l'espace français, actuels et à venir, trouveront dans ce recueil à la fois inédit et émouvant, une source d'inspiration qui confirmera que depuis 40 ans, tous les acteurs de l'Europe spatiale sont un peu les enfants d'Ariane.

## SOMMAIRE

Préface	Jean-Yves LE GALL	1
Remerciements	Alain RAGOT	4
Avant-propos	Yves REVERTER	5

## TEMOIGNAGES

### Comment la décision de programme d'un lanceur lourd s'est imposée .....7

Nécessité d'un lanceur adapté aux satellites d'application	Jean-Pierre MORIN	9
Du projet L III S au programme ARIANE	Roland DESCHAMPS	12
L'héritage de l'ELDO, recherche des partenaires européens	Raymond ORYE	17
Le Comité de surveillance ARIANE	Yves SILLARD	24
1974 : Le moratoire sur le programme Ariane	Jean-Jacques SUSSEL	26
Rôle du Président Georges Pompidou - La politique industrielle du Gouvernement	Bernard ESAMBERT	28

### Un développement européen maîtrisé .....35

Les règles du management ARIANE - Mise en œuvre	Henri LACAZE	36
L'acquisition progressive de technologies critiques - Cas de la cryotechnie	Jean-Pierre LIVI	42
Gestion des adaptations de l'ensemble de lancement ELDO	Michel MIGNOT	47
L01 - ARIANE la pionnière, l'aspect contractuel	Elda GARROUSTE	59

### Avec L01, ARIANE démontre ses capacités industrielles et opérationnelles .....63

Engager la campagne L01, une prise de décision difficile	Roger VIGNELLES	64
L01 démontre la capacité opérationnelle du système Ariane	Guy DUBAU	69
Une approche nouvelle de la sécurité et de la sauvegarde	Yves BEGUIN	73

### Avant L01, se concrétisent des anticipations audacieuses .....78

L01 crédibilise l'offre commerciale	Michel VEDRENNE	80
Le système de lancement double ARIANE	Maurice DESLOIRE	83
Contrat INTELSAT et série de promotion	Raymond ORYE	85
Une démarche qui fera d'Arianespace un Leader mondial	Ralph JAEGER	91
La création d'ARIANESPACE	Frédéric d'ALLEST	96
Soutiens gouvernementaux aux développements de la filière ARIANE	Paul QUILES	100

### ARIANE et l'opinion publique .....105

Ariane devient une grande cause	Daniel METZLÉ	106
Une fusée très intégrée, trop banalisée ?	Dominique LEGLU	109
Témoignage du lancement Ariane L01	Daniel WOLFROMM	112



## L'AVENIR DE LA FILIERE ARIANE

### Un futur prometteur sur les traces de L01

ARIANE 6

ELA 4 (Ensemble de Lancement Ariane 6)

CALLISTO

Ariane-works

Christophe BONNAL.....114

M. CHAIZE, P. BONGUET .....116

Marie JASINSKI.....121

Carole DEREMAUX .....128

Jérôme VILA .....136

### CONCLUSION

Maurice DESLOIRE .....141

### ANNEXES

Fiche signalétique ARIANE 1 .....143

Communiqué de presse L III S – 25 janvier 1973 .....144

Tout avait si mal commencé Guy DUBAU .....146

L'inauguration de la première ligne de transport spatial Charles BIGOT .....147

Cursus professionnels des auteur(e)s .....149

Quelques photos souvenirs de ce mois de décembre 1979 .....155



## Remerciements

Chers Ami(e)s,

Au nom de notre amicale d'anciens du CNES, nous avons le plaisir de vous présenter les actes commémorant les 40 ans du premier lancement d'ARIANE. Initialement ce devait être une célébration planifiée d'abord le 17 décembre 2019, puis le 28 février 2020, avec la participation des sites de Paris Les Halles, de Daumesnil, de Toulouse et du CSG. Elle ne peut finalement avoir lieu à cause de l'épidémie Covid.

En premier lieu, je voudrais assurer de toute notre gratitude le Président du CNES, pour avoir accepté d'accorder son parrainage à cet ouvrage. Nous remercions aussi et tout particulièrement Paul Quilès (ancien Ministre) et Bernard Esambert (ancien directeur de cabinet de M. Pompidou) de nous faire l'honneur d'avoir contribué par leurs témoignages sur le programme Ariane.

Nos remerciements s'adressent également :

- aux associations Amispace, AASEP avec lesquelles nous avons des accords de coopération et des anciens de l'ESA pour leur implication dans le relais de l'évènement auprès de leurs adhérents et sympathisants.
- à l'établissement du Siège du CNES qui s'est mobilisé pour nous accueillir, au service de la communication du CNES pour son support dans la préparation de cette commémoration.
- à la Direction des Lanceurs.

Notre association se veut aussi un réservoir de témoins à qui elle offre l'opportunité de se retrouver mais aussi de s'exprimer, tant au crédit de l'histoire qu'à celui du retour d'expérience auprès de nos successeurs.

Je voudrais également rappeler l'organisation des conférences que nous proposons régulièrement en concertation avec le service de communication interne, qui hormis l'attrait suscité par ces conférences pour tous, permet des échanges grâce à l'ouverture de ces évènements aux salariés du CNES.

Dans ce registre de l'évènementiel, nous avons également organisé ou contribué avec succès à plusieurs manifestations mémorielles comme : le cinquantenaire de la création du CNES, les 50 ans du CSG et la journée pré ARIANE, « Témoignage des pionniers » en décembre 2018.

Enfin, je remercie avec une attention toute particulière Yves Reverter pour son investissement dans la préparation de cet évènement ainsi que toute l'équipe projet 3ACNES et nos interlocuteurs CNES qui ont contribué à la préparation et à la réalisation de ce recueil des témoignages des 40 ans L01.

Bien évidemment, je remercie très chaleureusement tous les témoins majeurs du développement du lanceur ARIANE pour la préparation et la réalisation des présentations et des textes thématiques publiés dans ce livret.

Je voudrais pour terminer, dire à celles et ceux qui ont participé à ce développement du lanceur ARIANE, que ce recueil des témoignages permettra d'en conserver la mémoire.

Merci à vous de nous faire partager, au travers de vos textes, ce vécu et votre expérience du programme ARIANE.

Alain RAGOT - Président 3ACNES-PeK.

## Avant-propos

**Yves REVERTER**

3ACNES

Coordinateur de la célébration du 40<sup>ème</sup> anniversaire  
du lancement ARIANE L01



Ce 24 Décembre 1979, la réussite du premier lancement Ariane 1 allait asseoir la place de la France et de l'Europe dans ce qu'il est convenu d'appeler la « conquête spatiale ».

Imaginons ce que seraient aujourd'hui les échanges internationaux, en particulier en matière de télécommunications, sans cette indépendance qu'Ariane a apporté à la nation et à l'Europe, si on considère le volet commercial du programme et le déploiement d'applications stratégiques qui fut permis de mettre en œuvre.

Alors que les déconvenues du programme Europa de l'ELDO pouvaient anéantir l'espérance d'une Europe spatiale, il fallut l'opiniâtreté, la clairvoyance mais aussi et surtout l'audace des acteurs de la première heure pour proposer l'avant-projet d'un lanceur lourd qui rivaliserait avec ceux, de la même classe, mis en œuvre par les Etats-Unis ou la feu Union soviétique.

Forts de l'aboutissement du programme Diamant BP4 et de la mise en œuvre du Centre Spatial Guyanais qui démontraient leurs capacités tant managériales, technologiques qu'opérationnelles, ils surent proposer une organisation de projet Européenne basée sur une maîtrise d'œuvre, confiée au CNES, consolidée par les compétences d'un Architecte Industriel.

Après de longues négociations, la décision du programme fut acquise ce 31 Juillet 1973 à Bruxelles conjointement à celles de la création de l'ESA, des programmes Spacelab et Marots. Commençaient alors une phase de développement qui ne fut pas vraiment un long fleuve tranquille :

- Elle s'engageait dans un climat social tendu pour le CNES contraint de faire des choix difficiles avec en particulier l'arrêt du programme Diamant et la mise en sommeil des installations du Centre Spatial Guyanais ;
- Il fallut convaincre des industriels de cultures différentes, répartis dans toute l'Europe, d'adhérer à des règles de management communes qui contribuèrent à l'émergence de la « culture Ariane » ;
- Alors que les programmes Américains et soviétiques occupaient le devant de la scène médiatique, il fallut toujours faire preuve d'abnégation, de ténacité et de confiance en soi pour avancer face à certains responsables politiques et une opinion publique plutôt sceptique si ce n'est ironique.

On en mesure d'autant plus l'impact décisif du succès de ce premier vol qui amorçait la phase de qualification du système de lancement Ariane dont les avant-projets des versions futures, et ce jusqu'à Ariane5, étaient déjà initiées.

Avec la confiance qu'accordait l'organisation INTELSAT avant même l'achèvement de ce premier lancement, l'anticipation d'une filière Ariane devenait alors crédible. Le lancement double en serait le cheval de bataille et Arianespace la société qui en commercialiserait les services de lancement pour répondre au marché émergent des satellites d'applications.

Bien évidemment, l'aventure Ariane n'aurait pu être décidée ni perdurer sans volonté politique au niveau gouvernemental comme en témoignent Mrs Bernard Esambert (ex conseiller du président G Pompidou) et Paul Quilès (ex ministre du président F Mitterrand).

Ce recueil de témoignages d'acteurs directs de cette période exaltante, conçu et réalisé par notre association d'anciens du CNES en partenariat avec les directions de la communication et celle des lanceurs du CNES, s'inscrit dans le cadre de la célébration des 40ans de ce premier lancement d'Ariane.

Afin de couvrir au mieux les aspects évoqués ci avant, ces témoignages ont été ordonnés suivant 5 thèmes mémoriels traitant successivement de :

- Comment la décision de programme d'un lanceur lourd s'est imposée en 1973,
- Qu'elles furent les clés de la maîtrise du développement Européen d'Ariane,
- Avec L01, Ariane démontrait tant ses capacités opérationnelles que celles du Centre Spatial Guyanais qui, dès lors, devenait le « port spatial de l'Europe ».
- la concrétisation d'anticipations alors visionnaires et audacieuse firent du service de lancement d'Ariane un produit commercial.
- Ariane et opinion publique

Au-delà de cet objectif mémoriel, il s'agit également d'enrichir le retour d'expérience au bénéfice de nos successeurs qui se trouvent aujourd'hui confrontés à une concurrence hégémonique dont la comparaison avec celle qui prévalut à l'engagement du programme Ariane 1 est permise. Pour ce faire, un dernier volet d'actualité, voulu par la Direction des Lanceurs du CNES, réalisé en collaboration avec « Ariane-Group » et « Ariane-works, montre comment, sur les traces de L01 et de l'esprit pionniers qui y a prévalu, se prépare, pour la filière Ariane, un futur que nous espérons prometteur.

En tant qu'acteur de la phase de qualification du programme Ariane1 et de la campagne de lancement L01 que j'ai vécue avec la passion d'un jeune ingénieur, j'ai été très honoré de la mission de coordinateur de cette célébration qui m'a été confiée. A ce titre, je remercie chaleureusement tous les contributeurs qui ont accepté d'enrichir, par leurs témoignages, la mémoire historique du programme Ariane. Ils ont tous accepté de se limiter au sujet précis qui leur était suggéré et, j'en suis bien conscient, souvent limitatif du rôle et de l'expérience qui fut la leur. Certains en ont sûrement ressenti quelques frustrations mais je sais qu'ils ont tous compris que c'était la condition nécessaire à la publication d'un maximum de témoignages tout en assurant leur complémentarité au crédit de la cohérence de l'ensemble.

J'espère que ce recueil contribuera à vous plonger ou faire revivre la genèse du programme Ariane et plus particulièrement l'aventure du lancement Ariane L01. Il se veut, certes enrichir la mémoire historique du programme mais aussi et surtout, rendre hommage à tous les pionniers qui ont, chacun à leur niveau et dans leur domaine, contribué avec excellence à sa réussite.



## Thème I : Comment la décision de programme d'un lanceur lourd s'est imposée

Le thème couvre la période allant du début des études du lanceur E 3S (EUROPA 3 de substitution) en février 1972 au CNES jusqu'à la décision ferme et définitive du développement du lanceur ARIANE en 1974.

En ce début 1972, la division lanceur du CNES préparait le 5<sup>ème</sup> et dernier lancement de DIAMANT B et commençait le développement du lanceur DIAMANT B-P4. J'en profite pour rappeler que le 1<sup>er</sup> lancement de DIAMANT B eut lieu à Kourou le 10 mars 1970 soit 50 ans révolus, ce fut la 1<sup>ère</sup> mise en orbite depuis le CSG).

J'ai eu la chance d'être plus disponible que d'autres pour faire partie de l'équipe constituée par Albert Vienne et dirigée par Roland Deschamps avec Etienne Gire, Claude Quièvre, Philippe Couillard, Jean-Pierre Dulout et d'autres.... pour concevoir l'avant-projet E 3S nommé ensuite L3S (lanceur de 3<sup>ème</sup> génération de substitution) puis ARIANE ; j'avais particulièrement en charge l'architecture structurale de la partie haute : le H6 qui deviendra H8, la case à équipement et la coiffe.

Vous trouverez ci-après un bref historique de la période 1971-1975.

Maurice Desloire  
Animateur du thème

## Bref historique période 1971-1975

5 novembre 1971	Echec du lancement EUROPA 2/ F11 depuis le CSG
5 décembre 1971	Echec du lancement DIAMANT B n°4
Février 1972	Le directeur du CNES (Michel Bignier) demande à la division lanceurs d'étudier un lanceur de substitution à EUROPA 3
20 décembre 1972	5 <sup>ème</sup> Conférence Spatiale Européenne à Bruxelles sous la Présidence de Théo Lefèvre : <ul style="list-style-type: none"><li>- Création d'une nouvelle organisation fusionnant ELDO et ESRO avant le 1<sup>er</sup> janvier 1974</li><li>- Recherche d'une intégration des programmes nationaux dans un programme spatial européen, les divers programmes de satellites seront rationalisés</li><li>- Accord de principe pour entreprendre la réalisation du laboratoire de sortie Post-Apollo (Spacelab) et d'un lanceur entraînant l'abandon du programme EUROPA 3 (L3S)</li></ul>
Début avril 1973	Création de la Direction des Lanceurs du CNES avec l'arrivée d'Yves Sillard, Frédéric d'Allest, Roger Vignelles venant de l'ELDO
27 avril 1973	Le conseil de l'ELDO arrête les programmes EUROPA 2 et 3L
21 mai 1973	Echec du lancement DIAMANT B n° 5
31 juillet 1973	6 <sup>ème</sup> Conférence Spatiale Européenne à Bruxelles sous la Présidence de Charles Hanin : <ul style="list-style-type: none"><li>- Approbation du « package deal » = Spacelab, L3S et Marots avec participation financière croisée (France 60 → 62,5% pour le L3S)</li><li>- Création de l'ESA pour le 1<sup>er</sup> avril 1974</li></ul>
Janvier 1974	Maurice Lévy (venant du SEPOR) nommé Président du CNES
19 mai 1974	V. Giscard d'Estaing élu Président de la République demande un réexamen des grands programmes dont ARIANE
16 octobre 1974	Le Conseil des Ministres, sous l'autorité de Jacques Chirac, décide la poursuite du programme ARIANE, moyennant la participation d'autres ministères français au financement, et donc la création d'un Comité de Surveillance ARIANE incluant ces autres ministères et présidé par le Directeur Ministériel à l'Armement ainsi que l'abandon des programmes « fusées sondes », DIAMANT, « mise en veille du CSG... »
19 décembre 1974	Lancement du satellite Symphonie par un lanceur Thor Delta depuis Cap Canaveral
6 février, 17 mai et 27 septembre 1975	Lancements réussis des lanceurs DIAMANT B-P4 n° 1, 2 et 3
30 mai 1975	Signature de la Convention créant l'Agence Spatiale Européenne, Président Roy Gibson

## Thème I : Comment la décision de programme d'un lanceur lourd s'est imposée

### Nécessité d'un lanceur adapté aux satellites d'application

#### Jean-Pierre MORIN

Jean-Pierre Morin était le représentant de la Direction des Programmes du CNES dans le groupe de coordination inter-directions sur l'avant-projet E 3S. Il relate des directives qu'il avait reçues d'André Lebeau, Directeur des programmes du CNES



1<sup>er</sup> février 1972.

Je suis convoqué par André Lebeau, Directeur des programmes, qui veut me parler en tête-à-tête des programmes de l'ELDO.

Au sein de la Direction des Programmes, je suis chargé de suivre les programmes de fusées-sondes, de lanceurs légers, de lanceurs lourds, ainsi que l'évolution des besoins en performances de lancement tant pour les programmes scientifiques que les programmes d'application.

S'agissant des satellites d'application, les satellites franco-allemands de Télévision, Symphonie 1&2, étaient prêts pour leur lancement, programmé sur les vols F13 et F14 d'EUROPA 2. Ces satellites pesaient 200 kilos (400 avec leur moteur d'apogée). Les besoins exprimés pour les autres satellites d'application en projet, Meteosat, Télécom, Observation de la Terre, Collecte et Transmission de Données débouchaient maintenant sur des poids de l'ordre de 500 kilos (1 tonne avec moteur d'apogée) hors de portée d'EUROPA 2 et donc uniquement compatibles avec EUROPA 3, dont le premier essai en vol était prévu en 1978.

J'avais assisté en spectateur navré à la série d'échecs d'EUROPA 2, de F6 à F9, tous imputables à des problèmes d'interface et à l'absence évidente d'un architecte industriel.

Le lancement depuis Woomera de F9, le 12 Juin 1970 avait tutoyé le succès. Un record du monde de tir suborbital (20 000 km). Deux incidents jugés mineurs (défaut de poussée en fin de propulsion du moteur du troisième étage allemand et déconnexion sous l'effet des vibrations d'une prise transmettant l'ordre de largage de la coiffe) avaient conduit l'ELDO à supprimer F10 pour des raisons budgétaires et à reporter tous ses espoirs sur F11, qui sera lancé depuis Kourou depuis le nouvel Ensemble de Lancement EUROPA, le 5 novembre 1971.

L'échec cuisant de F11 fut ressenti comme un brutal retour à la case départ : le Blue Streak, qui n'avait jamais défailli, avait braqué ses tuyères à 35° provoquant la destruction de sa structure, puis son explosion à 120 secondes de vol, ainsi que celle de Coralie à 150 secondes. Les premiers résultats de l'enquête montraient que la centrale inertielle de guidage avait dysfonctionné sous l'effet d'une accumulation d'électricité statique. Encore un problème d'interface qu'un architecte industriel aurait pu prévoir, s'il avait existé !

Les coûts du programme s'étaient envolés passant de 196 M\$ en 1964 à 626 M\$ en 1967. L'abandon par le Royaume-Uni, puis l'Italie, puis les Pays-Bas avaient presque doublé les charges

pour les trois partenaires restants : l'Allemagne, la France et la Belgique.

Et Lebeau, qui allait me recevoir, avait dû soustraire du programme budgétaire du CNES des sommes de plus en plus insupportables, jusqu'à six fois celles prévues dans sa planification budgétaire initiale !

Il m'accueille dans son bureau et me pose d'emblée une question qui me surprend : « Morin, que pense-t-on de moi dans le monde des Lanceurs ? »

Un peu gêné, je lui dis : « On pense que vous êtes contre les programmes EUROPA qui coûtent au CNES des sommes de plus en plus considérables et que vous préféreriez consacrer celles-ci au développement des satellites d'application ! »

« Je craignais d'avoir donné cette image, dit Lebeau, je ne suis pas contre un programme de lanceur lourd, bien au contraire !

Il nous en faut UN pour mettre sur orbite tous les satellites d'application qui vont être développés en France et en Europe dans les prochaines années. Je ne crois pas que les Américains nous vendront des lanceurs pour mettre en orbite des satellites qui vont concurrencer les leurs. Les Anglais le croient, de plus en plus d'Allemands le croient ! »

« Mais voilà : les deux programmes européens EUROPA 2 & 3 sont à mes yeux des impasses dont il va falloir se dégager :

- EUROPA 2 est une Tour de Babel qui souffre d'une tare congénitale : l'absence d'architecte industriel. Quand bien même après cinq échecs, il trouverait la voie du succès, il ne pourra lancer que les deux « Symphonie ». Il n'y aura pas d'après : les masses des satellites d'applications qui suivront seront largement hors de sa portée, ce sera la fin !
- Quant au programme EUROPA 3, au mieux prévu pour déboucher en 1978, il me paraît empreint d'une ambition technologique démesurée : si le premier étage L150 me paraît accessible car extrapolé du L17 de DIAMANT, l'étage H20 part de presque zéro et a visiblement pour modèle l'étage Centaure de l'Atlas américain. Les ingénieurs de l'ELDO ont-ils conscience des difficultés techniques que les Américains ont rencontré pour mettre au point cet étage?, que le coût initial du programme a plus que triplé et les délais doublés et que la NASA, excédée, a été à deux doigts d'arrêter le programme. Je ne suis pas d'accord pour engager la France dans une telle aventure !
- Notre besoin est de lancer une tonne en orbite de transfert géostationnaire avec neuf chances sur dix de succès grâce à un lanceur, tant pis s'il est rustique. Il n'est pas aisé de rattraper le retard technologique pris sur les Américains. A courir deux lièvres à la fois, on s'expose à n'en capturer aucun : voilà la situation dans laquelle l'ELDO s'est fourvoyée ! » nous entraînant dans deux voies sans issue.

Lebeau, sortant de son analyse, change de ton :

« Morin, je vous ai fait venir car le Comité de Direction d'hier a décidé de passer à l'offensive et de créer un groupe de travail qui devra définir un lanceur de substitution à l'actuel EUROPA 3. Il siégera dès demain.

Ce que je vous demande c'est de veiller à ce que le groupe ne s'égare pas dans une aventure technologique trop ambitieuse : si cela vous paraît être le cas, venez m'en parler sans délai !

Le groupe EIIIS (EUROPA 3 de substitution) a trois mois pour sortir son projet : c'est peu mais c'est beaucoup vu l'urgence de la conjoncture ! »

Je me souviens le soir-même avoir recherché une Bible et trouvé dans la Genèse, le passage relatif à la Tour de Babel : Dieu s'était ému du fait que les hommes, qui parlaient alors la même langue,



voulaient édifier une tour dont les étages monteraient jusqu'à lui. Pour contrer cette prétention, il avait créé pour ces hommes des langues différentes. Ne se comprenant plus, les travaux s'arrêtèrent et l'ouvrage resta inachevé ! Belle métaphore pour illustrer la situation d'EUROPA 2.

En conclusion je voudrais retourner au 31 Janvier 1972, ce jour où André Lebeau a convaincu la Direction du CNES que les deux programmes de l'ELDO étaient deux impasses et qu'une troisième voie était possible et urgente si l'Europe spatiale voulait avoir la capacité de lancer ses futurs satellites d'application.

André Lebeau nous a quittés il y a six ans. Je conserve de lui la vision d'un homme extrêmement lucide et courageux qui n'a pas hésité à entraîner le CNES dans la voie de la rébellion pour remettre le programme de Lanceur Lourd européen sur de bons rails, ceux qui conduiront au succès de L01 le 24 décembre 1979.

## Thème I : Comment la décision de programme d'un lanceur lourd s'est imposée

### *Du projet LIIS au programme ARIANE*



*Roland DESCHAMPS*

Roland Deschamps vous relate les travaux d'avant-projet à la Division Lanceurs du CNES dont il avait la charge, travaux qui ont permis la décision positive du programme L3S lors de la Conférence Spatiale Européenne du 31 juillet 1973 à Bruxelles

### L'AVENTURE L3S

1. L'aventure L3S vécue depuis la Division LANCEURS du CNES en 1972 et 1973 fût effectivement une AVENTURE car les observateurs de l'époque pensaient qu'on allait travailler pour rien ou au mieux pour le « roi de Prusse ».

Mais pour bien comprendre la situation, il faut revenir sur les compétences en matière de « fusée » au niveau des organismes de Direction et donneurs d'ordre.

Le vrai démarrage de l'industrie des fusées, utilisées pour les programmes militaires comme pour les programmes civils, a eu lieu par le général DE GAULLE avec la création de la force de frappe et la création de la SEREB par Michel DEBRE en 1960. J'y ai passé 6 années et j'ai beaucoup appris, mais dans un contexte de l'argent facile, ce qui ne sera plus le cas lorsque le CNES prendra le contrôle des programmes civils. A la suite des études de base dans tous les domaines technologiques, la SEREB a pu lancer le premier lanceur de satellites DIAMANT A en 1965 mettant la France au rang de la 3<sup>ème</sup> puissance spatiale.

Le CNES a été créé en 1962 et le général AUBINIERE a été son Directeur Général, mais il n'a créé la Division LANCEURS confiée à Charles BIGOT qu'en 1966, et je l'ai rejoint en juillet.

Le premier lancement de DIAMANT B sous la direction de Charles BIGOT par la division Lanceurs de 30 à 35 personnes en 1970 a été un grand succès pour le CNES.

De plus au cours d'un court passage d'Yves SILLARD à la Division LANCEURS, en 1971 le gouvernement a décidé de poursuivre l'aventure avec la réalisation pour 1975 de trois nouveaux lanceurs DIAMANT BP4 menés sous la responsabilité de Jean-Gérard ROUSSEL.

2. La 1<sup>ère</sup> Phase s'étend de février à juillet 1972.

En février, Michel BIGNIER, le Directeur Général, demande à Albert VIENNE (un autre ancien de la SEREB, c'est lui qui a dirigé les 4 lancements DIAMANT A depuis Hammaguir) nouveau chef de la Division LANCEURS, de lui proposer un responsable pour un groupe de travail ayant pour objectif l'étude d'un lanceur de « substitution » au programme EUROPA 3 en cours d'étude à l'ELDO, pour le cas où ??

INTUITION ou INSTRUCTIONS ???

Le groupe de travail que j'ai animé comprenait :

- Etienne GIRE de la division LANCEURS, le vrai technicien du groupe
- Jean Pierre MORIN de la division des Programmes d'André LEBEAU
- J.C BOUILLLOT un ancien des LANCEURS à la division des Affaires Internationales

Rapidement, on a abandonné l'idée d'utiliser la propulsion du BLUE STREAK car on voyait mal les Anglais revenir dans un programme européen.

Et dès le départ, en étudiant l'évolution du projet EUROPA 3, on a vite compris que le risque résidait dans le deuxième étage cryogénique qui conduisait à faire un bond en avant trop risqué à la propulsion cryogénique et on a pris la décision de se limiter à un étage cryogénique raisonnable qui utilise la turbopompe prototype développée par la SEP sous le contrôle de la SEREB puis du CNES. Et, en complément, il fallait donc rajouter un deuxième étage conventionnel qui utilise le même moteur que le premier étage.

Toute la division LANCEURS, sous la direction d'Albert VIENNE a donc poursuivi la mise au point de l'architecture de ce nouveau lanceur tri-étage.

Pour ce lanceur tri-étage, le problème a été de définir l'étalement et d'optimiser le 2<sup>ème</sup> et le 3<sup>ème</sup> étage en partant du L150 d'EUROPA 3 et de choisir leur masse et leur diamètre maximum pour limiter les risques techniques.

Une petite anecdote, pour faire une économie et surtout pour faire plaisir aux divers contribuables européens, nous avons envisagé de transformer l'ensemble de lancement EUROPA 2 à KOUROU plutôt que d'en faire un nouveau, grâce au talent de Michel MIGNOT.

En juillet, les études de l'avant-projet étaient pratiquement terminées. Mais des études d'ingénieurs qui ne débouchent sur rien, on en a connu bien d'autres. A la SEREB, on les appelait des NANARDS et il y en a eu beaucoup.

Une locomotive politique s'est alors levée : Michel DEBRE, en juillet 1972, a fait une grande déclaration dans la presse en disant que la France, sinon l'EUROPE, devait se doter d'une capacité indépendante pour lancer ses propres satellites de télécommunication, qu'elle en avait les moyens et qu'elle ne devait pas se laisser imposer des satellites « coca cola ».

3. La 2<sup>ème</sup> phase. Et comme il était Ministre d'Etat de la Défense, il a désigné un expert de la DMA/DTEN Jean CORBEAU pour se mettre en relation avec le CNES pour lui faire un rapport sur la faisabilité de ce nouveau lanceur dont il avait entendu parler. Or, il s'est trouvé que j'avais rencontré J. CORBEAU lors de mon passage à la SEREB. Voyant que le projet se concrétisait, on a obtenu un petit budget pour passer 4 contrats d'études à l'industrie (les futurs maîtres-d'œuvre) pour conforter la configuration retenue par la division LANCEURS :

- A l'AEROSPATIALE pour les étages et les études avec Marcel MORER (mon ancien patron de la SEREB)
- A l'AIR LIQUIDE pour l'étage cryogénique avec Daniel MUGNIER
- A la SEP pour la propulsion avec François BACHELOT
- A la MATRA pour l'Electronique avec Georges ESTIBAL

J'ai ensuite organisé une réunion avec chacun des industriels, en présence de J. CORBEAU, pour obtenir un support industriel pour notre projet. Ce fut un peu plus difficile avec l'AEROSPATIALE,

qui de son côté, voyant les difficultés de l'ELDO, menait un contre-projet d'un lanceur bi-étage. Le problème critique était donc les études de trajectoires-performances pour lesquelles Jean-Pierre DULOUT était seul sans pouvoir dialoguer avec l'industrie. Je lui suis donc très reconnaissant de nous avoir conduits au succès.

Et donc, en fin d'année, nous avons établi un document comprenant :

- L'architecture du lanceur
- Un plan de développement sur 7 ans au lieu de 10 ans pour EUROPA 3
- Un budget prévisionnel à 50% des prévisions pour EUROPA 3 (essentiellement basé sur des extrapolations de notre expérience DIAMANT B)

Pendant cette 2<sup>ème</sup> phase, il a aussi fallu se justifier auprès des experts de la DTEN venus demander au Directeur Général comment le CNES comptait s'y prendre pour diriger un aussi important programme et lui demander de copier leur organisation visant à confier la maîtrise d'œuvre à l'Aérospatiale (remplaçante de la SEREB). Il a donc fallu leur expliquer que la division LANCEURS avait l'expérience du programme DIAMANT B et que les coûts et les délais affichés ne seraient plus les mêmes si on demandait à l'Aérospatiale de prendre des responsabilités financières et de diriger le programme. Par contre, l'Aérospatiale aura toute autorité sur les spécifications techniques avec le rôle d'Architecte Industriel, fonction inventée à cette intention. Je pense qu'ils ont eu l'honnêteté de dire à J.CORBEAU que notre proposition était crédible et je pense que ce dernier a fait un rapport positif à ses autorités.

L'ensemble de ces documents ont été remis à Jean CHARBONNEL, Ministre de la Recherche et, début décembre, à la suite d'un conseil des ministres favorable, la proposition française était assortie des caractéristiques suivantes :

- La France finance 60 % du programme
- La France finance la totalité des dépassements au-delà des 20 % de marge
- En contrepartie, le programme sera dirigé par le CNES sous le contrôle de l'ELDO

Ceci supposait bien sûr que les trois lancements DIAMANT BP4 se passent bien sous la responsabilité de la Direction des LANCEURS et ne viennent pas gâcher la réputation du CNES en 1975.

En fait le programme DIAMANT BP4 a été un succès complet et on a tenu dans les 120 % du budget proposé en 1972.

### L'AVANT-PROJET L3S / ARIANE

*La Conférence Spatiale Européenne de fin décembre 1972 ayant accepté le principe du programme L3S a cependant demandé à l'ELDO de donner son avis sur cette proposition française.*

*Une réunion convoquée à NEUILLY début janvier 1973 a donc permis une présentation de l'équipe de la Division Lanceurs dirigée par Albert VIENNE devant les cadres de l'ELDO, sous l'autorité du général AUBINIERE.*

*Après avoir considéré le projet comme crédible, une grande partie de l'équipe EUROPA 3 a été embauchée par le CNES, et ce fut sûrement une bonne décision de la Direction du CNES car l'ampleur du programme nécessitait qu'on utilise au mieux toutes les compétences disponibles.*

*Yves SILLARD, Directeur du programme EUROPA 3, a été nommé Directeur des LANCEURS.*



*Tout le monde s'est donc mis au travail pour conforter le projet L3S afin de rédiger un document un peu plus détaillé pour préparer la Conférence Spatiale Européenne de juillet 1973 qui devait donner un accord formel de tous les partenaires européens. Au cours du premier semestre, on a donc précisé les grandes lignes du projet et les principales modifications au projet L3S<sup>1</sup> ont été les suivantes :*

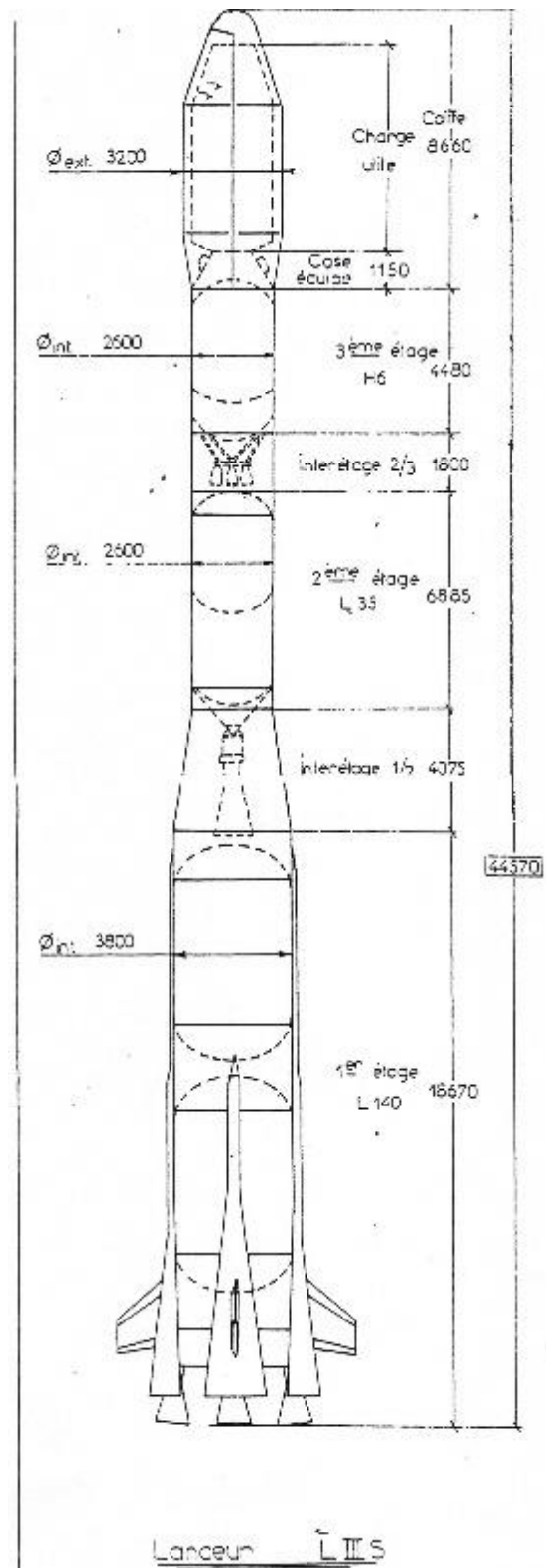
- 1- Majoration du coût à achèvement de 5 %
- 2- Au niveau du programme de développement, avec Albert VIENNE, nous avons prévu à l'image de la politique de la SEREB de faire rapidement un essai du bi-étage supérieur pour donner la priorité à la mise au point de l'étage cryogénique. En fait le programme ARIANE a été directement à la qualification du tri-étage avec 4 lancements de qualification.
- 3- Un réaménagement des 2<sup>ème</sup> et 3<sup>ème</sup> étages en masse et diamètre entraînant la suppression du carénage pas très beau !
- 4- Remplacement du moteur cryogénique HM4 avec 4 tuyères par son successeur HM7, nouvelle chambre de combustion et divergent mais même turbopompe.

Au cours de la réunion de Bruxelles, sous la présidence du ministre Belge Charles HANIN, le résultat de la négociation fut un accord où chacun a échangé son engagement pour un programme des autres contre un engagement pour le sien. La France a donc obtenu :

- l'accord de l'Allemagne à condition de participer à son programme du SPACELAB (vols humains associés à la navette américaine)
- et l'accord du Royaume Uni à condition de participer à son programme de satellite maritime MARECS.

De façon très schématique, la France a financé la totalité du développement ARIANE, l'Allemagne celui du SPACELAB et le Royaume-Uni celui de MARECS. Ceci a donc débouché sur 3 programmes européens plutôt que sur 3 programmes nationaux et c'est très bien ainsi.

Cet accord européen a été fort utile lorsque Valéry Giscard d'Estaing a été élu Président en 1974 du fait qu'il avait mis ARIANE, en accord avec ses conseillers financiers, dans la liste des



<sup>1</sup> Ci-dessus schéma du lanceur L3S présent dans le communiqué de presse joint en annexe p144

programmes « Gaulliens » dispendieux à supprimer avec le paquebot France, l'Aérotrain, ... et il a dû constater que la France s'était engagée politiquement auprès de ses partenaires européens.

En guise de conclusion, je voudrais remercier mes collègues de la Division Lanceurs qui, autour de mon ami Albert VIENNE, ont su prendre des solutions raisonnables. En fait, comme la Division travaillait sur la fin du DIAMANT B et le début du DIAMANT BP4, ils n'étaient que 10 à 12 à travailler sur le L3S, parmi eux Claude QUIEVRE, Maurice DESLOIRE, Jean Pierre DULOUT, Etienne GIRE, Roland CHARRE, Guy RIOU ...

Enfin je voudrais aussi donner un grand coup de chapeau aux 3 patrons exceptionnels que j'ai eu la chance d'avoir pendant les 28 ans que j'ai passé au CNES et à ARIANESPACE et qui m'ont permis de vivre une « aventure passionnante » que je souhaite à nos successeurs, en commençant par le dernier :

- si Frédéric d'ALLEST n'avait pas eu la pugnacité et le talent pour vendre ARIANE à des opérateurs américains, ouvrant ainsi le marché international (à l'image du contrat EASTERN AIRLINE pour AIRBUS), je pense que nous ne serions pas là pour en parler 40 ans après.
- puis Yves SILLARD qui a mené à bien le programme de développement ARIANE et en plus en restant dans le budget initial. Vous connaissez beaucoup de programmes de cette ampleur qui restent dans leur prévision et qui ont su intégrer harmonieusement les équipes EUROPA 3 de l'ELDO avec l'ancienne Division LANCEURS du CNES ?
- sans oublier mon ami Charles BIGOT qui a créé de toute pièce l'équipe qui a fait cette étude et qui, grâce à la réussite du programme DIAMANT B, a mis le CNES dans la cour des grands dans le domaine des LANCEURS civils et qui a créé tous les outils qui ont été utilisés pour faire cet avant-projet.

## Thème I : Comment la décision de programme d'un lanceur lourd s'est imposée

### L'héritage de l'ELDO, recherche des partenaires européens

#### Raymond ORYE

Raymond Orye responsable à l'ELDO du contrôle projet EUROPA 1, 2 et 3 puis en charge de la mise en route du programme ARIANE au niveau européen à l'ESRO et directeur du programme ARIANE depuis la création de l'ESA présente le déroulement des programmes ELDO et l'apport de ces programmes dans la définition et l'organisation du programme ARIANE.



Ecrit avec le concours de Walter Naumann, Carlo Dana et Georges Armand  
(Agence Spatiale Européenne)

#### L'origine de l'ELDO

Le développement du lanceur Blue Streak par le Royaume Uni, confié à la firme anglaise De Havilland, a commencé en 1955 pour disposer, en accord avec les Etats Unis, d'un IRBM (Intermediate Range Ballistic Missile). Le missile était essentiellement dérivé du missile américain Atlas et De Havilland construisait les réservoirs sous licence de Convair et Rolls Royce les moteurs sous licence de Rocketdyne.

Le développement par le Royal Aircraft Establishment du lanceur Black Knight destiné entre autres à étudier la rentrée dans l'atmosphère de têtes nucléaires se déroulait plus ou moins en parallèle avec celui du Blue Streak (22 lancements du Black Knight à Woomera entre 1958 et 1965).

Ceci étant, les Britanniques s'étaient finalement rendu compte qu'un IRBM à propulsion liquide ne permettait pas une réaction suffisamment rapide en cas d'une attaque nucléaire.

Mais le niveau élevé des dépenses déjà engagées pour le Blue Streak (plus de 100 M£), combiné avec l'engagement vis-à-vis de l'Australie pour l'utilisation de la base de lancement de Woomera, a conduit le Royaume-Uni en 1960 à entamer une négociation avec la France (qui s'était engagée dans le développement d'un lanceur civil, le « DIAMANT ») pour la réalisation d'un lanceur de satellite européen dont le premier étage devait être le Blue Streak et qui devait être lancé de la Base de Woomera.

Les négociations ont finalement abouti, le 29 mars 1962, à la signature à Londres au Lancaster House de la Convention créant le CECLES/ELDO (avec siège à Paris) chargé du développement de ce lanceur appelé « EUROPA I » pour un coût de 196 M\$.

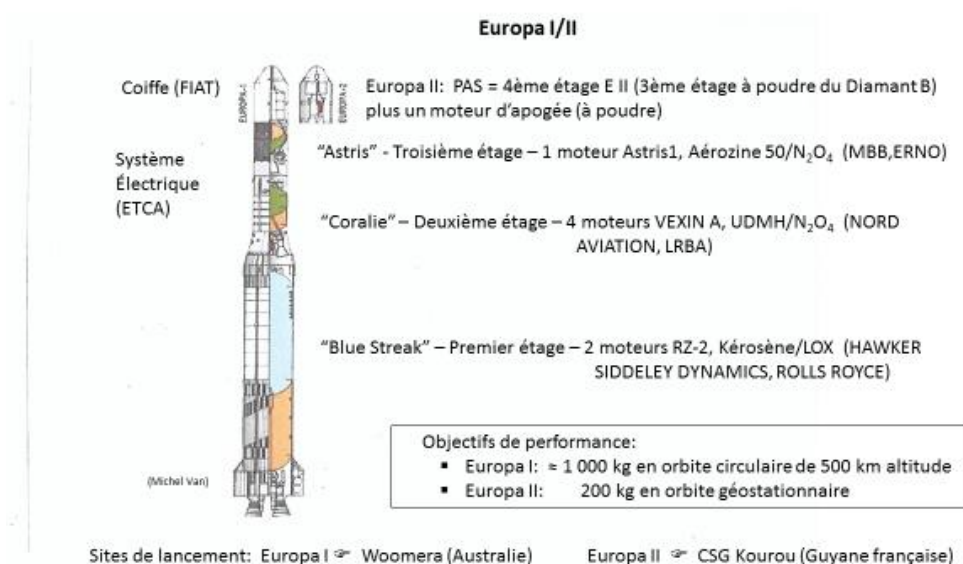
D'autres grands états européens (Allemagne et Italie) avaient également commencé à étudier la possibilité de se lancer dans des activités spatiales, mais à un niveau plus modeste (surtout pour des satellites scientifiques mais hors lanceurs), l'Allemagne n'étant autorisée à développer que des missiles à portée limitée. Leurs industriels étaient cependant en mesure d'apporter des contributions techniques valables. Il en était de même pour la Belgique et les Pays-Bas, mais principalement au niveau de sous-systèmes. Ces états se joignaient donc au programme de développement du lanceur européen.

## Le lanceur EUROPA I

EUROPA I (voir l'illustration ci-dessous) était conçue comme un lanceur à 3 étages dont :

- le premier étage était constitué du Blue Streak,
- le deuxième étage « Coralie » dérivé des fusées sondes françaises Véronique et Vesta et
- le troisième étage « Astris » restait à être développé par l'Allemagne.

Lancé de la Base de Woomera, EUROPA I devait mettre en une orbite circulaire de 500 km d'altitude une charge utile de l'ordre de 1000 kg.



Le programme EUROPA I prévoyait 10 tirs en configuration évolutive (voir tableau).

Europa I – Historique des lancements

N° tir	Site de lancement	Date	Elements actifs	Lest ou charge utile	Résultat
F 1	Woomera	05/06/1964	Blue Streak	Lest (vol balistique)	Succès
F 2	Woomera	15/10/1964	Blue Streak	Lest (vol balistique)	Succès
F 3	Woomera	22/03/1965	Blue Streak	Lest (vol balistique)	Succès
F 4	Woomera	24/05/1966	Blue Streak	2e, 3e inertes + lest	Succès
F 5	Woomera	15/11/1966	Blue Streak	2e, 3e inertes + lest	Succès. Séparation 1er/2e étage
F 6.1	Woomera	04/08/1967	Blue Streak/Coralie	3e inerte + lest	Echec d'allumage 2e étage
F 6.2	Woomera	06/12/1967	Blue Streak/Coralie	3e inerte + lest	Echec d'allumage 2e étage
F 7	Woomera	30/11/1968	Blue Streak/Coralie/Astris	STV-1	Echec. Autodestruction du 3e étage à sa séparation
F 8	Woomera	02/07/1969	Blue Streak/Coralie/Astris	STV-2	Echec. Idem F 7
F 9	Woomera	12/06/1970	Blue Streak/Coralie/Astris	STV-3	Echec. Commande de séparation de la coiffe ne passe pas

F 10 annulé suite aux échecs précédents et en vue du programme Europa II



A mi-chemin de ce programme, les Etats européens se penchaient déjà sur une autre version du lanceur EUROPA I.

## **Le lanceur EUROPA II**

Après la création du consortium international « INTELSAT » en 1964, le premier satellite de télécommunications INTELSAT I.1 « Early Bird » est mis sur une orbite géostationnaire par le lanceur américain Delta D (104 kg en GTO) le 06 avril 1965.

Le succès de la mission et la mise en place d'un réseau mondial incitaient bien des pays comme la France, mais aussi l'Europe via l'ESRO, à lancer leurs propres satellites de télécommunications. Cependant les Etats-Unis imposaient des conditions sévères (pas d'exploitation commerciale) à l'utilisation de lanceurs américains (notamment plus tard aux satellites franco-allemands Symphonie) pour éviter toute concurrence à INTELSAT.

L'Europe se devait donc de développer ses propres moyens de lancement en particulier pour la mise en orbite géostationnaire de ses satellites de télécommunication dont le lanceur EUROPA I n'était clairement pas capable. Le programme EUROPA I était à ce moment à son 5<sup>ème</sup> tir du Blue Streak et venait juste de démontrer avec succès la séparation entre le Blue Streak et le reste du lanceur en configuration inerte.

C'est ainsi que les états participants de l'ELDO, lors du Conseil de l'ELDO du 17/02/1967 prenaient la décision de développer une version EUROPA II, qui devait être capable de lancer une charge utile d'au moins 200 kg (telle que les satellites Symphonie) en orbite géostationnaire.

Afin d'obtenir cette capacité, il était prévu (voir l'illustration ci-avant) d'ajouter un système appelé PAS (Perigee-Apogee-System) et surtout de lancer EUROPA II de la base de lancement de Kourou près de l'équateur (d'où l'abandon de Woomera).

Le PAS consistait d'un étage à poudre (le 3<sup>ème</sup> étage du DIAMANT B), destiné à injecter la charge utile dans l'orbite de transfert géostationnaire et d'un moteur d'apogée (également à poudre), qui devait accomplir la mise en orbite géostationnaire.

Le lancement de Kourou nécessitait la construction d'un nouvel Ensemble de Lancement au CSG - l'ELE (Ensemble de Lancement EUROPA II), que la France proposait de réaliser pour un prix forfaitaire de 25 MUC (conditions économiques de 1966).

L'ELDO ayant décidé de lancer EUROPA II de Kourou, il fallait convenir de sa participation aux frais de fonctionnement du CSG.

A partir de 1970 et jusqu'en 1974, l'ELDO contribuait donc à hauteur de 40 % aux frais de l'ensemble des services du CNES au CSG, de 75 % à la station de Fortaleza, de 95 % à l'usine LOX et de 100% aux frais de soutien sur l'ELE.

Deux lancements en version EUROPA II (F11 et F12) étaient prévus au CSG pour qualifier cette version du lanceur. La fabrication d'une première série de 6 lanceurs EUROPA II (F13 - F18) de la phase de production était engagée, dont les deux premiers exemplaires – F13 et F14 - étaient affectés au lancement des satellites Symphonie A et B. Cependant un problème attendait le programme EUROPA II : le Royaume Uni souhaitait, à terme, se retirer du programme et ne s'engageait à fournir le Blue Streak que jusqu'en 1976.

Le premier lancement de la version EUROPA II – F11 - intervenait finalement le 05 novembre 1971. C'était un échec. L'absence involontaire de la tresse de masse entre la coiffe et le lanceur conduisait à un chargement électrostatique de la coiffe et à des décharges vers les équipements, en particulier la centrale inertielle et le calculateur, perturbant leur fonctionnement, ce qui entraîne la destruction et l'explosion du lanceur.

### Le lanceur EUROPA III

Déjà après l'échec du tir F8 de l'EUROPA I en juillet 1969 (deuxième échec de fonctionnement en vol du 3<sup>ème</sup> étage, qui s'autodétruisait lors de sa séparation) les états commençaient à douter de la viabilité du lanceur EUROPA II et décidaient, lors de la Conférence ministérielle en 1969, de charger l'ELDO d'effectuer, dans le cadre d'une organisation des responsabilités plus efficace, des études suivies d'une phase préparatoire pour le développement d'un nouveau lanceur européen, indépendant du Blue Streak (dont l'approvisionnement était limité), basé sur des technologies plus modernes et capable de lancer une masse de 1 600 kg en GTO. Tandis que la branche « Lanceurs » de la Direction des Activités Futures (DAF/L) de l'ELDO préparait la production des exemplaires F13 - F18 de l'EUROPA II, une nouvelle équipe fut mise en place à la branche « Technique » (DAF/T) de l'ELDO en charge de l'exécution de cette nouvelle mission (l'équipe Sillard).

Différemment du programme EUROPA I/II (on avait tiré la leçon des problèmes liés à l'organisation du programme EUROPA I/II), l'ELDO était maintenant habilitée à placer directement des contrats avec l'industrie européenne et réunissait en une seule main la responsabilité de la technique, des délais et des coûts.

Le lanceur EUROPA III tel qu'il résultait des études était un lanceur à deux étages composé comme suit (voir l'illustration):



La phase préparatoire EUROPA III était presque terminée et le développement était sur le point de commencer, quand arrive, en janvier 1972 (l'ELDO était très affaiblie par l'échec du lancement F11 du 05 novembre 1971), la mise en cause par le CNES du programme EUROPA III et sa contre-proposition sous la forme du lanceur L3S. Après un an de controverse la proposition du CNES l'emporte sur les alternatives proposées par l'ELDO. La décision de principe d'arrêter E III pour

faire L3S est finalement prise par le Conseil ministériel de décembre 1972 entraînant le licenciement de l'équipe Sillard au 31 janvier 1973.

Suit en janvier 1973 la décision de liquider l'ELDO en vue de la création de l'ESA et du futur programme ARIANE.

L'arrêt des travaux EUROPA I et II est enfin décidé le 27/04/1973 lors du 64ème Conseil de l'ELDO (à ce moment le Blue Streak pour F12 était en route pour Kourou et la fabrication de F13 et F14 en cours).

C'était la fin de l'époque ELDO et des lanceurs EUROPA I, II et III.

### L'héritage de l'ELDO pour ARIANE

L'échec des programmes E I et E II était surtout dû, d'un point de vue technique, au manque de l'approche système, cause de la majorité des échecs de lancement. Quant au point de vue de la gestion des programmes, les contrats avec les maîtres d'œuvre des étages et autres éléments essentiels du lanceur n'étaient pas du ressort d'une autorité unique comme c'était - et l'est encore - le cas du CNES pour les programmes ARIANE. On se rappellera que les contrats principaux avec l'industrie étaient exclusivement passés et gérés par les autorités compétentes nationales ; l'ELDO n'avait qu'un rôle de coordinateur. Cette erreur a d'ailleurs déjà été corrigée lors de la mise en place du programme EUROPA III, ce qui obligeait l'industrie aérospatiale européenne de s'habituer à conclure les contrats désormais avec une organisation internationale.

L'héritage des programmes de l'ELDO pour ARIANE ne pouvait être que positif et ARIANE n'aurait pas pu réussir dans un délai aussi court et de cette façon glorieuse sans les programmes qui la précédaient malgré leurs problèmes.

D'une part, les erreurs et échecs des programmes précurseurs ont permis à l'Europe d'apprendre, d'enrichir son expérience, et d'améliorer peu à peu les approches et conceptions politiques, organisationnelles, programmatiques et techniques.

D'autre part, l'apprentissage de l'Europe sur tous les plans lors des programmes précédents, l'acquis progressif des technologies propres aux moyens de lancement de satellites, la structuration de la coopération de l'industrie aérospatiale européenne et la possibilité de reprendre une partie importante d'éléments développés par les programmes EUROPA I/II/III (l'ELE, des bancs d'essais, le 1<sup>er</sup> étage E III et sa technologie par exemple), le tout accompagné de la volonté des états européens de financer l'accès indépendant de l'Europe à l'espace constituaient des conditions favorables pour la réussite de L01 et la suite couronnée de succès.

Mais, enfin, ceci étant, j'ose dire que le véritable mérite de la réussite d'ARIANE revient à l'ensemble des femmes et hommes qui ont œuvré avec enthousiasme, engagement et application pour le succès de « leur » ARIANE.

## Le financement du CSG

Au Conseil Ministériel de Bruxelles de 1974, le financement du CSG par l'ESA pour la période 1975-1980, estimé à 79 MUC (c.e. 1974), n'obtenait pas la totalité des crédits demandés, le financement par les Etats étant assuré de manière très disparate (montants fixes en monnaie nationale, montants révisables avec plafond en UC ..... ) et représentant environ 69 MUC, mais qui se révéleront suffisants suite aux réductions importantes des frais au CSG.

L'abandon par la France de son programme national de lanceurs, contraint le CSG à passer en "Configuration B", ce qui crée des problèmes dans la période 1975-1978, tant pour le Centre spatial (dont l'effectif passe de 550 à environ 400) que pour la ville de Kourou et pour la Guyane.

Apparaît alors une certaine réticence de quelques états pour le financement du CSG, ce qui conduit l'ESA à engager un expert neutre, le Dr. Debus<sup>2</sup>, qui procède à une comparaison des effectifs par fonction du CSG et de l'ETR (Cape Canaveral), comparaison qui confirme que le CSG est correctement dimensionné pour les lancements ARIANE.

Après ces vicissitudes initiales de financement du CSG, à partir de 1981, les frais de fonctionnement et d'investissement du CSG ont été et sont assurés selon la clé « 1/3 - 1/3 - 1/3 »:

- ESA 1/3 : clé PNB des états (comme programme scientifique ESA)
- ESA 1/3 : clé Retour industriel ARIANE
- France 1/3 : vu l'intérêt national

Depuis, des contrats, de 3 ans de durée, sont conclus entre l'ESA et le CNES pour financer le CSG : 1981-83, 1984-1986, ... le montant annuel du financement ESA étant d'environ 90 M€ et le coût total des frais du CNES au CSG étant d'environ 135 M€.

---

<sup>2</sup> ancien collaborateur du Dr. von Braun et ancien directeur de l'ETR (Cape Canaveral)

## Thème I : Comment la décision de programme d'un lanceur lourd s'est imposée

Vous trouverez ci-dessous deux notes d'Yves Sillard et Jean-Jacques Sussel. Ils vous relatent la remise en cause du développement du lanceur ARIANE suite à l'élection de Valéry Giscard d'Estaing Président de la République en mai 1974. Celui-ci déjà hostile comme Ministre des Finances à ce programme a demandé via son ministre de l'Industrie et de la Recherche Michel d'Ornano, une étude de marché des lancements au SEPOR avant de prendre sa décision définitive, étude faite par Jean-Jacques Sussel et Jean-Marie Luton et que relate avec humour Jean-Jacques Sussel dans sa note.

Et l'on peut prétendre que cette étude de marché, qui s'avérera assez juste, fut un des éléments qui ont vaincu les réticences de Valéry Giscard d'Estaing.

Une fois la décision de poursuite du programme prise lors d'un conseil des ministres en octobre 1974 présidé par Jacques Chirac, et parce que la contribution financière de la France au programme ARIANE était partagée entre plusieurs ministères, un Comité de Surveillance purement français, avec représentants des ministères concernés dont le ministère des finances, et présidé par le Délégué Ministériel de l'Armement, a été créé auquel le directeur des lanceurs du CNES rendait compte régulièrement. Cette entité peu connue fait l'objet de la note d'Yves Sillard.



**Yves SILLARD**

Directeur des Lanceurs du CNES de 1973 à 1976  
Directeur Général du CNES de 1976 à 1982

### Comité de Surveillance ARIANE

Chers amis,

Cet événement a profondément marqué la vie de tous ceux, présents ou non aujourd'hui, qui ont contribué dans leurs fonctions très diverses à cette réussite. Dans des circonstances souvent difficiles et dans un cadre financier très strict, ils ont réussi par leur enthousiasme, leur compétence et leur rigueur à transformer un espoir fou en une réalité bien tangible. Je tiens à leur rendre ici un hommage appuyé.

Ce succès est d'autant plus méritoire qu'il a été acquis dans un climat général de scepticisme sur l'intérêt et les chances de réussite du programme qui prédominait au cours des années 70 dans la plupart des Pays d'Europe, y compris en France dans de nombreux milieux. Je voudrais dans cette courte intervention illustrer le contexte de cette époque, en évoquant le fonctionnement d'une instance peu connue de beaucoup d'entre vous.

Il s'agit du « Comité de Surveillance ARIANE ».

Ce comité, purement franco-français et inconnu de nos Partenaires et de l'Agence Spatiale Européenne, a été mis en place à l'automne 74 lorsque la participation de la France au programme à hauteur de 60 % a été confirmée définitivement par le Président Giscard d'Estaing et lorsqu'il a été décidé que le budget des Armées contribuerait au niveau de 200 MF au financement de la contribution française au programme. Il était composé de représentants des divers Ministères concernés et présidé par le Délégué Ministériel pour l'Armement. Il avait pour objet d'alerter le gouvernement français en cas de risque de dérive financière ou calendaire du programme.

J'avais le plaisir de me rendre tous les 6 mois, avec quelques collaborateurs proches, aux séances de ce comité. Celles-ci donnaient lieu la plupart du temps à des échanges constructifs, mais elles étaient systématiquement marquées par une longue intervention du représentant du Ministère des Finances reposant en général sur l'argumentaire suivant :

Saisissant le prétexte du moindre incident technique, tel qu'un problème sur un banc d'essai moteur, ou d'un quelconque retard de planning survenu dans les 6 derniers mois, son discours s'articulait en 3 points :

- Il apparaissait évident que le CNES ne maîtrisait pas la situation et se dirigeait à grands pas vers un échec technique ;
- Si, contre toute vraisemblance, le programme réussissait techniquement, son coût de développement dépasserait très largement l'enveloppe de 2 060 MF + 20 % d'aléas sur laquelle nous nous étions engagés avec nos Partenaires et la France aurait seule à faire face à des dépassements ruineux ;
- Si enfin nous arrivions quand même à développer un lanceur fiable dans une enveloppe financière encore acceptable, celui-ci serait invendable et ne pourrait donc pas être produit sur le marché, la NASA ayant commencé le développement de la navette spatiale et annoncé (ce qui devait s'avérer ultérieurement grossièrement faux) que celle-ci permettrait le lancement de satellites en orbite à un prix au kilo 5 fois moins élevé que les lanceurs conventionnels en service à l'époque.

En conséquence, le Ministère des Finances recommandait vigoureusement de lancer des négociations avec nos Partenaires pour aboutir le plus rapidement possible à l'arrêt du développement d'ARIANE. Fort heureusement les 2 Délégués Ministériels pour l'Armement, qui ont assuré successivement la présidence du comité, Jean Blancard et Jean Laurens Delpech, étaient parfaitement conscients des difficultés et des aléas inévitables d'un tel programme, ainsi que de ses enjeux, et le comité n'a cessé, de 1974 à 1979, de recommander fermement sa poursuite !

Après avoir évoqué succinctement le contexte parfois difficile dans lequel nous avons tous dû nous battre pour vaincre le scepticisme ambiant (ce scepticisme a d'ailleurs curieusement commencé à disparaître fin 1978), l'honnêteté m'oblige de reconnaître qu'en fin de programme et au moment opportun la chance nous a souri. Si en effet le problème d'instabilité du moteur Viking, qui n'avait pas été détecté au sol lors des essais au banc, était apparu non pas sur L02 mais sur L01, comme l'eût voulu la logique technique, je ne suis pas sûr que le programme aurait survécu à un échec retentissant du 1<sup>er</sup> tir faisant suite à l'échec non moins retentissant enregistré quelques années auparavant lors du 1<sup>er</sup> lancement d'EUROPA 2 à Kourou !

Réjouissons-nous cependant sans retenue du déroulement exemplaire du programme ARIANE depuis L01 et souhaitons à nos successeurs de l'ASE, de la direction des lanceurs du CNES et de l'Industrie de faire preuve de la même confiance mais d'une audace et d'un esprit d'innovation renouvelés, pour faire face non plus au scepticisme mais à une concurrence internationale déchaînée.





Jean-Jacques SUSSEL

Membre du SEPOR de 1972 à 1976

Directeur du Centre Spatial de Toulouse de 1986 à 1989

### 1974 : le moratoire sur le programme ARIANE :

L'option A du « Rapport AIGRAIN » avait été adoptée sous la Présidence de Georges POMPIDOU grâce à la *voix prépondérante* de ce dernier : soutenue par les « barons » du gaullisme au nom de l'indépendance nationale, elle avait rencontré le scepticisme de certains autres ministres et suscité l'opposition farouche du ministre des finances —Valéry GISCARD d'ESTAING.

Lorsque Valéry GISCARD d'ESTAING, devenu Président de la République, nomma son ami Michel d'ORNANO ministre de l'Industrie et de la Recherche, il lui donna comme consigne d'arrêter le programme ARIANE tout fraîchement engagé.

Le moratoire mis en place avait officiellement pour but de faire le bilan des conséquences de cet arrêt avant de le formaliser...

Dans les semaines qui ont suivi, les réactions stupéfaites et hostiles à cet arrêt ont été nombreuses :

- Les gaullistes de la « filiation » Michel DEBRÉ ont crié à la trahison...,
- Les industriels ont fait valoir la perte de compétence après quelques décennies d'efforts militaires et civils colossaux, les pertes d'emplois nobles, les dédits à verser par les États,
- Les diplomates ont assuré que la France, qui venait de quasiment contraindre ses partenaires européens à venir dans ce programme, allait être la risée et se voir vilipendée au sein de la toute neuve Agence Spatiale Européenne,
- Enfin, les dédits résultant des engagements déjà pris étaient si élevés que les budgets à prévoir pour l'Espace ne diminuaient pas vraiment, du moins à court terme.

Après les quelques mois de recueil de tous ces éléments, Michel d'ORNANO *eut le courage* d'aller expliquer tout cela au Président de la République le mardi soir, veille du Conseil des ministres qui devait prendre la décision définitive d'arrêt.

Connaissant bien l'intérêt du Président pour les aspects économiques et financiers, Michel d'ORNANO mit en avant que si nous disposions d'un tel lanceur, nous pourrions le vendre dans le monde entier, alors que les Russes et les Américains n'étaient pas disposés, d'après leur politique du moment, à le faire.

Valéry GISCARD d'ESTAING se laissa fléchir par tous ces arguments, mais sans pour autant vouloir se déjuger et en bougonnant : il demanda à Michel d'ORNANO de *revenir le mardi soir suivant*, pour décision au Conseil des ministres *suivant*, avec l'« Étude de marché » démontrant ces *fameuses* perspectives commerciales !!!

### **La trop célèbre « Étude de marché LUTON-SUSSEL » :**

Le contenu en a été élaboré, en environ une heure, au bistrot qui fait l'angle de la rue de Bellechasse et de la rue de Grenelle, par les deux *jeunes technocrates* que nous étions - au demeurant relativement bien informés, au quotidien, du contexte spatial international. La table carrée à laquelle nous nous étions installés avait peine à porter à la fois l'atlas dont nous tournions les pages, notre feuille de papier, et nos deux cafés... Nous gardions à la main sans les poser, car ils seraient à coup sûr tombés par terre, les stylos à bille généreusement fournis par l'Administration : l'investissement maximum que nous pouvions espérer pour une étude de cette importance. Mais par chance, tout ce qui sortait de ce bistrot était excellent et remarquable car son patron était un Aveyronnais...

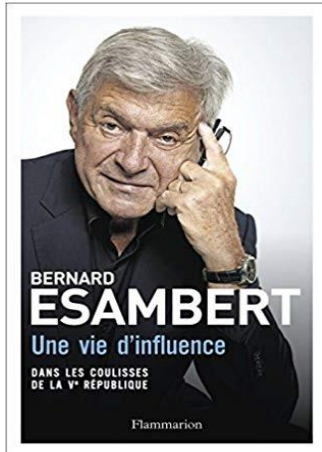
Et c'est ce pensum qu'il fallut, bien sûr, avant ce nouveau mardi redouté, mettre dans la forme exigée pour une présentation au Président de la République, selon les codes stylistiques prévus par la bible en la matière : « Le style administratif » de Robert Catherine.

Michel d'ORNANO présenta ce chef-d'œuvre, le mardi suivant, à l'heure prescrite, à Valéry GISCARD d'ESTAING.

### **La décision de reprise du programme :**

Elle fut claironnée le lendemain midi, à l'issue du Conseil des ministres, sur le perron de l'Élysée : les perspectives commerciales éblouissantes étaient un argument de poids...

## Rôle du Président Georges Pompidou et de la politique industrielle du gouvernement



**Bernard ESAMBERT**

*Ingénieur au Corps des Mines  
Ancien conseiller industriel et scientifique de Georges Pompidou  
Ancien Président de l'Ecole Polytechnique  
Ancien Président de l'Institut Pasteur  
Premier Président de la Commission du développement durable*

Il est clair, dès l'entrée à l'Élysée de Georges Pompidou en 1969, que le monde est en état de guerre économique mondiale et que cette guerre ne peut être gagnée que par le renforcement de la santé et du dynamisme des entreprises qui doivent, pour beaucoup d'entre elles, devenir exportatrices et même multinationales. Car l'industrie représente dans les grands pays développés les deux cinquièmes de la création du produit intérieur brut, quatre cinquièmes des exportations et une petite moitié de l'emploi. La France n'est certes pas un pays endormi, mais elle n'apparaissait pas comme la plus moderne des nations européennes. Je me souviens de la lueur d'effolement que je voyais apparaître dans les yeux d'un interlocuteur industriel quand je lui demandais, à la charnière des années soixante et soixante-dix, quelle part du marché mondial occupait son entreprise.

Je pense que la conviction de Georges Pompidou en 1969 peut se résumer de la façon suivante : sans industrie performante, point d'économie puissante et un moindre rayonnement à l'étranger lequel, ainsi que l'efficacité d'une politique étrangère, se mesurent à l'aune du poids économique ou en tout cas sont sensiblement renforcés par celui-ci. Sans industrie puissante, point d'emploi, point d'augmentation régulière des revenus et singulièrement des revenus les plus faibles et donc un moindre consensus social. Si en plus la France peut ajouter à son comportement industriel un peu plus de grâce qu'ailleurs, elle pourra bénéficier d'une écoute privilégiée dans le monde. Sans développement économique important, il est illusoire de prôner l'intégration de la France à la vie du monde moderne, et peu raisonnable de vouloir y obtenir une meilleure qualité de vie. L'évidence est double et elle vaut principe d'action dans deux directions précises. D'une part l'ouverture de notre économie vers l'extérieur - Marché commun- mais aussi pays tiers - de façon à aborder le domaine des économies d'échelle et à tirer profit de la confrontation permanente. D'autre part, le développement industriel rapide de notre pays. La poursuite de ce dernier objectif doit demeurer la règle d'or de la présente décennie.

« Le premier objectif économique, déclarera Georges Pompidou lors de la conférence de presse qui suivra son élection à la présidence de la République, est de faire de la France un véritable pays industriel (...) de donner à l'économie française une dimension internationale point »

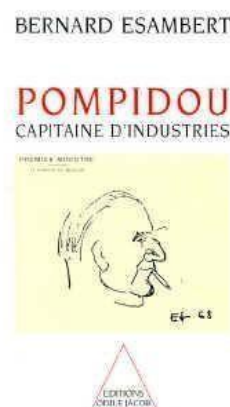
Le grand dessein du septennat vient de commencer. Il sera confirmé par un premier conseil

restreint consacré à la politique industrielle le 29 janvier 1970 qui donnera un caractère prioritaire aux investissements industriels, à la formation des hommes en vue de leur adaptation au milieu industriel.

Avec sa ténacité, sa force de caractère, son égalité d'humeur, sa compréhension des mouvements profonds de l'opinion et son refus de dramatiser, Georges Pompidou rechercha durant les six années qui lui restaient à vivre comment décliner son credo. La France étouffait dans l'étau d'une administration toute-puissante ; elle se laissait bercer par les idéologies et surtout elle était sous équipée. La priorité devait donc être donnée à la croissance et au développement. Et Georges Pompidou n'avait pas peur de la marteler. À preuve, cette confiance rapportée par Léo Hamon : « On me reproche de manquer d'un grand dessein, on me reproche de manquer d'ambition. Et bien, si ! J'ai une ambition, je voudrais qu'à la fin de ce septennat la France soit industriellement et économiquement plus grande que l'Allemagne fédérale et que nous soyons vraiment dans ce domaine, les premiers en Europe ; oui, voilà mon dessein. »

Et comme l'industrie apparaît, en amont du secteur tertiaire qui lui est adossé, comme le moteur et le chaînon décisif des transformations économiques et sociales de la société c'est au développement industriel qu'ira la priorité.

Rappelons quelques résultats significatifs de l'action du chef de l'État : de 1969 à 1973, la France donne au monde, avec un différentiel de croissance d'un à deux points par rapport à ses principaux partenaires industriels, l'exemple de la croissance la plus rapide et du développement le plus régulier des pays industrialisés. Le volume des biens et services mis à la disposition des Français s'accroît de près de 50% ; les investissements des entreprises croissent de plus de moitié ; le taux d'investissement atteint presque le tiers du PNB ; la production agricole, malgré le départ de 450 000 paysans, croît également de plus de 50% ; le niveau de vie des Français rattrape celui de l'Allemagne et dépasse d'un quart celui de la Grande-Bretagne qui, pour s'être trop bien comportée pendant la seconde guerre mondiale, pratique le repos du guerrier et semble avoir perdu toute nouvelle ambition collective ; la part des exportations dans le PNB passe de 10 à plus de 20% et le commerce extérieur se détache de la zone franc au profit des marchés des pays du Marché commun dont la part représente plus de 50% de nos exportations.



Si l'on peut baptiser de colbertisme une double attitude combinant mobilisation et stimulation interne et une certaine dose de protectionnisme, seule la première s'applique à Georges Pompidou tant il était conscient des effets bénéfiques de la compétition internationale.

Mais à la création d'un bon environnement économique devait s'ajouter l'affirmation d'une ambition nationale. Pour Georges Pompidou, comme pour le général de Gaulle, la France ne pouvait se résigner à la médiocrité. D'où la nécessité du plan, « catalyseur de cohérence », au service de l'expansion. Il avait rédigé l'avant-propos du VI<sup>e</sup> plan, ce qui signifiait qu'il en avait influencé l'élaboration. Lors du conseil restreint qui passa en revue en 1969 le contenu du plan il fit la déclaration suivante :

« Le plan doit être volontariste. Il faut donner une impression de volonté, de progrès, d'expansion, que les Français aient l'impression qu'on les entraîne, qu'on les pousse en avant. La tonalité du VI<sup>e</sup> plan doit être celle d'une volonté optimiste de progrès. »

Pour industrialiser la France la méthode retenue par le chef de l'État mérite d'être relevée. Elle reposait sur le respect de la compétence des ministres. Pour Georges Pompidou il n'y avait pas de domaine réservé. L'intervention de l'Élysée était plus quotidienne dans la démarche des affaires et elle était fonction de l'importance des problèmes, davantage que de leur nature. Mais, une fois les décisions prises, le chef de l'État comptait sur les ministres pour apprécier le contexte politique et définir la meilleure façon de les mettre en œuvre. Et, de fait, il est difficile d'affirmer que :

- ses deux ministres civils successifs de l'indépendance nationale comme il appelait les ministres de la Recherche et de l'Industrie, François-Xavier Ortoli et Jean Charbonnel,
- Michel Debré, fort de son prestige, de son titre de ministre d'Etat et de ses attributions en matière de défense,
- Maurice Schumann aux Affaires étrangères,

ont été de simples exécutants.

La méthode reposait également sur le développement de la procédure des conseils restreints à l'Élysée. L'allongement de la durée des conseils des ministres à partir de la mi-1969 ne permettait pas en effet au chef de l'État d'y traiter tous les problèmes qu'il souhaitait appréhender. C'est donc au travers de réunions plus restreintes regroupant les seuls ministres concernés par le sujet traité, généralement le jeudi après-midi, que Georges



Pompidou imprima progressivement sa marque à l'économie française. Sur les quarante-six conseils qui se tiendront pendant la première année du septennat, vingt-cinq auront été consacrés à l'économie et à l'industrie (dont deux sur le VI<sup>e</sup> plan) et cinq à l'Europe. En 1971, Georges Pompidou présidera vingt-sept conseils restreints consacrés, pour la plupart, au développement industriel et à son environnement (recherche - développement, PME, infrastructures, aménagement du territoire, investissements étrangers, grands programmes, etc.). Je rédigerai donc plus de quarante projets de relevés de décisions, la main tremblante les premières fois, qui deviendront exécutoires après approbation par le chef de l'État.

### **L'Europe spatiale : une foi à faire partager**

« Une politique spatiale comportant la mise à disposition de satellites de télécommunication et des lanceurs correspondants est décidée. Ces objectifs doivent être poursuivis avec nos partenaires européens, et en premier lieu l'Allemagne fédérale. Les autres pays européens verront leur attention attirée sur l'importance d'une telle étape dans l'édification européenne. Si nos partenaires le désirent, des négociations pourraient également être ouvertes sur une participation dans le programme post Apollo qui ne devra pas faire obstacle à la politique souhaitée par le gouvernement français ».

Telles sont les décisions prises par un conseil restreint que préside à l'Élysée Georges Pompidou le 14 mai 1970. On y trouve la colonne vertébrale de ce que sera la politique spatiale européenne au cours des deux décennies suivantes.

Dès son arrivée au ministère de l'industrie, François-Xavier Ortoli avait confié à un groupe de

travail présidé par M. Aigrain et comprenant MM. Blancard, Denisse, Laurent, Libois et Malafosse une mission d'étude sur la politique spatiale. C'est le rapport du groupe Aigrain qui a servi de base aux réunions interministérielles qui ont précédé le conseil restreint du 14 mai.

L'Europe spatiale avait été esquissée dès le milieu des années soixante avec le lanceur EUROPA I optimisé pour placer des charges utiles en orbite basse, puis avec Europa II, dérivé du précédent, pour positionner des petits satellites en capacité géostationnaire. Afin de disposer d'un site de lancement proche de l'équateur, la France avait décidé la création d'un pas de tir de la fusée Europa II en Guyane qui devait plus tard être adapté au lancement d'Ariane. Mais la décision du 14 mai 1970 marque le vrai départ d'une Europe spatiale. Les entretiens franco-allemands de Bonn des 3 et 4 juillet suivant étendront à l'Allemagne ce premier acte de foi. En réalité le 30 juin 1970 la conférence spatiale européenne tenue à Bruxelles à l'initiative de la présidence belge a déjà démontré la solidité de l'entente franco-allemande sur un programme européen complet ayant pour principal objectif le couple indissociable satellite de communication lanceur et la création d'une organisation européenne unitaire et structurée.

Pourtant, en 1972, les désillusions s'accumulent, avec l'échec de la fusée Europa II et la condamnation implicite de la coopération européenne (Eldo-Esro) qui a débouché sur un tel fiasco. Peu de mois auparavant, Richard Nixon a donné le feu vert au projet gigantesque et futuriste d'une navette spatiale, à 10 mois des élections présidentielles américaines. Par touches successives, le président des Etats-Unis fait comprendre aux européens qu'aucun lanceur lourd à l'ouest ne saurait être autre chose qu'américain. Dans le cadre de l'organisation Intelsat, qui a délégué un monopole aux américains, la Nasa impose des conditions extrêmement dures à la fourniture de lanceurs, interdisant ainsi tout usage commercial des satellites européens dont le programme se développe à peu près convenablement.

Les Européens hésitent entre la poursuite d'Europa II et le lancement d'un nouveau programme Europa III capable de satelliser des satellites plus importants. Présentant l'échec des programmes Europa, le CNES propose en juin 1972 un lanceur à trois étages, le L III S (L pour lanceur, III pour 3e génération - par référence à Europa III - S pour substitution). Michel Debré, le ministre d'état de la défense, donne son appui à ce projet et déclare : « Dans dix ans, il y aura deux sortes de pays ; ceux qui seront indépendants et maîtriseront leurs télécommunications et leurs programmations ; et ceux qui seront dépendants d'autres pays dans ce domaine. » Le président de la République, parfaitement informé sur tous ces développements - il arrive même à son entourage de soupirer sur le nombre de notes que je lui adresse sur ce thème - partage ce point de vue qui a été le sien dès son arrivée à l'Élysée, comme en témoigne le relevé de décisions du conseil de mai 1970. Mais il est convaincu que par son importance financière, les débouchés qu'il nécessite, les moyens scientifiques, technologiques et industriels à mettre en œuvre, un tel projet ne peut se concevoir qu'à un niveau européen. Et Jean Charbonnel, devenu ministre du Développement industriel et scientifique, abonde dans ce sens.

Le programme L III S seul peut ouvrir l'espace à l'Europe et lui permettre ainsi d'échapper au monopole américain qui ne lui laisserait que quelques miettes du festin spatial à venir. La France proposera donc de le partager aux autres membres de la communauté. Le 30 novembre 1972, le projet du CNES est approuvé par le gouvernement et Jean Charbonnel le présente un mois plus tard à nos partenaires, lors de la conférence spatiale européenne de Bruxelles.

Comme pour tout programme technologique révolutionnaire, la confiance dans l'avenir du spatial est fondée chez Georges Pompidou et son conseiller industriel sur un acte de foi sous-tendu par



l'idée que la maîtrise des techniques spatiales conduira à terme à celle des transferts d'informations, sans parler de son impact sur la prévision du temps, la prospection minière et la surveillance militaire. Ce qui crée un malaise vis-à-vis de cette politique qui consiste à tenter de disposer pour la fin des années soixante-dix d'un lanceur capable de satelliser des charges de huit cents kilogrammes en orbite géostationnaire est la crainte qu'à l'époque les américains ne disposent, grâce à post-Apollo, d'une nouvelle génération de lanceurs qui risque de faire apparaître désuètes les fusées de la génération L III S. Les maladresses des américains vis-à-vis du lancement de satellites utilitaires européens et le résultat d'études prospectives faisant apparaître des besoins en satellites d'applications (télécommunication, navigation aérienne et maritime, météorologie...), correspondant à environ trente à cinquante lancements au cours de la décennie quatre-vingt-quatre-vingt-dix, balaieront toutes les hésitations.

Au début de 1973, le projet du CNES fait l'objet d'étude de développement par la SEP, l'Air liquide, Matra et l'Aérospatiale, dont la naissance par fusion de la Sereb, Nord-Aviation et Sud-Aviation a permis la création d'une division des systèmes balistiques et spatiaux de six mille personnes. Jean Charbonnel prend son bâton de pèlerin et essaie de convaincre nos partenaires européens d'adhérer à une politique spatiale européenne. Fin avril 1973, le lanceur Europa III est officiellement abandonné. Les Allemands donnent toujours la priorité au laboratoire Space-Lab, hôte de la navette américaine. Les Anglais, bien que souhaitant la création d'une agence spatiale unique regroupant l'Eldo et l'Esro, manquent d'enthousiasme pour une fusée européenne ainsi que pour le programme Space-Lab auquel il préfère un satellite de communication maritime, Marots. Mais quelques semaines avant la conférence spatiale, Jean Charbonnel obtient du ministre allemand de la recherche une participation à hauteur de 16% à L III S contre une participation franco-germanique au programme post-Apollo : Paris vaut bien une messe.

C'est pourtant dans un contexte de crise (abandon d'Europa II et d'Europa III, donc de toute politique spatiale européenne et forces centrifuges fortes du côté des britanniques notamment) que s'ouvre en juillet 1973 la conférence spatiale réunissant à Bruxelles, au palais d'Egmont, huit ministres européens de la science. Elle débouchera sur la prise en considération d'un lanceur européen à partir de L III S (financé aux deux tiers par la France), du Space-Lab pour complaire aux Allemands et d'un satellite de communications maritimes pour satisfaire les Britanniques. Les leçons du passé, et singulièrement du manque de coordination entre les constructeurs d'Europa II auront été tirées et une agence spatiale sera construite sur les cendres de l'Eldo et de l'Esro pour devenir le véritable pendant de la Nasa. Les Etats européens la doteront d'une certaine dose de supranationalité qui lui permettra de fonctionner sans craindre le veto où l'indiscipline de l'un de ses actionnaires où dirigeants. (Imagine-t-on le débarquement sur la lune si le président de la Nasa avait dû obligatoirement être originaire du Massachusetts, le directeur général du Nouveau-Mexique, le directeur technique du Nevada, le directeur des lancements du Nord Dakota ?). Une Europe spatiale naît au moment où certains ne l'espéraient plus.

Curieusement, le premier résultat de cette conférence sera obtenu du côté d'Intelsat qui acceptera de nouveau de lancer des satellites français et allemands malgré la menace que représente le futur lanceur européen.

Dès le début des années soixante-dix, la France avait fait ses comptes. Le rapport Aigrain avait souligné qu'un programme spatial, même européenisé, ne pourrait rentrer dans l'épure budgétaire française que si notre effort de recherche atteignait près de 3% de notre PIB (contre 2,4% à l'époque). En avril 1973, le rapport Cannac, établi à la demande du Premier ministre, avait chiffré la progression de l'ensemble des crédits de recherche compte tenu du programme spatial



projeté et avait débouché sur des conclusions assez pessimistes. Avec 65% du financement du lanceur L III S, notre pays se situe à la limite du possible pour le ministre de l'Economie et des Finances qui avait fixé à 35% le taux minimum de participation européenne au lanceur.

Le fil d'Ariane solidement tissé par la France avait permis à la fusée de sortir du labyrinthe européen. Quelques mois plus tard, après avoir failli s'appeler Phoenix, Pénélope et Vega, L III S fut rebaptisé Ariane par Jean Charbonnel, pour une autre raison semble-t-il.

La première raison qui avait milité en faveur d'Ariane était largement politique : la crédibilité spatiale de l'Europe ne pouvait reposer que sur la disponibilité d'un lanceur. Mais c'est aussi pour atteindre la clientèle des satellites commerciaux et singulièrement de télécommunication qu'Ariane avait été conçue. Ce pari fou, suivi au jour le jour par le chef de l'État, laisse d'autant moins le droit de se tromper qu'un tel lanceur apparaissait encore à beaucoup d'une utilité douteuse. Et certains de nos partenaires, en particulier, avaient approuvé le programme essentiellement pour ne pas froisser la France. Celle-ci reçut donc le soin d'assumer la conception et le développement du lanceur ainsi que près des deux tiers du financement. Cette situation explique que les noms des grandes firmes industrielles attachées à l'histoire d'Ariane soient françaises : l'Aérospatiale pour l'architecture de la fusée, la SEP pour la propulsion, l'Air Liquide pour la réalisation du troisième étage à hydrogène liquéfié ou encore Matra pour toute l'électronique, et bien d'autres... Ainsi sera née une industrie du spatial à partir d'un gros projet européen résultant d'un savant équilibre entre la voie de l'indépendance et la voie de la coopération.

Cinquante ans plus tard, grâce à la simplicité et la rusticité d'Ariane devenue un symbole de la technologie européenne, l'Europe tiendra près de la moitié du marché mondial du lancement des satellites. La fusée, dans sa dernière version, place désormais plusieurs satellites à chacun de ses lancements dans l'indifférence générale qui accompagne un succès devenu permanent. Personne n'aurait espéré, après l'échec de la fusée Europa et la crise de 1972, que le chiffre d'affaires de l'activité spatiale européenne dépasserait un jour le milliard d'euros. Ce qui explique que la France ait dû, progressivement, redistribuer une partie du gâteau. Au fil des ans, sa participation à la fabrication d'Ariane est retombée à 45% au profit de l'Allemagne et de pays qui, en 1973 avaient pourtant refusé de participer au programme.

Ariane, qui a dépassé les 250 Lancements, illustre de façon exemplaire la vocation que Georges Pompidou aura su donner à notre pays : combiner le sens de l'Europe à l'efficacité scientifique, technologique et industrielle de la France. Et la réussite d'un pari à la foi démesuré et raisonnable grâce à Jean Charbonnel, Jean-François Denisse, Michel Bignier, Maurice Lévy, Yves Sillard et quelques autres.

### **Le coup de poing des grands programmes**

Les grands projets chers au général de Gaulle avaient pour objectif de donner à la France les moyens de son indépendance stratégique, au travers d'une puissante base scientifique et technologique. Georges Pompidou en fut le réformateur en les faisant évoluer vers des applications industrielles et en les ouvrant sur l'extérieur. La conception et la construction d'un nouvel avion, d'un nouveau type de centrales nucléaires, d'une panoplie d'ordinateurs, d'un lanceur spatial, nécessitent des moyens financiers élevés, davantage à l'échelle de l'Europe qu'à celle de chacun de ses Etats membres. Et à des dépenses de cette importance doivent correspondre des séries de fabrication permettant de les amortir. L'Europe offre en grande partie le nécessaire marché et elle dispose de moyens financiers dont l'addition est nécessaire au

lancement des grands programmes. Georges Pompidou saura saisir les opportunités qu'elle offre et ouvrira ainsi la voie de la compétitivité internationale au grand projet technologique de l'époque gaullienne.

Ces grands projets s'appuieront tantôt sur les grands laboratoires de recherche publics, tantôt sur des entreprises nationalisées ou privées. Ces divers organismes recevront des crédits et des prêts, des avances remboursables, en provenance des différents ministères concernés, défense, recherche, affaires atomiques et spatiales, PTT, transport, industrie, énergie... Que l'Etat aide en pareil cas au démarrage d'un grand programme, rien de plus légitime quand sa nécessité est parfois mieux perçue par des Etats au niveau micro-économique. A condition que, très vite, il y associe des opérateurs industriels à qui il en confiera la maîtrise.

Georges Pompidou a la prescience que toute initiative nationale d'importance ne pourra s'épanouir qu'au niveau européen, notre espace de référence, et parfois au travers d'une alliance franco-américaine. Même si les Etats européens n'ont les yeux de Chimène que par leurs entreprises. Grâce aussi, peut-être, à des agences légères, responsables, auxquelles la communauté délèguera ses ambitions, sur le modèle de l'Agence Spatiale Européenne par exemple.

Nombre de ces programmes seront menés à leur terme. On les accusera de gaspiller les fonds publics pour des projets de prestige. Quand on fait l'historique un demi-siècle après, on s'aperçoit qu'ils ont débouché sur des réalisations industrielles qui ont aidé très profondément l'économie française à travers notre dernier demi-siècle. Il n'est pas inintéressant de rappeler que ces grands projets se sont appuyés sur des moyens humains importants. D'innombrables équipes techniques, de grande qualité, constituées pour une large part par des représentants des corps d'ingénieurs de l'état, se sont mobilisées pour les faire aboutir. Dans l'administration et dans les cabinets ministériels, la mobilisation ne fut pas moindre et quelques dizaines d'ingénieurs au corps des Mines, des Ponts, des Télécommunications, de l'Armement (mais ils ne furent pas les seuls), jouèrent, sous l'autorité du chef de l'État et de son gouvernement, un rôle central dans l'architecture des grands projets. Une ambition pour la France et pour l'Europe se sera ainsi réalisée, à partir des acquis technologiques voulus par le général de Gaulle et grâce au pragmatisme de Georges Pompidou.

## **Conclusion**

L'impression qui ressort après ce panorama d'un volet important de la politique industrielle de Georges Pompidou est celle d'un véritable âge d'or pour le développement économique de la France. Et ce quels que soient les jugements portés sur l'ère Pompidou. Pourtant, c'est dans le désarroi semé par les événements de mai 1968 que le nouveau chef de l'État aborde en 1969 son septennat. Jacques Chaban-Delmas avait justement noté que « Nous ne parvenons pas à accomplir de réforme autrement qu'en faisant semblant de faire la révolution. » Mais aux yeux de Georges Pompidou, le monde dans lequel nous vivons « en dépit de progrès matériels et techniques sans précédent historique, ne méritait pas d'être défendu à seule fin de maintenir des injustices excessives et les privilèges de l'argent ». Mai 68 avait fait remonter à la surface du sentiment collectif quelques questions qui méritaient examen.

## Thème II - Un développement européen maîtrisé

Le thème 2 est consacré à la phase de développement du lanceur ARIANE. Elle a nécessité la mise en œuvre d'une démarche système lanceur, la maîtrise de nouvelles technologies (tenue des matériaux en environnement sévère, propulsion..), la création de nouveaux bancs d'essais, la création d'un ensemble de lancement dédié. L'ensemble de ce développement a été supporté par une activité conséquente des administratifs pour la mise en place des contrats industriels de développement d'ARIANE 1

Ce thème très dense, par son périmètre, se limitera à quatre témoignages concernant :

- Les règles de management et les règles techniques générales du programme
- L'acquisition d'une technologie critique : la propulsion cryotechnique
- Le développement et la validation de l'ensemble de lancement ELA1
- Le rôle des administratifs

Alain Ragot  
Animateur du thème

## Thème II - Un développement européen maîtrisé

### Les règles du management ARIANE – Mise en œuvre



**Henri LACAZE**

*Directeur « Architecte Industriel »  
Aerospatiale*

**Henri Lacaze** a dirigé le groupe Architecte Industriel pendant cette phase de développement, son propos va nous présenter la genèse des règles de management du programme ARIANE, le périmètre couvert par ces règles et l'apport de ces dispositions dans la maîtrise du système lanceur dans le cadre d'une équipe industrielle multinationale. Dans ce propos seront également abordées les règles techniques (Spécifications Générales), car pour coordonner un programme comme ARIANE. On ne peut pas se limiter au management, il faut également des règles techniques et des données communes.

Bâtir un programme international, et une équipe industrielle multinationale pour le réaliser, c'est le commencement. Il faudra ensuite, au fil des années, entretenir la cohérence politique et industrielle. Mais aussi réaliser, ce qui demande une cohérence des activités et une cohérence technique, des développements parallèles et convergents, n'en déplaise à Euclide. Pour le programme ARIANE 1 on a utilisé un ensemble de règles de management, les SM, Spécifications de Management, et de règles ou données techniques, les Spécifications Générales ou SG. Quels enseignements tirer de leur utilisation ?

#### **Les Spécifications de Management (SM)**

##### **Origine des SM**

Les SM sont issues des travaux de membres de la SETIS, cette société à vie brève et maintenant bien oubliée, qui avait été créée sur le modèle de la SEREB, donc société d'ingénierie et non pas constructeur, avec un staff international, pour fournir un support à l'ELDO. La société a travaillé à la genèse du système PAS, ensemble de propulseurs de périgée et d'apogée destiné, comme étage supérieur d'EUROPA 1, devenu de ce fait EUROPA 2, à placer des satellites de télécommunication, comme Symphonie, en orbite géostationnaire. Le premier vol, ELDO F11 échoue avant l'allumage du PAS et le n°2 ne sera pas lancé, suite à l'arrêt de l'ELDO. Mais à la SETIS les cogitations portaient aussi sur les développements futurs, dont EUROPA III, et sur les méthodes de conduite de programme, chacun étant conscient que celles utilisées jusqu'alors à l'ELDO n'étaient pas efficaces. Les règles et méthodes utilisées par la NASA ou autres ont été scrutées, et le sujet a fait l'objet de concertation avec l'ESA et le CNES. Il en est résulté une batterie de 8 fascicules (plus une quinzaine de fascicules annexes) publiés en français et anglais après approbation du CNES. Ces règles ont été imposées d'un bloc dans les contrats et sous-contrats de premier niveau. Elles

étaient les mêmes pour tous et non négociables, étant inséparables de la participation au programme ARIANE. Ce qui a évité bien des pinaillages, mais entraîné quelques surprises quand tel ou tel industriel a été invité à mettre en œuvre ce qu'il avait signé.

**La SM1.10** définit le rôle des contractants de premier niveau et d'autres niveaux. Elle n'a pas posé à ma connaissance de problème important, même sur la frontière peu évidente entre étage et ensemble propulsif. Peut-être un effet de l'origine commune (LRBA Vernon) de la SEP et du chef étatiste Aerospatiale.

**La SM 1.20** définit le principe de l'organigramme technique, ou arborescence des matériels (et logiciels) et les codes des niveaux supérieurs. Elle permet aussi l'identification des lots de travaux. Je n'ai pas le souvenir de difficultés d'application, y compris quand un même matériel aurait pu apparaître en deux emplacements.

**La SM1.30** définit les étapes du développement des matériels classés PCC (Produit à configuration contrôlée) : ST, DF, DI, etc., revues RDP etc. Quelque part (est-ce là ?), est appelée la notion de chef de projet, représentant tous les services de l'industriel concernant le produit. Tout cela a été appliqué, et comme le formalisme est assez lourd, la question s'est posée du nombre des PCC. Finalement arrêté à une soixantaine, ce qui paraissait déjà beaucoup, il aurait été beaucoup plus élevé si on avait voulu appliquer le processus aux nombreux organes (vannes, clapets, détendeurs, échangeurs) du H8 et avec le recul le niveau retenu paraît satisfaisant. Par ailleurs, le programme avant chaque essai majeur a pris l'habitude d'un Bilan Technique. Cette pratique, très opportune, ne figure pas, sauf erreur, dans les SM. Une telle exigence y serait à sa place.

**La SM 1.40**, Gestion de la Configuration comporte deux volets :

- Le gel de la configuration, à l'issue des revues
- La gestion des modifications

Le système des revues a bien fonctionné grâce à une préparation anticipée : briefing de chaque industriel, relance des documents à fournir, report de la revue en cas de dossier insuffisant, et à une forte implication du CNES. Nous avons été moins bons pour le traitement des actions décidées dont certaines ont anormalement traîné, comme la fourniture et l'approbation des documents corrigés ou complétés.

Pour ne citer qu'un exemple, pour montrer que les revues n'étaient pas qu'un brassage stérile de papier, lors de la RDP le projet de jupe ½ présenté par Fokker avait sacrifié la masse, qui débordait assez fortement du budget alloué. Il a fallu forcer une réduction des échantillonnages et les réserves du constructeur, pourtant familier des techniques de structures aéronautiques, n'ont été finalement levées que lors de l'essai statique. Le même scénario s'est présenté pour les jupes ERNO du 2<sup>ème</sup> étage.

Le système donnant satisfaction concernant la maîtrise du programme, il a même été étendu à quelques non-PCC. On se souvient d'une revue des chaînes électriques qui avait donné lieu à de nombreuses recommandations et dont le comité directeur progressait sans blocage, mais lentement et à 9 h du soir s'est posée la question : on reporte la suite ou on continue ? Vu l'agenda du Président, un report aurait été assez lointain, donc on continue, et la réunion s'est terminée à 2 h du matin.

Un secteur sinistré a été l'établissement des SI, spécifications d'interface entre PCC, qui a toujours

été seulement fait en régularisation. Heureusement les chefs de projet s'étaient préoccupés de leurs interfaces en temps utile. Les DCI, vérification des interfaces étaient plus tardifs encore, mais là c'est plus normal. On a même vu des SI/CI qui traitaient des deux aspects, spécification et contrôle, ce qui suggère que l'objectif de contrôle des interfaces n'était pas compris de tous.

Les commissions de modification locales CLM et centrale CCM ont été mises en place et ont fonctionné. Au début les modifications traitées étaient seulement des retouches de texte (des ST, seuls documents gérés dans un premier temps). Les modifications réelles (coquetier Viking, sangle coiffe, déplacement des FF2, clapets coiffe) ont été étudiées et décidées hors procédure, et seulement régularisées par la suite. Du moins, je pense. Le succès de la SM 1.40 en matière de traitement des modifications dans la période du développement me paraît incertain. Mais est-il vraiment possible d'appliquer dans cette période un mécanisme prévu pour des conditions stabilisées ?

**La SM 1.50.1** avait deux aspects :

- Evaluation prédictive de la fiabilité à partir de tables. J'étais un peu inquiet au moment d'assembler les données éparses et partielles des contractants, mais Daniel Roux est allé tirer les sonnettes et a abouti à un rapport très honorable, mais qui n'est jamais qu'une prévision de fiabilité. Il confirme simplement qu'il n'y a pas de point faible flagrant. Rappelons que cette évaluation concerne les pannes aléatoires et ne couvre pas les faiblesses de conception. Des échecs rencontrés lors des premiers vols, la plupart ont été classés dans cette dernière catégorie, seul l'échec de V36 (affaire du chiffon) étant classable comme aléatoire.
- Politique « composants ». Elle avait pour objectif principal la qualité des composants électroniques. A cette fin a été publié un catalogue des composants recommandés. Puis après que les industriels aient annoncé leurs choix dans et hors catalogue, un examen individuel pour recentrer le plus possible sur les composants et fournisseurs du catalogue et ainsi constituer la liste des Composants ARIANE, avec un maximum de fabrication en Europe, non pas pour motifs économiques mais par crainte d'un embargo, ITAR ou analogue. On arrive à un panel d'une centaine de fournisseurs pour 300 types de composants. Pour chaque type, on a fait établir une spécification « ARIANE » définissant lotissement, marquage, inspections en fabrication, essais de lots, etc. Chez chaque fabricant les commandes faites par les divers industriels utilisateurs ont été regroupées en lots ARIANE. Pour les fournisseurs hors Europe, on a passé des commandes globales couvrant la totalité du programme de développement, ce qui était d'autant plus pertinent que pour certains composants les quantités étaient faibles. Pour certains composants une inspection était prévue avant encapsulation. Malgré quelques grincements, la politique retenue a été exécutée de bout en bout, mais pour la série il a été constitué une centrale d'approvisionnement, avec ses propres règles.

**La SM1.50.2** portait sur la Qualité et demandait à chaque industriel d'établir un Plan Qualité, ce qui fut fait, après quelques pressions et améliorations pour obtenir des annonces d'actions concrètes, suite aux remarques de l'AI et du CNES sur les projets de Plans. Ceux-ci étaient pleins de bonnes intentions, mais les actions ne suivaient pas nécessairement. Le CNES a fait un gros effort pour s'assurer la collaboration des services d'inspection locaux (le SIAR en France, et des analogues à l'étranger) à qui ont été délégués les points de contrôle techniques (mais pas les financiers). Ceci fait, le CNES a repris le suivi des rapports et réunions qualité prévus par la SM, et

je n'ai pas vraiment d'écho de ce processus, et des autres promesses des Plans Qualité, ce qui est plutôt rassurant. Mais l'AI était furieux et de ce fait l'Architecte a ostensiblement boudé le Cross ARIANE, dont c'était à ce moment la première édition.

**La SM 1.60** était destinée à assurer la cohérence des plannings. Chaque industriel, au moins le premier niveau, était en fait libre de gérer son planning interne, mais devait fournir pour le planning PERT du programme un réseau représentatif de son activité (et les mises à jour) de façon à l'intégrer dans le réseau général. Il était, à part cela, tenu un planning à barres permettant le suivi des grandes étapes, essais, livraisons, le DV 1-01.

Si ce dernier n'a pas posé de problème, les contacts directs permettant sa mise à jour avec des dates approuvées par le CNES, en revanche le volet PERT n'a pas été un succès. Les réseaux des contractants étaient très hétérogènes, et non intégrables faute de points repères clés. Tardivement on les a simplifiés pour pouvoir les raccorder, mais le calcul PERT n'a fonctionné que sur la fin du programme, au moment où il n'était plus utile. En fait l'articulation du programme était plus arborescente que réticulée, et un traitement PERT n'aurait pas apporté beaucoup. La racine de l'échec était dans la SM qui n'avait pas prévu de mécanisme de standardisation permettant l'intégration des réseaux.

En revanche l'institution de Plans à Long Terme couvrant pour chaque contractant l'ensemble du programme, avec détail seulement pour l'année en cours et révision annuelle s'est avérée à mes yeux, satisfaisante. Ce détail, constitué par les fiches de lots de travaux, était assez fin (de l'ordre de 1 000 à 2 000 h pour nous). Les rapports d'avancement mensuels ont été remplacés par les CR des réunions mensuelles d'avancement. Diffusés immédiatement, incorporant les planches de la présentation orale et les points marquants de la discussion, ils se sont avérés plus efficaces que des documents plus figiolés mais tardifs. Les rapports financiers (trimestriels ?), libellés en heures (les taux horaires, main d'œuvre et calcul étaient définis ultérieurement en dehors de la gestion du programme) faisaient l'objet de réunions et d'explications (éventuellement de gravures) à part. Il semble que cette procédure, ni trop fine, ni trop globale, ait donné satisfaction.

**La SM 1.70** traitait de la documentation : numérotation ARIANE en plus de la numérotation société, utilisation d'une page ARIANE au format standardisé, dépôt chez l'Architecte d'un exemplaire des documents configurés (dont les liasses). J'ai gardé le souvenir qu'un industriel était défavorable au principe de faire apparaître le nom de l'auteur, en plus du signataire hiérarchique. Or si en général il vaut mieux s'adresser au bon dieu qu'à ses saints, si on veut un éclaircissement sur un chiffre ou une phrase, il vaut mieux accéder à l'auteur qu'à un grand chef. Il était prévu de tenir un répertoire informatique largement accessible de cette doc, mais je crois que cela n'a été réalisé qu'ultérieurement. Les procédures d'approbation et d'acceptation des documents sont définies dans cette SM, mais la seconde n'a pas été utilisée.

Un certain nombre de questions se sont posées dans l'utilisation des SM, et elles ont fait l'objet de ce que l'on peut appeler une jurisprudence, officialisée par une bonne quinzaine de GR (règles générales). Ces questions et réponses avaient vocation à être intégrées dans les évolutions des SM pour les programmes suivants, ce qui a probablement été fait au moins en partie.



## Les Spécifications Générales (SG)

Coordonner un programme comme ARIANE ne peut pas se limiter au management tel qu'on vient de l'évoquer, il faut également des règles techniques et des données communes. Ceci a été le rôle des SG (Spécifications Générales)

La **SG1-10** et ses compléments SG1-11 et 1-12, NT 11-19 et NT 1-213, traitent du dimensionnement des structures. Elle pose des principes comme le dimensionnement aux épaisseurs mini, la prise en compte des sur-flux aux interfaces, les qualifications avec représentation des structures contigües... le seul point qui ait posé problème est l'exigence concernant la mécanique de la fracture. C'est-à-dire le traitement des criques. La fatigue classique est de peu d'intérêt pour nous, vu le nombre très restreint de cycles opérationnels. Il aurait fallu se donner des règles concernant la corrosion sous tension et les critères d'acceptation des défauts de soudure, sujets qui ont été traités au cas par cas sans conduire, à ma connaissance, à des règles explicites. Pour les amateurs de polémiques, on peut se reporter au chapitre 14 du livre de souvenirs de Bouttier. Un cas inattendu s'est présenté avec l'épisode du L33 siffleur de la Maquette Dynamique. Par ailleurs un critère a été proposé concernant le serrage des boulons des brides inter éléments et inter étages.

La **SG1-20** donnait deux trajectoires types. Elle n'a pas été retouchée au cours du développement. Pas plus que la SG 1.21 (flux de chaleur sur la paroi externe) et la SG 1.22. Celle-ci, qui définit les efforts par tranches aux instants critiques du vol, a fait l'objet d'une vérification en fin de programme, car la poussée des moteurs et la masse du satellite avaient augmenté au fil des années. Cette vérification a montré que le coup de pouce de 5 %, qui avait été discrètement donné initialement aux charges brutes, couvrait ces évolutions, évitant tout besoin de retourner aux dossiers de qualification. Les SG1.21 ; 23 (ambiance interne) ; 24 (charges diverses), ont reçu par la procédure de modifications, quelques compléments pour boucher quelques lacunes, mais sans effets significatifs. La SG1.25 spécifiait la rigidité d'un certain nombre d'éléments, mais sous des formes qui n'étaient ni nécessaires, ni vérifiables, ni dans certains cas réalisables. Ces exigences ont été reformulées, quant à la forme et aux chiffres, pour aboutir à un accord entre les besoins système et la réalité mesurable. La fixation du tore d'eau du L33 a été quelque temps sur la sellette.

La **SG 1.30** portait sur la conception des chaînes électriques. Son approbation a été longue et difficile. Pour en sortir on a restreint la spécification à ce qui était strictement l'expression des besoins système. Ce n'était, en effet, pas l'objectif de dire aux contractants comment faire une horloge ou un convertisseur, mais d'assurer la séparation des chaînes, la continuité des blindages et des masses, la protection des interfaces. La même philosophie a été appliquée à la **SG 1.34** (Conception du logiciel bord). Au contraire la **SG 1.31** sur la pyrotechnie comprend une importante partie didactique. Peut-être est-ce cette approche qui lui a permis d'éviter les querelles d'école, mais il a quand même fallu y apporter une douzaine de modifications pour obtenir l'approbation.

La **SG1.35**, essais EMC sur les sous-ensembles, sortis fin 76, posait la question des niveaux acceptables, bruit et susceptibilité sur les prises d'interface, émissions et susceptibilité radio électriques. Des valeurs ont été retenues, avec des justifications peut-être fragiles. Les essais réalisés (sur la maquette électrique par l'AI) auraient peut-être mérité une exploitation spécifique.

La **SG1.40** (qualification et réception des équipements électriques et câblages) fait partie des SG fondamentales et a été publiée dès 74. A l'origine, les essais prévus étaient calqués sur ceux des missiles militaires, ils ont été révisés à plusieurs reprises, jusqu'en mi 77, en particulier les essais thermiques ont été atténués. Par dérogation à la SG, il a été accepté un notching (atténuation du niveau d'excitation vibratoire sur une fréquence de résonance) pour la centrale inertielle. La SG 1.40 est un catalogue d'essais. Il manquait de dire quel essai était demandé à tel ou tel équipement, lacune comblée assez tardivement par la NT 0-67.

La **SG 1.41**, essais dynamiques de sous-ensembles, avait pour but de vérifier que tous les équipements de bord étaient bien attachés. Ils étaient prévus sur des fonds AV ou AR équipés, excités par des pots vibrants. Pour réaliser ces essais, peu ou pas pratiqués antérieurement, il a été nécessaire de pratiquer deux retouches par rapport à l'édition initiale, mais *in fine* les essais ont été réalisés (avec succès).

\*

Outre d'exister, et pour l'essentiel dès le début du programme, le mérite des SG est leur relative stabilité, le nombre et l'ampleur des modifications ayant été très limités. Il y a certes eu besoin d'un certain nombre de compléments, qui ont fait l'objet de modifications ou de notes CNES, AI, Etagiste dont certaines avaient vocation à être intégrées lors des programmes suivants.

\*\*\*

La réussite d'ARIANE est à mon avis largement due à la qualité et à la motivation de tous, et au management du programme. Ce management a retenu l'attention d'autres institutions qui s'en sont inspiré pour leurs propres programmes. Mais cette réussite doit plus encore à la qualité du projet initial. Un super management ne peut pas sauver un mauvais projet. Lockheed est sans doute aussi bon manager que les autres. La conduite des projets aux Skunk Works a été très admirée. Mais cela n'a pas pu sauver le programme X33, parce que le projet était mauvais. Félicitons nous d'avoir eu à travailler sur un bon projet, ni trop conservateur, ni trop audacieux, et ayant un objectif clair et utile.



## Thème II - Un développement européen maîtrisé

### L'acquisition progressive de technologies critiques – Cas de la cryotechnie



**Jean-Pierre LIVI chef de Projet, assisté de Francis Ligier** spécialiste moteur cryotechnique ont œuvré pour le développement du moteur HM7.

Leur présentation relate les débuts de la propulsion cryotechnique à Villaroche, puis la reprise de ce développement en 1973, jusqu'à la validation pour le premier lancement. Ainsi que le traitement des premiers échecs en vol qui ont permis la fiabilisation de ce moteur.



#### *Phase pré-programme ARIANE*

Les travaux d'étude de la propulsion cryotechnique vont débiter en France en 1961 avec un programme de remplacement des 2<sup>ème</sup> et 3<sup>ème</sup> étages à propergols solides du lanceur DIAMANT par des étages à ergols liquides hydrogène et oxygène propulsés respectivement à l'aide d'un moteur de 6000 daN et un autre de 400 daN. Ce programme initié par la SEREB est confié à la SEPR par la DTEn. Il est arrêté en 1964 suite au lancement du programme EUROPA 1 qui ne prévoit pas de propulsion cryotechnique.

Néanmoins la DTEn sous l'égide de l'IG Soufflet engage la poursuite des travaux sur le moteur de 6000 daN, le HM6, pour évaluer notre capacité à mettre en œuvre ce type de propulsion.

Celle-ci sera démontrée malgré une première mise à feu explosive imputée à la séquence d'allumage d'une part et d'autre part à une accumulation d'hydrogène dans la partie fixe du caisson de simulation d'altitude placée à l'arrière du moteur, l'hydrogène piégé s'étant allumé en même temps que le moteur.

Outre la modification de la séquence d'allumage, cet incident conduira à installer des moyens de dispersion de cet hydrogène gazeux, des trompes de chasse et des brûleurs, qui furent maintenus sur les moyens d'essais ultérieurs. Reprise des essais en Juillet 1967, la campagne de démonstration s'achèvera en fin 1968 par un tir de 200 s limité par les moyens d'essais. Cependant, ce succès n'est que partiel car la poussée démontrée n'a été que de 4000 daN/HM4 en raison de problème de dynamique de rotor, limitant la vitesse de l'arbre grande vitesse à 40.000 tr/mn.

La SEPR commande alors une étude critique de la turbopompe (HTp1) à Rocketdyne (USA) qui, pour l'essentiel, préconise d'intervertir le positionnement joint dynamique/roulement pour réduire le porte-à-faux des rotors. Cette modification de position des roulements devenant immergés dans les ergols, donc non lubrifiables, va conduire à un long développement, pour lequel la SEPR/SEP va obtenir du CNES un soutien dès 1969.

Assez rapidement la vitesse nominale de 60.000 tr/mn est atteinte sur des essais de courte durée démontrant l'efficacité de la modification d'architecture, mais des sauts de température des roulements conduiront à des dégradations de ceux-ci. Un programme technologique sur la fabrication de ces roulements spécifiques est engagé avec les fournisseurs. Ces travaux se poursuivront après le début du programme ARIANE.

Par ailleurs, alors que le programme EUROPA débute, CECLES/ELDO lance les études de la version EUROPA 3 comportant un moteur cryotechnique à flux intégré pour lequel SEP et MBB auraient à collaborer au sein d'un nouvel organisme CRYOROCKET, SEP pour la partie alimentation (Tp) et MBB pour la combustion. C'est le début d'une collaboration qui s'arrêtera avec la fin d'EUROPA, mais renaitra avec ARIANE.

### **Phase ARIANE**

1973 - Le CNES présente le projet LIIS dont la propulsion est basée sur des moteurs n'ayant pas dépassé le stade du démonstrateur, tant Viking que HM6 moteur quadri-chambres, évolution du HM4 par changement de la turbopompe HTp1 en HTp3. La configuration finale retenue sera un mono-chambre de 6000 daN pouvant croître à 7000 daN, le HM7.



L'eupéanisation du programme va en particulier recréer l'association SEP/MBB, ce dernier étant chargé du développement de l'ensemble chambre de combustion-divergent. Cette nouvelle configuration est plus fiable (un seul allumeur) et plus économique, mais conduit à devoir développer de nouvelles technologies, aussi bien pour les équipements que pour la chambre de combustion. L'ensemble turbopompe / générateur de gaz / bloc d'injection / démarreur est issu du programme d'amélioration 1969/1972.

La chambre de combustion est de conception inspirée de celle des moteurs de la navette US qui est développée à cette époque.

Un programme de prototypes initié par MBB comprenant des fabrications et des essais a validé cette nouvelle technologie (*Repères : en 69-74 la SEP développe la TP (HTp3), le premier essai HM7 a lieu en 1975, la navette fut développée de 1972 à 1981 (FL)*).

A ce stade nous disposons de briques, certaines fragiles.

### **Pics de température sur les roulements noyés**

Dès le début des essais avec roulements immergés apparaissent des échauffements surtout coté hydrogène. Différentes pistes seront suivies :

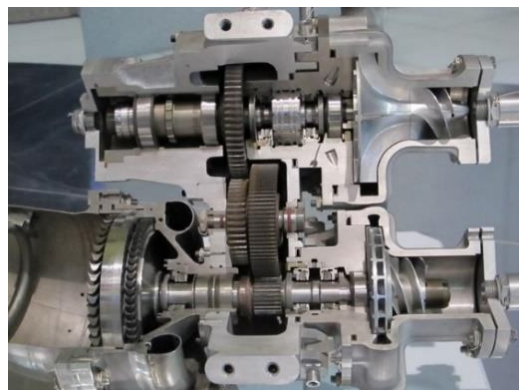
- Action sur les dispersions dimensionnelles des billes et des pistes conduisant d'abord à un tri puis à l'introduction de nouvelles finitions et de revêtement des pistes Ni-Ag-MoS<sub>2</sub>, qui arriveront bien après L01, et qui n'élimineront pas totalement les pics de température.
- écarts de charge axiale conduisant à la modification de la contre-pompe, au flasquage du rouet hydrogène, mise en cause du coulissement des bagues et de l'action des rondelles de charge.
- pollution des ergols refroidissant les roulements traités par introduction de filtres
- Coté turbine évolution du graissage.

Toutes ces actions ne feront pas disparaître les pics de température mais les rendront acceptables donc qualifiables, aucun n'ayant avant L01 conduit à une défaillance majeure.

## **Lubrification des engrenages**

Pendant le fonctionnement du moteur, la lubrification des pignons est assurée par pulvérisation de tributylphosphate à l'aide d'hydrogène gazeux prélevé à la sortie du circuit régénératif de la chambre de combustion donc inactif au moment du démarrage.

A l'origine, le schéma initial comportait une petite sphère d'hydrogène gazeux permettant de débiter la lubrification à la fin de la mise en froid des pompes et avant le démarrage du moteur. La recherche de réduction de masse sur l'étage a conduit à la suppression de ce système.



Pour assurer la lubrification des engrenages dès le début de rotation de la turbopompe, une prélubrification faite avec les moyens sol à J-7 (alors que le moteur est encore accessible et que sa mise en froid est ultérieure) venant compléter l'enduction des dentures au MoS<sub>2</sub>, fut décidée et appliquée.

Cette procédure fera apparaître deux difficultés :

- quid de la répartition du lubrifiant (stratification par gravité) pendant la période précédant la mise à feu
- risque de gel du lubrifiant pendant la mise en froid de la turbopompe empêchant le démarrage de celle-ci (problème rencontré en développement).

Pour y remédier une procédure de rotation manuelle de la pignonnerie destinée à répartir et minimiser la quantité de lubrifiant a été développée. Avant L01, c'est le seul point critique identifié sur la pignonnerie mais n'ayant pas entraîné de défaillance après application de la procédure précitée. Mais entre 1980 et 1982, quatre turbopompes feront apparaître des dégradations sur les pignons, attribuées à des défauts de lubrification mais sans rupture et arrêt de la Tp.

Une modification du lubrificateur sera lancée. Il ne sera malheureusement disponible qu'après L5.

Cet échec de L5 dû à un arrêt de la turbopompe après environ 250 s de fonctionnement, fût attribué à deux causes possibles jugées équiprobables :

- défaut de réalisation du carter d'engrenages qui avait cependant passé les essais de recette de la Tp puis du moteur sans anomalie.
- défaillance du lubrificateur, hypothèse renforcée par un accident du même type qui surviendra 2 ans plus tard en recette d'une Tp par défaillance du système d'alimentation du lubrificateur.

D'une part un programme de redéfinition des pignons fut lancé. Il aboutit à des améliorations du process de fabrication sans changement de définition.

D'autre part le système de lubrification a été revu et doublé, mais plus tard en 87 au titre de la consolidation des problèmes résiduels.



## Joint d'étanchéité dynamique

Depuis l'origine du HM4, il y a eu des problèmes d'étanchéité sur ce type de joint pour lequel des améliorations continues ont été apportées par le fabricant Sealol portant essentiellement sur l'état de surface final de la bague tournante, la nature du carbone du nez de friction.

Certaines de ces difficultés techniques paraîtront maîtrisées pour la qualification, mais d'autres apparaîtront ultérieurement comme des ruptures des becquets de diffuseur de pompe H2, et de fissuration des rouets de pompe, liées à des problèmes de fabrication conduisant à un complément de développement continu.

## La chambre de combustion

Comme pour la turbopompe la technologie proposée par MBB pour la chambre résultait de réalisations et d'essais. Néanmoins des problèmes apparurent :

- hétérogénéité de la combustion réglée par l'introduction d'une hélice (swirler) dans les canaux d'injection de l'oxygène liquide.
- criques sur l'enveloppe interne au niveau du col conduisant à un changement de la nuance du matériau (cuivre).

Concernant l'allumage, il n'y eut aucun problème avant V15/V18. L'explosion survenue lors d'un essai de l'ensemble propulsif en 1978, qui retardera les essais de qualification à Avril 1980, étant attribuée à la spécificité de l'injecteur monté dans la chambre et au manque d'efficacité de l'allumage par le sol de l'hydrogène de mise en froid.

Retour à 1985 : La première défaillance de l'allumage de la chambre sur V15 fut attribuée à une fuite de la vanne d'injection hydrogène ayant sur-refroidi l'allumeur. Après modifications sur la vanne, nouvelle défaillance de l'allumage à V18 qui va conduire à la modification de l'allumeur : Puissance triplée, bi-jet au lieu de mono-jet.

Hors le moteur HM7, d'autres organes, liaisons ombilicales sol-bord (plaques à clapets), organes de contrôle de pression des réservoirs (OCP), participèrent au développement de la propulsion cryotechnique avec des déroulements parfois chaotiques (ex les OCP...issus du programme Blue Streak).

Hors la propulsion stricto sensu (moteur HM7) ils contribuèrent de manière aussi importante à l'aboutissement de l'étage cryogénique H8 et de ses évolutions.

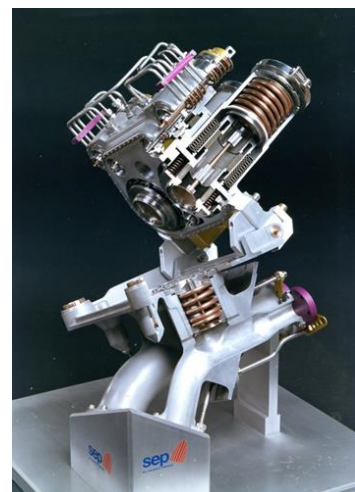


## **Les principaux organes de l'étage H8**





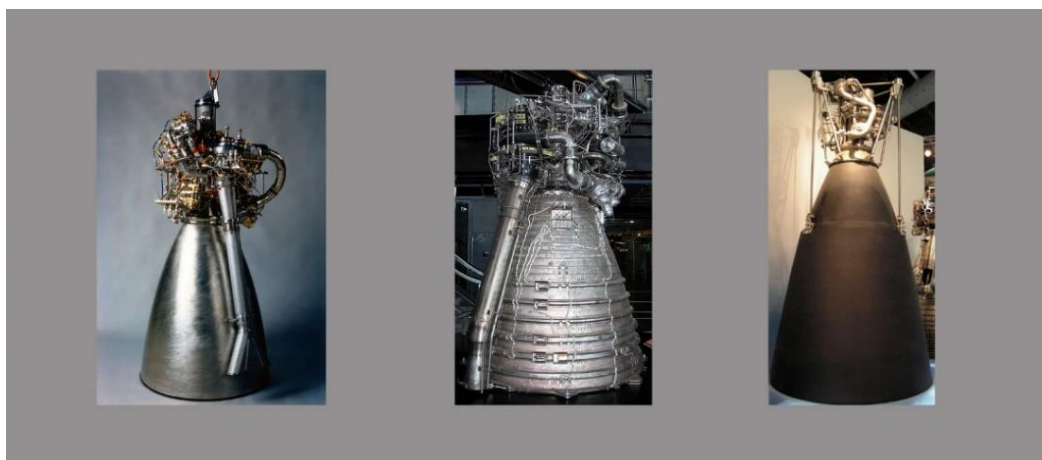
Parmi les organes les plus sophistiqués, citons les plaques à clapets (ci-contre une plaque hydrogène).



*En dehors de ces défaillances techniques qui, pour beaucoup, arriveront après la qualification et L01, les délais de production devenaient critiques car le nombre d'exemplaires passait de 2/4 par an (objectif du début du programme) à 8/10/12 avec la commercialisation d'ARIANE. A partir de 1986/1987 un premier programme de consolidation accompagné d'investissements en fabrication (FAO, salle blanche etc ...) va participer à une meilleure reproductibilité du produit mais sans faire disparaître certains problèmes avec lesquels il faudra vivre. La mise au point finale de la turbopompe se produira dans les années 90, avec la résolution des derniers problèmes : vibrations 1000 Hz, fuites de joints tournants J3 et J5 placés à l'arrière de pompes. Pour arriver enfin à une absence quasi complète de difficultés à partir de l'année 1995.*

*En conclusion, le moteur HM7 est le seul matériel du programme ARIANE, issu d'une étude débutée en 1962 dirigée par Jean Dardare (SEP), à avoir participé à ce jour (fin novembre 2019) à 220 lancements sur 250 depuis L01.*

*Je terminerai en saluant la mémoire de Jean Grappein concepteur des turbopompes (du temps de la règle à calcul et de la table de logarithme) et responsable technique du développement du HM7 à la SEP et celle de Elmuth Deddera qui dirigea celui de la chambre de combustion et de son divergent chez MBB qui avec tant d'autres nous ont permis de vivre cette histoire de plus de 40 ans.*



HM7

Vulcain

Vinci

Référence : livre édité sous l'égide des « anciens de la SEP »  
LA LEGENDE D'UN DEMI-SIÈCLE DE MOTEURS-FUSEES  
Histoire de Villaroche Nord

## Thème II - Un développement européen maîtrisé

### Gestion des adaptations de l'ensemble de lancement ELDO

#### Michel MIGNOT



Chef du projet ELA1, puis chef des projets ELA2 en 1980 et Moyens sol A5 en 1987 avant de devenir Directeur du CSG en 1992.

L'exposé nous présente la phase chantier avec les défis à relever pour adapter le pas de tir EUROPA2 au lanceur Ariane 1, intégrer les équipements dans le mat ombilical, puis la phase de validation avec la maquette ergols et de qualification lors de la première campagne. L'exposé aborde également l'implication des industriels européens et le Retour d'expérience de ce développement pour les futurs ensembles de lancement.

CETTE PHOTO DE L'ACTUEL Ensemble de Lancement VEGA, je l'ai prise, en Août 2019, lors d'une visite grand public du Centre Spatial Guyanais avec mes petits-enfants, nous avons eu la chance quelques jours auparavant, le 6 août, d'assister depuis le site Toucan au superbe lancement d'ARIANE 5, V 249.



Nous rappelons dans cette contribution le premier ...

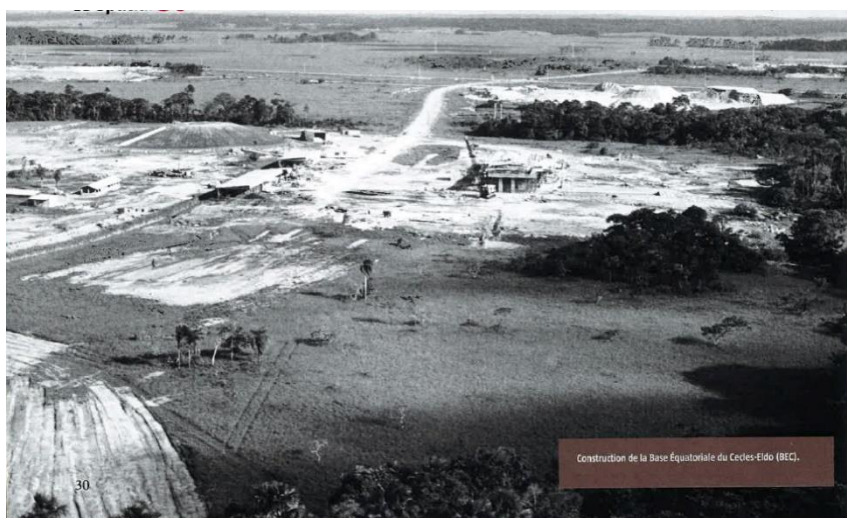
Nous étions donc, sur une plateforme d'observation utilisée lors des visites des ensembles de lancements, qui n'était autre que le toit de l'ancien centre de lancement d'EUROPA 2, puis d'ARIANE 1, bâtiment circulaire fortement protégé contre les explosions ou retombées toujours envisagées.

50 ans d'histoire 1969-2019 étaient lisibles sous nos yeux, et mes souvenirs revenaient vite. En effet, jeune ingénieur des Arts et Métiers, j'intégrais, à 26 ans, le CNES en 1967 dans la division Equipement Guyane dirigée alors par Yves Sillard qui m'avait recruté pour intégrer la petite équipe de Michel Bourriaud chargée de la conception et de la construction des Ensembles de lancements du tout nouveau CSG, avec pour moi la perspective d'être détaché en Guyane pour le suivi de la construction des sites DIAMANT et EUROPA 2 et d'amener ces projets jusqu'à leurs premiers lancements prévus en 70 et 71, mon détachement à Kourou eu lieu en mars 1969, où, avec plaisir, je retrouvais au CSG Yves Sillard qui allait en devenir le directeur à 33 ans. Sur la photo, toute la partie arrière : le château d'eau si caractéristique dans le paysage, la rampe d'accès au chemin de roulement de la tour mobile, toutes les infrastructures protégées en dessous de la plateforme, ainsi que le centre de

lancement blindé datent pour leurs constructions de cette année 1969, il y a exactement 50 ans ! Et ce, pour le projet EUROPA 2 de l'ELDO, puis totalement réutilisés pour le premier Ensemble de Lancement ARIANE ELA 1 dont nous célébrons le 40<sup>ème</sup> anniversaire d'ARIANE L01, premier des 25 lancements ARIANE effectués depuis ce site historique.

Mais ce ne fut pas une petite affaire d'adapter l'Ensemble de lancement d'EUROPA 2 (ELE) au nouveau lanceur ARIANE près de 50% plus grand !

**UN PETIT RAPPEL** de la fin des projets EUROPA du CECLES/ELDO n'est pas inutile, afin de comprendre le contexte de cette adaptation majeure.



Chantier de l'ensemble de lancement ELDO

En 1968, 69 et 70 la construction de l'Ensemble de lancement EUROPA en Guyane, devait permettre la relève du site australien de Woomera.

Le nouveau site équatorial du CSG idéalement placé ouvrait de grands espoirs à l'Europe Spatiale avec le lanceur EUROPA 2 et l'ambition de trouver, enfin, la voie du succès avec le premier lancement F11 depuis Kourou pour, après

analyses et corrections, surmonter tant d'échecs des lancements d'essais et de développement précédents en Australie. Un lanceur plus performant et ambitieux EUROPA 3 était même en cours de définition et de proposition.

1971: Validations du site avec une véritable maquette d'un lanceur réel, le VRME, pour permettre tous les essais électriques, mécaniques et de remplissages jusqu'à un court allumage des deux moteurs RZ2 Rolls-Royce LOX/Kéro du premier étage BLUE STREAK.

Tout se déroule parfaitement, la campagne F11, tant attendue, peut commencer. Elle se déroule sans difficultés majeures tout comme la chronologie du 5 novembre 1971.



Maquette VRME du lanceur EUROPA



Lancement F11 : stupeur, nouvel échec en vol, dont l'exploitation montrera que les charges électrostatiques sur la coiffe, non canalisées, ont perturbé la centrale inertielle et conduit à une destruction du lanceur à 150 s en fin de vol du premier étage au large de la Guyane. Dure loi des lanceurs, où la limite entre échec et succès tient souvent à une « petite » cause mais aux grandes conséquences. Celle-là sera même in fine fatale, un an plus tard, aux programmes EUROPA 3 fin 1972 puis EUROPA 2 en avril 1973 alors que le 1<sup>er</sup> étage de F12 arrive à Kourou

Cependant ce ne fut pas immédiat. En effet en 1972, après ce nouvel échec deux stratégies ont cours :

- L'une au sein de l'ELDO : après une reprise en main musclée par le Général Robert Aubinière, qui avait porté avec succès les débuts du CNES pendant ses 10 premières années, devient Secrétaire Général du CECLES/ELDO et veut poursuivre les programmes EUROPA après les avoir restructurés techniquement. Sa priorité est de lancer par un moyen européen les 2 satellites franco-allemand SYMPHONIE avec F13 et F14. Il confie le programme EUROPA 2 à Gérard Chauvallon et le programme EUROPA 3 à d'excellents ingénieurs des lanceurs et de conduite de projet : Yves Sillard comme Directeur du programme, assisté de Frédéric d'Allest pour l'étage cryotechnique H2O et de Roger Vignelles intégré dans l'équipe de l'étage à ergols stockables L150. Le CNES continue, pour ces nouveaux responsables, d'étudier le nouvel ensemble de lancement spécifique en Guyane pour EUROPA 3. Une première proposition technique et financière de 40 M\$ avec un avant-projet sommaire est faite. Le site est choisi au Nord-Ouest du site EUROPA 2 sur « Roche Dégonde » et les premières reconnaissances de sol sont effectuées. Avec Yves Dejean et Jacques Barlatier responsables de la Logistique et des Infrastructures du CSG, j'y ai conduit plusieurs fois en visite les autorités du projet EUROPA 3 qui, fort enthousiastes, n'avaient aucun doute sur sa réalisation.
- L'autre stratégie était menée au sein du CNES dirigé, après le départ de Robert Aubinière, par son nouveau Directeur Général, Michel Bignier. Une proposition est étudiée : celle d'un lanceur moins ambitieux techniquement et 30 % moins coûteux qu'EUROPA 3 appelé L3S (en fait Lanceur de Substitution à EUROPA 3 !). Au siège du CNES la Direction des programmes d'André Lebeau avec Jean Gruau et Jean-Pierre Morin est chargée de mener cette stratégie mais surtout avec le concours très actif et passionné des responsables de la Division Lanceur du CNES, notamment Albert Vienne, Roland Deschamps, Etienne Gire, et Hubert Palmieri pour les opérations, qui conduisaient le programme DIAMANT. Ils se mirent rapidement au travail tout le premier semestre 1972.

Albert Vienne et Hubert Palmieri, que j'avais bien connus lors du développement du programme DIAMANT au CSG, me demandent, lors de plusieurs missions, de participer à leurs réflexions et d'y apporter mon concours pour les installations sol associées. Mes connaissances précises de



l'Ensemble de Lancement EUROPA 2, mon implication dans le nouvel ensemble de lancement d'EUROPA 3 et de ses interfaces sol semblaient utiles.

Dans l'hypothèse L3S, le programme EUROPA 3 n'existait plus et vraisemblablement le programme EUROPA 2 serait stoppé. Dans un premier temps, afin de réduire les coûts de l'ensemble de lancement L3S sur les infrastructures étudiées pour EUROPA 3, l'ensemble EUROPA 2 est analysé en détail, système par système, pour identifier les équipements récupérables hors infrastructure.

Un inventaire complet en a été dressé ainsi que les coûts associés de démontage et déménagement sur un nouveau site. Une première économie de l'ordre de 10 à 15 % pouvait être envisagée sur les installations de L3S/EUROPA 3 en Guyane.



Les BLUE-STREAK du VRME et de F12 bradés chez un ferrailleur de Kourou !

La stratégie proposée par le CNES est, à l'automne 1972, supportée par le Président Georges Pompidou, Michel Debré Ministre de la Défense et Jean Charbonnel Ministre de tutelle du CNES qui au passage choisit le nom ARIANE pour joliment et définitivement renommer le projet L3S ...!

1973 : Fort du soutien politique, le Directeur

Général du CNES, Michel Bignier, crée une Direction des Lanceurs, il en confie la Direction à Yves Sillard, le projet ARIANE à Frédéric d'Allest avec Roger Vignelles pour les étages L140 et L35 et ses moteurs Viking à ergols stockables et à Claude Quièvre l'étage cryotechnique H6 et son moteur HM6. Les trois premiers dirigeants cités étant de retour du programme EUROPA 3 de l'ELDO qui venait d'être stoppé, lors de la conférence ministérielle du 20 décembre 1972, et possiblement substitué par le projet L3S du CNES.

Il fallait rapidement pour la Conférence ministérielle européenne suivante, qui se tiendra en deux étapes en juillet 1973, établir une proposition consolidée pour le programme ARIANE, la France en garantissait le coût forfaitaire et 60 % du financement.

Je rentre du CSG à cette époque pour intégrer la Division Essais et Lancements DLA/EL d'Hubert Palmieri, pour mener, pour le programme ARIANE, les projets Sol Europe et Guyane.

#### **Avril 1973 : LA NOUVELLE DLA DU CNES EST AU TRAVAIL**

Un projet commun, ARIANE, à mener dans les 7 années avec des objectifs clairs, techniques, financiers, calendaires forfaitaires fermes, soude rapidement les équipes ex L3S et ex EUROPA 3. Le Directeur Yves Sillard et le Chef de projet Frédéric d'Allest, anciens du CNES, sont des leaders incontestés de la DLA et respectés dans l'industrie européenne des lanceurs.

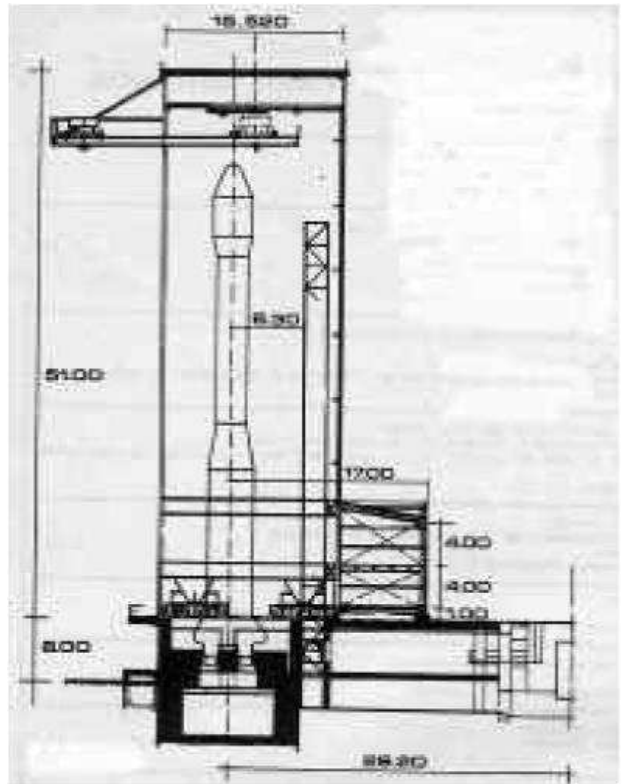
Lors d'une session du Conseil du CECLES/ELDO le 27 avril 1973, le programme EUROPA 2 est définitivement abandonné, alors que le premier étage BLUE STREAK destiné au lancement F12 arrive à Kourou...

Le site de lancement EUROPA 2 en Guyane, 25 MUC pour un seul lancement semble « sans avenir ».

Sauf très partiellement en récupérant certains équipements adaptés pour les transférer sur le site prévu pour EUROPA 3, site d'un montant de 40 MUC et compatible du projet L3S/ARIANE, réduisant ainsi son coût de l'ordre de 5 MUC pour le ramener à 35 MUC environ.

C'était sans compter sur la détermination d'Yves Sillard le Directeur des Lanceurs !

Lui-même rappelle encore sa détermination, dans son intervention lors de la célébration des 30 ans d'ARIANE en Guyane en 2009 : La réalisation de l'ELA2 a mis du baume au cœur de nombreux ingénieurs de la DLA traumatisés par la décision que j'avais prise en début de programme d'imposer pour l'ELA1 la réutilisation du pas de tir ELDO tout neuf en s'imposant des contraintes non négligeables. Décision que je ne regrette toujours pas et qui a permis de contribuer au respect de l'enveloppe financière et a fortement souligné l'impératif de respect des coûts et du refus de tout gaspillage.



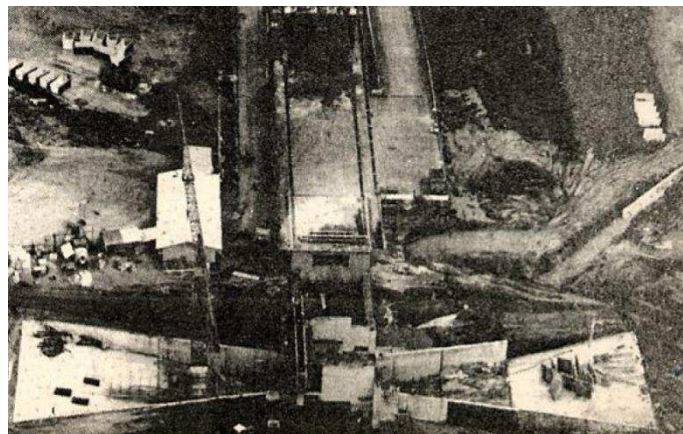
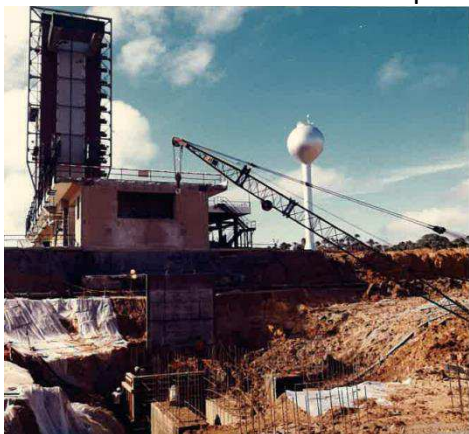
## LES CONTRAINTES ET LES ADAPTATIONS DU SITE EUROPA 2 POUR REALISER L'ENSEMBLE DE LANCEMENT ARIANE (ELA)

- Les Contraintes géométriques : le lanceur EUROPA 2 mesure 32 m, le lanceur ARIANE (optimisé en L140, L33, H8, coiffe) mesure 47 m, il manque 15 mètres soit près de 50 % de la hauteur d'EUROPA 2 !
- Philippe Couillard, responsable système dans l'équipe projet, m'aide un peu en plaidant un azimut de lancement plus confortable à partir du site envisagé pour EUROPA 3 qui optimisait la performance du lanceur en supprimant la manœuvre d'un dog-leg pour éviter un risque sauvegarde sur Kourou. De plus l'orientation du site, meilleure par rapport aux vents dominants, limitait les contraintes de vent au décollage avec le mat ombilical fort proche sur le site EUROPA2.
- Rien n'y fait, Yves Sillard reste inflexible et demande que l'on ne le dérange plus pour lui expliquer que la récupération du site ELDO est impossible ...!
- Il a donc fallu se remettre sur la planche, et surtout sur le site EUROPA 2 pour trouver une solution technique et opérationnelle.

Deux possibilités théoriques pour dégager les 15 mètres manquants, soit enterrer la table de lancement de 15 m devant le massif d'EUROPA 2, soit surélever la tour de 15 m. Aucune des deux n'était crédible, on ne pouvait pas faire décoller le lanceur d'une fosse de 15 m, ni surélever la tour de 15 m sans la refaire complètement.

Une solution mixte fut alors imaginée en répartissant les 15 m sur ces deux possibilités. Différentes variantes ont été étudiées par les équipes de la Division du Centre de Toulouse : Equipement et Infrastructures Sol dirigée alors par Georges Jeambrun qui mit toutes ses équipes à disposition, notamment le Département technique de Christian Teinturier.

Surélever du maximum possible structurellement la Tour par le bas, tout en cherchant à positionner au mieux ses nombreuses passerelles pour ARIANE, et le reste pour trouver les 15 m en surbaissant la table ARIANE par rapport au niveau et au-devant de celle d'EUROPA 2.



L'optimum retenu fut de surélever en une seule opération globale de relevage de 6,5 m par le bas la tour de 750 tonnes avec des vérins hydrauliques et d'abaisser le massif et la table de 6 m en le réalisant devant celui d'EUROPA 2 et enfin de consommer environ 2,5 m de la marge restant sous le pont roulant de la tour.

Ainsi le site EUROPA 2 put être proposé, réadapté pour ARIANE, avec un coût objectif de 20 M\$ soit la moitié du coût prévu pour EUROPA 3. Le Directeur des Lanceurs était satisfait, outre l'économie, de pouvoir montrer à l'Europe Spatiale que l'investissement de 25 M\$ qui venait d'être réalisé pour EUROPA 2 en Guyane n'était pas « gaspillé ».

Le symbole était fort. Mais l'intégration du lanceur ARIANE « au chausse pied », selon l'expression même d'Yves Sillard, dans les installations du lanceur EUROPA 2 ne fut pas simple, notamment par la position et l'exiguïté du nouveau mat ombilical contraint par l'intérieur de la tour récupérée intégralement (6,30 m de l'axe lanceur et 2 m x 2 m de section).

Cette exiguïté pèsera également sur les définitions des versions améliorées du lanceur ARIANE : dès ARIANE 2 et 3 qui devaient augmenter la capacité d'ergols du 3<sup>ème</sup> étage H8, qui sera ainsi limitée à H10, contrainte par l'ultime marge sous le pont roulant de la tour d'1,25 m !

De même pour la version ARIANE 3, les 2 accélérateurs à poudre en partie basse ne pouvaient être activés qu'après avoir décollé de plus de 10 mètres afin d'être dégagés de la fosse, ce qui n'était pas idéal...

L'idée chemine alors d'anticiper un nouvel ensemble de lancement, l'ELA2, nécessaire dans toutes les hypothèses d'un futur ARIANE 4...



Chantier ELA1

LE CHANTIER des grosses infrastructures se déroulent sur trois années 1975, 76 et 77, sans difficultés majeures.

Volontairement, l'opération délicate et spectaculaire de surélévation de la tour s'effectue rapidement dès 1976, afin de montrer sa faisabilité et son image forte pour le programme ARIANE à la toute nouvelle ESA. L'ELA était visible.



## L'INTEGRATION DIFFICILE DANS LE MAT OMBILICAL DES EQUIPEMENTS FLUIDES EN INTERFACE AVEC LE 3<sup>ème</sup> ETAGE H8.

En effet, nous n'imaginions pas en 1973 la relative complexité et densité des équipements fluides nécessaires immédiatement à proximité de l'étage cryotechnique H8, avec ses plaques à clapets et les bras supports déconnectés dans les dernières secondes.

Les spécifications au début étaient fonctionnelles et succinctes.



Il a fallu étaler, empiler en hauteur dans un premier temps, puis rajouter tant bien que mal, comme des sacs à dos, des équipements débordant du mat dans certains paliers de l'escalier.

Les enseignements des essais au sol à Vernon que nous suivions aux PF 42 et 43 nous alimentaient peu à peu.

Les volumes des équipements gonflaient, gonflaient ... et commençaient à déborder le volume disponible dans la section du mat ombilical !



En fin de chantier, la définition des besoins de l'étage se précise, avec l'expérience de Vernon, entraînant de nombreuses modifications in situ ; ce qui est cependant le lot normal de tout développement au planning tendu. Il a fallu reprendre les plans et façonner quasi en place pour intégrer les dernières modifications, tout en garantissant une certaine accessibilité individuelle pour tous les équipements en cas de panne en opération. Des armoires ou caissons importants, confectionnés en Europe par les industriels Bronzavia et Air Liquide, malgré leurs arrivées au plus tard n'avaient pas eu le temps d'intégrer les dernières évolutions du process, des reprises en Guyane ont été nécessaires ainsi que des adaptations des accessibilités. Je salue encore les travaux importants menés sur place par nos ingénieurs « chantier des fluides » François Mengin et Yves Beaudoin en 1978.

Ces interventions multiples, rapidement menées en Europe ou en Guyane, ont entraîné inévitablement quelques doutes « qualité » sur la propreté des réseaux qui interféraient avec le planning des validations. En effet quelques traces d'impuretés et de limaille ont été détectées, certes en amont des derniers filtres de protection du lanceur, mais pouvant conduire au sol à des défaillances d'étanchéité ou de régulation. Ces quelques cas isolés ont entraîné un doute sur toute l'installation chez les opérationnels sol et bord. Pour lever ces doutes, je décide une reprise complète du nettoyage et contrôle de propreté des réseaux fluides, menée par une équipe industrielle indépendante des équipes chantier qui avaient encore tant à faire pour les ultimes modifications. Le pilotage de cette opération appelée « Tornade Blanche » fut confiée à l'équipe optionnelle sol dirigée alors par William Bonnet, Gaston Rabeau et Claude Jullemier. Ils conduisirent cette opération délicate avec la qualité et dans les plannings impartis, sans réels impacts sur le planning d'ensemble des validations, auquel ils étaient également très activement partie prenante, et ce, avant notamment les opérations de LA MAQUETTE ERGOLS (MR ) fin 1978 et au premier semestre 1979 :

- 6 décembre : érection du 1<sup>er</sup> étage,
- 12 décembre : le 2<sup>ème</sup> étage,
- janvier 1979 : le 3<sup>ème</sup> étage,
- 1<sup>er</sup> février : la coiffe,
- 5 février : recul de la tour,
- 4 mars : le lanceur est visible dans sa totalité, comme lors d'une journée « porte ouverte »,
- Avril : les premiers remplissages du H8, puis les pleins UDMH et N2O4,
- 16 et 17 mai : une répétition de chronologie réelle est déroulée jusqu'à -7 secondes,
- Juin : MR désérigée pour permettre la mise en configuration finale et la qualification du site
- 1<sup>er</sup> Octobre 1979 : début de la campagne L01 devant conduire au lancement avant la fin 1979

**L'ENSEMBLE DE LANCEMENT ELA1 EST VALIDE. IL SERA QUALIFIE APRES LE LANCEMENT L01 AVEC UN LANCEMENT PLUS UN TIR AVORTE AVEC VIDANGES DU H8 PAR LES PURGES, IDEAL !**



## LES INDUSTRIELS EUROPEENS DU PROJET ELA1

La prise en compte des industriels européens n'a pas posé de problèmes spécifiques, les équipes du projet pour la majorité ayant œuvré pour le projet EUROPA 2 avec une forte délégation du CECLES/ELDO en Guyane et notamment le « Field Support » de HSD pour le 1<sup>er</sup> étage avec pour le Sol le système de largage et les systèmes de pressurisation et de remplissage associés.

Pour L'ELA1 outre la fourniture du Banc de Contrôle par la société Belge d'ETCA traitée hors projet sol.



Le Système de largage par HSD sur la technologie et une certaine récupération d'EUROPA 2.



MAN (RFA) pour la structure métallique de la Table.SENER (Espagne) pour la structure métallique du Mat ombilical.



BRUN and SORENSEN (Danemark) pour les adaptations de la climatisation.

A noter que le CNES assure pour le compte de l'ESA la Maîtrise d'ouvrage du Projet assisté notamment pour les réseaux fluides, électriques et courants faibles d'un Bureau d'Etudes Techniques Maître d'œuvre : SODETEG



## RETOURS D'EXPERIENCE

Les retours d'expérience pour ce projet ont été exemplaires :

### EN AMONT :

- la réalisation de l'Ensemble de Lancement EUROPA 2 de 1969 à 1971,
- les études de conception du projet de l'Ensemble de Lancement EUROPA 3 de 1970 à 1972 ont permis de conduire le projet ELA1 dans les meilleures conditions dans un contexte difficile d'un lanceur en développement,
- La responsabilité au service de l'équipe programme ARIANE des Moyens sol Europe : Site d'Intégration Lanceurs aux Mureaux (Aérospatiale) et des Moyens d'Essais de Vernon (SEP) notamment PF20 pour le L140 et PF41, 42 et 43 pour le HM7 et H8 a facilité la compréhension et la transmission rapide des évolutions nécessaires sur le site de lancement.

### EN AVAL :

- le projet ELA2 pour les cadences ARIANE 3 et surtout ARIANE 4 a bénéficié totalement de l'expérience ELA1,
- La Revue de Conception Système s'est déroulée en Juillet 1979, sous la présidence d'Albert Vienne, alors Directeur du CSG, juste après la Maquette Ergols de validation et avant le premier lancement !
- Ce cas de figure idéal (« Le baume au cœur des équipes projet » comme disait Yves Sillard ...) se retrouvera lors de la revue de conception Système Préliminaire de l'ELA3 pour ARIANE 5 en décembre 85 au moment de la mise en service de l'ELA2 en configuration A3 pour V17 en mars 86 et bien avant le 1<sup>er</sup> lancement ARIANE 4 en juillet 1988, alors que les terrassements débutent pour les Moyens sol ARIANE 5 (UPG et ELA3 !), le choix des industriels du marché Infrastructure ayant été fait en mai 88 !

Avec Fusées Sondes, DIAMANT, d'EUROPA 2 à ARIANE 5, une exceptionnelle aventure technique et humaine au CSG, où s'enchaînent, pendant plus de vingt-cinq années, six ensembles de



lancement, dont le site ELA1 qui après l'unique lancement EUROPA 2 a préparé vingt-cinq des premiers lancements ARIANE, pour ensuite par une nouvelle belle réutilisation déjà quinze lancements du lanceur VEGA ... à ce jour, et ce n'est pas fini, 50 années de service opérationnel pour ce site historique, un joli palmarès!

## REMERCIEMENTS

Pour conclure, permettez-moi d'associer à cette très belle aventure de l'ELA1, toutes les équipes de grande qualité sans lesquelles tout aurait été différent.

- Les concepteurs des équipes sol de Toulouse avec Jacques Barlatier pour l'infrastructure, Christian Teinturier pour les équipements, Jean-Claude Renou pour la gestion.
- Le Bureau d'Etudes Techniques SODETEG qui nous assistait avec des ingénieurs jeunes et de grande valeur, qui ont rejoint le CNES pour les projets suivants, Gérard Carion pour le chantier, François Mengin et Yves Beaudoin pour les fluides, Gilbert Blondet-Gonté et Pierre Joly pour les systèmes électriques, ainsi que Jacques Chataignier de la SGE pour la mécanique et la charpente.
- Les équipes du CSG qui nous apportaient leur précieux concours et qui gardaient dès 1972 et le site EUROPA 2 et...le moral en attendant des jours meilleurs en Guyane. Yves Dejean, Pol Prigent, Jean-Claude Pennanech, puis plus tard Bernard Brandt, jeune ingénieur, qui sera détaché de la Division de Jean-Pierre Morin pour nous assister très efficacement pour les aspects Qualité. Naturellement « l'équipe site » déjà nommée conduite par William Bonnet, Gaston Rabeau et Claude Jullemier qui œuvraient déjà pour EUROPA 2 et qui avaient préparé à Evry les validations et l'exploitation de l'ELA 1 avant de retourner les mener en Guyane

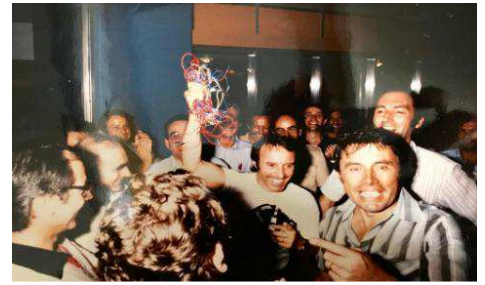
Merci également pour leur constante confiance

- aux Directeurs des Lanceurs Yves Sillard et Frédéric d'Allest à partir de 1976, Yves Sillard devenant DG du CNES suite à la démission de Michel Bignier.
- Aux Chefs du programme ARIANE Frédéric d'Allest et Roger Vignelles en 1976.
- Au chef de la Division ES Joseph Bertrand en 1976
- Au Chef de la Division DLA/EL Hubert Palmieri avec mes collègues opérationnels les COELs Alexandre Merdrignac, Matthias Trotin, Guy Dubau, sans surtout oublier Pierre Perez « l'Assistant Mécanique » aux talents opérationnels discrets mais particulièrement efficaces et incontestés qui ont été essentiels durant tout le développement, les validations, les campagnes MR et L01. Il a été « l'auteur compositeur » de tous les cadres de procédures véritables partitions pour les calculateurs, K2 notamment pour les systèmes fluides des remplissages et des régulations. Je peux une nouvelle fois témoigner étant dans le CDL, et mesurant bien la criticité de la situation, que cette exceptionnelle maîtrise a permis de sauver la dernière tentative de lancement du 24 décembre en leurrant, après une analyse rapide et rigoureuse, le calculateur K2, pour le « prêt synchro », par quelques forçages manuels, proposés par Gaston Rabeau (ci-contre, à gauche) le responsable électrique de l'équipe sol, à qui Pierre Perez (ci-contre, à droite) séquençait et ordonnait par le célèbre « vas-y Gaston » les configurations et les marges minimales, tout en contrôlant ensuite en direct le bon déroulement des process particulièrement délicats dans les dernières minutes. Du grand art opérationnel !





- Sans cette véritable prouesse, il est vraisemblable que ce premier étage ne pouvait plus être utilisé rapidement et que l'étage prévu pour L02 aurait peut-être été utilisé pour ce premier lancement... Dans tous les cas, les débuts de cette histoire d'ARIANE auraient été différents.



Le succès

### **Les anciens de L01 lors de la célébration des 20 ans de L01 en Guyane**



## Thème II - Un développement européen maîtrisé

### Elda Garrouste

Au sein du Service Juridique et des Contrats (JC) – Chargée de la réglementation des marchés – des procédures, des questions juridiques et financières, des contrôles associés



### L01 – ARIANE la Pionnière : L'aspect contractuel

#### Les principaux contrats d'étude et développement

### SOMMAIRE

- 1- L'alchimie d'ARIANE et les Grands oubliés
- 2- Les principaux Responsables Administratifs
- 3- Les contrats Industriels
- 4- Les principales caractéristiques des contrats de développement de L01
- Bibliographie

- - - - -

### 1- L'alchimie d'ARIANE et les Grands oubliés

Dans son ouvrage Eric Dautriat a, en quelques mots, fait un rappel de l'alchimie d'ARIANE qui a su faire converger tous les talents, toutes les compétences et motivations utiles à la réussite du programme.

*« Techniciens grognons et hommes politiques sinueux, Français arrogants et Européens dubitatifs, industriels rivaux et scientifiques avisés »*

Éric DAUTRIAT « L'Espace en quelques mots »

A ces quelques mots Eric Dautriat, de votre belle écriture vous auriez pu rajouter après « les grognons, », pourquoi pas : « administratifs pugnaces », (ou motivés, ou inspirés, ou les trois à la fois)...

Éric s'il vous plaît un ou deux mots de plus dans votre second tirage, ce serait juste !

Les grands oubliés dans cette belle alchimie, tant ils sont discrets, ceux que Yannick d'Escatha a élevés au rang d'Experts, ne sont autres que les experts administratifs :

- les financiers, qui discutent avec Bercy (l'ex : Louvre) ;
- les chargés des Ressources Humaines, et des Compétences ;



- les acheteurs-négociateurs, qui écrivent les contrats, négocient les prix et autres éléments de coût, suivent leurs évolutions et que les « suggestions imprévues » hérissent ;
- les juristes, qui étudient les questions de responsabilité, d'assurance, de propriété industrielle et intellectuelle, s'assurent de la protection du nom et des données ;
- les fiscalistes, qui soulagent le programme de droits et taxes, de l'avance de TVA ;
- les experts-prix, qui vérifient, poste par poste, les devis, contrôlent les EGC....

## 2 - Les principaux Responsables Administratifs

Les principaux responsables pour les contrats ont été :

- Claude Bougnol, Louis Dominique Jeannot qui ont créé les marchés à plan de financement ;
- Jacqueline Fortuné que 18 avenants (des difficultés techniques imprévues ?) attendaient à la DLA
- René Dandeu, J. Guinard, Jean-Philippe Lacoste, experts prix.
- Paul Zermati « L'espace territoire d'exportation », les clauses de non-recours les mieux appropriées
- M. Delaroue qui avec sourire et constance, a su élaborer le régime fiscal le plus attractif qui soit pour les projets spatiaux sous maîtrise d'œuvre du CNES

L'ensemble de ces intervenants étaient sous l'autorité bienveillante de Roger Lesgards<sup>3</sup>.

Les garants de l'éthique comptable :

- Gaston Bryche, soucieux des « deniers publics »

N'oublions pas : Les liquidateurs et leur tâche ingrate vu le monceau de factures.

Nos correspondants de Grands Corps d'Etat : Cour des Comptes, Conseil d'Etat, Budget, CCM, Inspection des Finances et, en particulier, les services de la Législation Fiscale et des Douanes.

## 3 - Les contrats Industriels

Les principaux contrats qui ont régi les développements d'ARIANE 1 sont :

### 3.1 - Cinq contrats directs de niveau 1 auprès des industriels français :

- **Architecte industriel - SNIAS-DSBS** pour : les études et les essais système, la gestion de la configuration du système et des opérations d'intégration du lanceur jusqu'à sa présentation en recette au Mureaux ;
- **Étagiste - SNIAS les Mureaux**, qui réalise les structures des deux premiers étages, la coiffe et les inter-étages, assure l'intégration des trois étages et les présente en recette ;
- **Ensembles propulsifs des trois étages - SEP**, développement et fourniture de la baie de propulsion ;
- **Structures cryogéniques du 3ème étage – L'AIR LIQUIDE ;**
- **Case à équipements – MATRA**

### 3.2 - Un contrat pour la fourniture du banc de contrôle attribué à la firme belge ETCA

<sup>3</sup> Voir photo p156 : R. Lesgards accompagne le Président Giscard d'Estaing le 15 décembre au CNES/DLA (Evry)

**3.3 - D'autres contrats** vont concerner les installations de lancement, les ergols, l'assistance technique, les transports, et bien d'autres travaux, fournitures ou prestations, notamment en **Guyane** ;

**3.4 - La production des lanceurs opérationnels** (5+1=6) lancée en avril 1978, l'organisation industrielle, les dispositions contractuelles seront adaptées aux caractéristiques spécifiques de cette phase.

#### **4 - Principales caractéristiques des contrats de développement de L01**

L'exemple du contrat de maîtrise d'œuvre du programme, sa complexité, ses spécificités :

**A - Liées à la Délégation technique et financière** du projet par l'**ESA**, Organisation Internationale, au **CNES**, Etablissement Public français à Caractère Industriel et Commercial

La différence des statuts a conduit à une réflexion, et à de nombreuses discussions, en particulier sur les points suivants :

- A-1 Les Conditions Générales d'achat de l'ESA et/ou le Droit des marchés publics dont doit s'inspirer le CNES ;
- A-2 - Le juste retour (assurer à chaque Etat participant une activité industrielle proportionnelle à sa participation) ;
- A-3 - La gestion contractuelle et le contrôle financier.

**B - Liées à la complexité du projet**, son évolution technique, son coût, sa durée

- B-1 - détermination et nature du prix – clauses de révision des prix – dispositions relatives aux modifications techniques et travaux complémentaires – plans et modalités de paiement... Et, tout cela avant le Price et l'IA ;
- B-2 - les techniques de gestion – les spécifications de management ;
- B-3 - Les clauses de garantie, de responsabilité et autres dispositions de nature technico-juridiques.

**C - Liées à la préparation de l'avenir**, les dispositions contractuelles ne doivent pas être un frein à la commercialisation d'ARIANE qui va suivre.

#### **EN RESUME**

Ces quelques mots sur les activités dites « administratives » ont permis d'aborder le rôle essentiel de ceux qui sont intervenus dans ces divers domaines tout au long du développement du projet, leur implication à différents niveaux, et d'imaginer leur pugnacité dans la réalisation de ces travaux administratifs et de gestion indispensables pour un efficace déroulement d'un grand programme.

Merci de m'avoir accordé cette tribune pour rappeler l'importance de ces intervenants discrets, pas si grognons que cela finalement...

## BIBLIOGRAPHIE

- Pierre Chiquet** « *Cap sur les étoiles* » - Cap sur l'Enfer Vert, de Colomb-Béchar à Kourou
- Éric Dautriat** « *L'Espace en quelques mots* » - mots choisis, avec talent littéraire et humour
- Marius Le Fèvre** « *L'Espace, du rêve à la réalité* » - des Hommes inspirés, volontaires et pragmatiques, comme l'auteur, dont le témoignage fascine
- Philippe Clerc** « *L'Evolution du Droit de l'Espace en France* » - responsable de la rédaction pour le ministère délégué recherche et nouvelles technologies – les recherches et réflexions d'experts de tous horizons
- Paul Gauge et Louis Dominique Jeannot** « *ARIANESPACE Témoignages* » bien que réservé au personnel d'ARIANESPACE, à lire et à relire pour ses témoignages, ses dessins et photos souvenirs

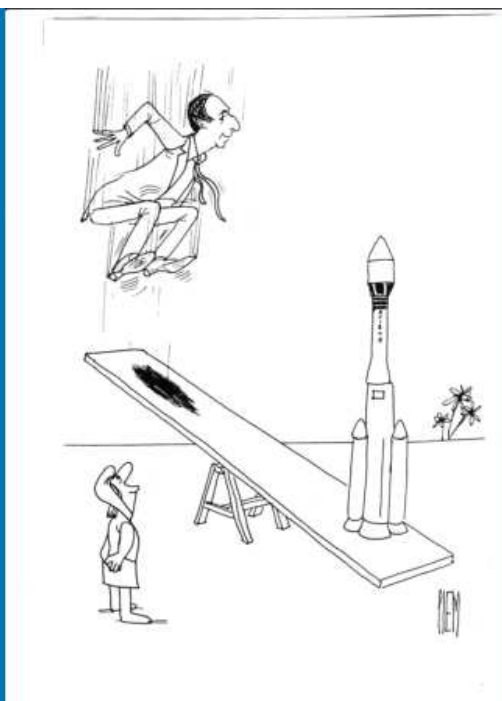
Grand merci à **Yalma Entekhabi** pour sa patience et à **Marie Paule Quennehen**, championne de classement, pour leur aide dans mes recherches

## Finalement

« Les Grands Rêves poussent les  
Hommes aux Grandes Actions »

André MALRAUX

Mis en image par PIEM



### Thème III : Avec L01, ARIANE démontre ses capacités industrielles et opérationnelles

Ce thème aborde :

- la prise en charge des opérations du Lanceur ARIANE au CSG,
- les développements du lanceur, sous l'angle de la préparation en Europe des activités de conception puis de réalisation et de validation au banc des éléments constituant le lanceur.

Pour le CSG, nous présentons l'activation du processus de soumission Sauvegarde, devant conduire à l'approbation de la définition du lanceur, sous l'angle de la sécurité vis-à-vis des opérateurs et de la population, lors de sa mise en œuvre tant au sol que pendant la phase de vol.

Enfin la longue campagne de lancement s'étalant pratiquement sur la quasi-totalité de l'année 1979, avec de nombreux rebondissements, fait l'objet d'une présentation particulièrement bien illustrée.

Yves Beguin a eu personnellement l'occasion de participer au développement des activités de sauvegarde Sol puis Vol depuis la phase de conception du lanceur et des installations Sol, jusqu'au lancement L01, puis d'assurer la fonction de responsable Sauvegarde du premier (puis du second) lancement ARIANE auprès d'Albert Vienne, alors directeur du Centre qui adorait la technique et s'impliquait volontiers dans nos travaux avec beaucoup de détermination.

Yves Beguin  
Animateur du thème

### Thème III : Avec L01, ARIANE démontre ses capacités industrielles et opérationnelles

#### Engager la campagne L01, une prise de décision difficile

##### Roger VIGNELLES

La première contribution est celle de Roger Vignelles, Directeur du programme ARIANE (aussi appelé Chef de Projet) au moment de L01. A ce titre, il dirigeait la RAV et la RAL. Il nous présente les choix techniques et organisationnels pour engager la première campagne de lancement L01



A la fin du 1<sup>er</sup> trimestre 1979, les études et essais système en Europe sont pratiquement terminés et les entrées correspondantes ont été prises en compte dans les équipements concernés. La case, la coiffe et la capsule technologique sont qualifiées. La maquette ergols est arrivée en Guyane et assemblée sur l'ensemble de lancement. Les différents essais de validation en Guyane sont commencés et devraient permettre la disponibilité de la base pour un début de campagne L01 à partir de juillet.

La propulsion a pris du retard sur les trois étages. Il faut à ce stade rappeler que la proposition du L3S faite par la France, n'a été rendue possible et crédible que grâce à la disponibilité des deux démonstrateurs conçus dans la décennie 60 avec des crédits de R et T ou sur fonds propres, avec les connaissances et les méthodes de travail existantes à cette époque. Dans les deux cas, la proposition supposait une augmentation jugée raisonnable de la poussée.

Sur le premier étage, les essais effectués sur 4 baies de propulsion avec réservoirs lourds limitant la durée de fonctionnement à 85 secondes ont été effectués. D'importantes fuites ont conduit à arrêter le premier tir à 57 secondes. Un remède a été apporté sur les autres baies sur lesquelles 12 essais ont pu être effectués. Tous les objectifs ont été atteints, y inclus le ré-allumage sur les deux dernières baies. Cette campagne a été suivie par des essais sur quatre étages en configuration ensemble propulsif. Le premier essai a dû être arrêté à 105 secondes suite à une rupture du col en graphite d'électrodes du moteur Viking. Tous les autres paramètres étaient corrects. Il a fallu développer un nouveau col en matériau composite. Ce col a été introduit sur le quatrième modèle d'essai. En attente, les modèles 2 et 3 ont été tirés en « avec col en graphite », entraînant la même limitation que précédemment. Les résultats du quatrième essai, avec ré-allumage ont été excellents.

A l'issue de cette série, durant laquelle il avait été fait 15 allumages de la baie en configuration vol<sup>4</sup>, nous étions très confiants sur la suite des essais. Les deux essais de qualification, avec

---

<sup>4</sup> Ceci représente, en mars 1979, 64 allumages du moteur en configuration de baie vol sur 32 moteurs ou 84 allumages sur 44 moteurs avant L02. Sans compter tous les essais faits au banc moteur seul.

simulation tir avorté pour le deuxième exemplaire, devaient avoir lieu respectivement en juin et octobre 2019.

Sur le deuxième étage, la configuration très prudente qui avait été prise à la conception, avec un système de pressurisation à gaz froid totalement découplé du moteur, par ailleurs identique, au divergent près, à celui du premier étage, a permis un développement sans problème. Le deuxième essai de qualification étage devait avoir lieu en avril et le troisième en octobre 79, compte tenu de notre confiance et des priorités données au 1<sup>er</sup> étage. Par ailleurs une série d'essais sous vide, incluant des tirs longue durée, avaient été effectuée et la qualification sur deux moteurs devrait être acquise en juin.

Le troisième étage a rencontré beaucoup de problèmes qui ont été évoqués lors du thème précédent. Les remèdes commencent à porter leurs fruits (installation de salles propres, mise en place de filtres devant les organes sensibles...), mais les recettes restent délicates.

A la fin du premier trimestre 79, la turbopompe est qualifiée, les essais de qualification sur un premier moteur en condition sol se sont déroulés avec succès. Une deuxième campagne est prévue au début du second semestre 79 **et la dernière au premier trimestre 80**. La troisième campagne en simulation d'altitude a commencé depuis octobre 78 et devrait se poursuivre jusqu'en novembre 79. **La dernière campagne de qualification sous vide ne peut également être planifiée avant le premier trimestre 80.**

La première baie de propulsion avec réservoirs lourds a permis d'atteindre la durée de fonctionnement maximale de 464 secondes, autorisée sur ce banc, dès fin 77. Une deuxième campagne a commencé en avril 78 et devait se terminer en juin 79. Après revalidation de cette baie, une troisième campagne devait se terminer fin 79.

Les essais de développement de l'ensemble propulsif ont commencé au début du 4<sup>ème</sup> trimestre 77. Sur un premier exemplaire, la durée maximale de fonctionnement autorisée par les conditions de remplissage a été atteinte dès le 3<sup>ème</sup> essai le 10 janvier 78. Le 2 février, le 4<sup>ème</sup> essai a permis d'atteindre la durée d'un vol nominal. Malheureusement le 2<sup>ème</sup> exemplaire a été endommagé en novembre 78 par une explosion due à un allumage non contrôlé de l'hydrogène de refroidissement par un dispositif lié au banc. La réaffectation du matériel qui en résulte conduit à l'alternative suivante pour la poursuite du programme et a un impact direct sur la date du premier vol :

- A) Soit on attend la qualification 3<sup>ème</sup> étage, comme le prévoyait le plan de développement initial, ce qui **conduit à commencer une campagne L01 au début 1980 pour un lancement vers la fin du premier semestre 80.**
- B) **Soit on fait le choix d'un lancement L01 avant la fin de l'année**, après avoir effectué les derniers essais de qualification propulsion des 1<sup>er</sup> et 2<sup>ème</sup> étages ainsi que la dernière campagne de développement sur l'ensemble propulsif 3<sup>ème</sup> étage. Pour être faisable, cette option impose d'envoyer le lanceur en Guyane dans la configuration connue au moment de son assemblage, ce qui impose une mise à jour importante, essentiellement sur le 3<sup>ème</sup> étage, le plus tard possible, donc en Guyane.

Dans la première hypothèse le gain en connaissance était faible si, comme on le pensait, les essais propulsion prévus avant novembre 79 sur le 3<sup>ème</sup> étage confirmaient les excellents résultats obtenus sur le premier ensemble propulsif. De plus, l'exploitation des retombées du 1<sup>er</sup> vol étaient repoussée de 6 mois. Rappelons que ce premier vol devait valider des phases de vol qui



n'avaient pas pu être totalement simulées lors d'essais au sol : séparation des étages, éjection coiffe, allumage des moteurs 2<sup>ème</sup> et 3<sup>ème</sup> étage, etc., ainsi que des dimensionnements ou réglages résultant des études système tels le pilotage, les systèmes correcteurs pogo, le programme de vol...

Sur le plan financier, cela revenait à consommer près de la moitié de la marge pour aléas. Pour l'extérieur, un report de la date de lancement vers la fin du premier semestre 1980 risquait d'apparaître comme la perte de contrôle du programme. Ces deux derniers points, dans l'environnement décrit dans le document présenté par Yves Sillard, risquaient d'avoir de très lourdes conséquences sur la poursuite du programme.

Dans ces conditions, le choix B s'est imposé tout naturellement.

Une concertation a très certainement eu lieu entre le Directeur général du CNES, le Directeur des Lanceurs et le chef de projet pour orienter la suite du développement. Je n'en n'ai trouvé aucune trace, ni dans les documents ni même dans le souvenir des trois personnes ci-dessus. Toujours est-il que la décision fut prise d'optimiser le calendrier de développement pour un lancement fin 1979 avec une Revue formelle d'Aptitude au Vol (RAV) fin juin/début juillet pour autoriser le départ du lanceur en Guyane, un début de campagne L01 en septembre, avec la mise à hauteur des configurations en Guyane, et un lancement autorisé par une revue formelle d'aptitude au lancement vers le 15 décembre. Bien entendu, les résultats des essais restant à effectuer en propulsion pouvaient à chaque instant influencer ce processus.

Cette décision consistant à ne pas attendre les essais de qualification propulsion du 3<sup>ème</sup> étage ne fut pas contestée dans son principe par les industriels. Ce qui le fut, c'est l'ampleur des interventions à effectuer en Guyane pour mettre à jour la configuration du 3<sup>ème</sup> étage. Mais chacune de ces interventions devait pouvoir être effectuée sur les vols opérationnels à la suite de problèmes pouvant apparaître lors des contrôles en Guyane ou suite à l'exploitation des vols précédents. C'était au Projet de mettre tout en œuvre pour que ces opérations puissent être effectuées dans les conditions de propreté et d'accessibilité requises.

Une semaine avant cette RAV, je suis allé en Guyane pour avoir concrètement une vue d'ensemble de la situation. J'avais notamment demandé à l'équipe de lancement une présentation du plan d'opération « tir avorté » (arrêt de chronologie après allumage moteur). Ce fut une surprise majeure puisque le plan présenté s'étalait sur trois ou quatre semaines alors que la spécification était de 7 jours<sup>5</sup>. En fait, il est rapidement apparu que cette équipe avait présenté le mieux qu'elle savait faire avec les méthodes de travail qu'elle avait validé pendant les campagnes de lancement DIAMANT. Nous étions devant un problème de culture et nous devions reprendre l'étude de ce plan d'opération en explorant d'autres méthodes de travail. Ce problème fut exposé à la RAV tenue la semaine suivante. Compte tenu des répercussions potentiellement importantes qu'il pouvait avoir sur l'équipe et les installations de lancement, j'ai proposé que ce travail soit confié à l'un de ses membres (Guy Dubau pour être précis) avec une première étape de soumission d'une spécification détaillée sous une semaine.

La suite, sur ce sujet, fait l'objet d'une partie de la présentation suivante.

---

<sup>5</sup> Délais valable s'il y a eu allumage des moteurs viking. Pouvait être porté à 1 mois s'il n'y avait pas eu allumage.

La Revue d'Autorisation Vol, présidée par l'Inspecteur Général du CNES et animée par l'équipe de projet en présence du Comité de Direction du CNES (dont la moitié des membres, à cette époque avait une expérience lanceur) et des projets industriels, a validé l'approche proposée, sous réserve, naturellement de la réussite des essais de propulsion planifiés avant septembre, et autorisé formellement l'envoi du lanceur en Guyane.

Je n'ai malheureusement pas réussi à retrouver un exemplaire du compte rendu de cette revue.

La Revue d'Autorisation au lancement organisée autour du 10 décembre, a permis de lever toutes les réserves qui pouvaient exister, tant au niveau des mises à hauteur de la configuration des étages, que des opérations de préparation au lancement ou des essais de propulsion qui s'étaient déroulés parallèlement en Europe<sup>6</sup>.

Dans les semaines qui ont précédé ce premier vol, le CNES et l'ESA se sont mis d'accord sur un plan de communication pour préciser les objectifs de cet essai en vol et faire une liste de critères qui permettront de juger le résultat de ce vol d'essai.

La réussite de l'allumage du moteur du troisième étage a été présentée, et ceci était tout à fait normal, comme l'atteinte de 80 % des objectifs de cet essai. Ceci, associé à l'impasse sur l'essai de qualification au sol du troisième étage, a pu laisser entendre que nous nous contenterions de ce résultat et, qu'en conséquence, nous étions prêts à faire, s'il le fallait, des impasses sur la configuration de cet étage au moment du décollage. Je peux confirmer que rien n'a été fait dans ce sens et, en particulier, que toutes les valeurs surveillées en séquence synchronisée étaient les valeurs extrêmes admissibles que nous avions validées pour un vol nominal.

La première tentative de lancement eut lieu le 15 décembre et la mise à feu a conclu la première chronologie. Hélas, le contrôle d'un moteur s'est révélé négatif et l'ordre d'extinction moteur fut envoyé à H0+10 sec. Ordre fut donné aux équipes d'astreinte en métropole de rejoindre la Guyane pendant les opérations de vidange des 1<sup>er</sup> et 3<sup>ème</sup> étage. Un avion avait été réservé dans cette éventualité.

Puis ce fut l'application du plan d'opérations tir avorté avec, en parallèle l'analyse des causes de cet incident<sup>7</sup>, le développement et la mise en œuvre du remède ainsi que l'analyse fine du comportement du lanceur pendant ces 10 secondes de fonctionnement du 1<sup>er</sup> étage. Les interventions correspondantes sur le lanceur ont pu être faites en temps masqué. La deuxième chronologie eut lieu le 23 décembre mais les conditions météorologiques, associées à des

---

<sup>6</sup> Fin novembre 79, ont été réalisés, sur la propulsion 3<sup>ème</sup> étage :

67 essais niveau turbopompe, soit plus de 6000 sec de fonctionnement

93 essais de développement moteur conditions sol soient 9000 sec...

27 essais en simulation d'altitude soit 2000 sec...

11 essais de qualification moteur conditions sol soit 2965 sec...

17 essais de baie de propulsion soit 4650 sec...

9 essais ensemble propulsif soit environ 3200 sec...

<sup>7</sup> La séquence d'allumage du Viking implique une avance de l'injection du peroxyde d'azote dans la chambre de combustion. Pour des raisons qui n'ont pu être élucidées, une quantité inhabituelle a dû remonter dans la tuyauterie de mesure et se combiner brutalement à l'UDMH du film de refroidissement. Le remède a consisté à interposer une membrane claquant à une pression garantissant l'établissement du film d'UDMH.

difficultés d'atteindre la pression sphère hélium du 3<sup>ème</sup> étage, nous obligèrent à un report au 24. La nuit du 23 au 24 décembre fut dense de problèmes divers. La première chronologie du 24 décembre fut arrêtée à Ho-2,41mn par suite de la non-acquisition du compte rendu de fermeture du clapet de pressurisation hydrogène. L'adjoint mécanique au chef des opérations sur l'ensemble de lancement a magistralement conduit l'analyse et mis en œuvre la parade. La chronologie suivante fut la bonne. Il était temps. Il restait moins de deux heures d'attente d'hydrogène liquide dans les stockages !

Le lancement fut presque parfait. Seuls un léger Pogo en fin de vol 2<sup>ème</sup> étage, et une légère pollution au niveau charge utile, facilement solubles, furent à signaler.

C'était Noël.

### Epilogue

- 1- Les essais de qualification propulsion du 3<sup>ème</sup> étage eurent lieu du 27/3/80 au 25/6/80 et donnèrent lieu à 4 essais parfaits d'environ 560 secondes chacun, plus une simulation de largage par les purges. Les derniers essais de qualification sous vide du moteur ont été bons.
- 2- Ces huit jours de récupération du tir avorté suivis d'un tel succès, ont été fédérateurs. Non seulement ils ont validé une nouvelle organisation du travail en campagne de lancement, mais ils ont abattu des cloisons pouvant exister au sein d'une même société mais aussi entre les sociétés, pour ceux qui étaient impliqués, créant une dynamique gagnante jusqu'aux départ des intéressés. Soudain, tout paraissait possible.
- 3- Le travail de mémoire qui a été nécessaire pour rédiger cette note, m'a amené à réfléchir une nouvelle fois à L01-1, puis L02 puis à l'ensemble des échecs ou événements ayant conduit à un report des lancements, à la lumière des connaissances acquises aujourd'hui. Près des 2/3 de ces événements trouvent leur origine dans le transitoire d'allumage ! J'ignore si une réflexion a été faite à partir de ce constat, mais il me semble que l'on peut en tirer un précieux enseignement.

## Thème III : Avec L01, ARIANE démontre ses capacités industrielles et opérationnelles

### L01 démontre la capacité opérationnelle du système ARIANE

#### Guy DUBAU

*Chef des Opérations Ensemble de Lancement  
Tir Avorté (COEL-TA)*

Guy Dubau est le deuxième contributeur. Au CNES il a d'abord été Chef des Opérations Lanceur (COEL) dans la cadre du programme DIAMANT B à la DLA, puis a rejoint ARIANESPACE où il a été responsable des opérations de lancement d'ARIANE. Il nous présente ici la longue et tumultueuse première campagne de lancement ARIANE. Il était COEL adjoint pour L01.



### Des essais au lancement d'ARIANE L01 le 24 Décembre 1979

#### Plantons le décor

Après la décision du 31 juillet 1973, la Direction des Lanceurs du CNES (DLA) dispose d'une Division essais et lancements (DLA/EL) dirigée par Hubert Palmiéri au sein de laquelle le Département Essais en vol (DLA/EL/EV) dont le chef est Alexandre Merdrignac.

DLA/EL et DLA/EL/EV sont les héritiers des célèbres équipes d'essais de l'ONERA, du LRBA, de la SEREB ... L'esprit est donc celui des essais : on est focalisé sur l'expérimentation et les essais car il faut bien connaître la fusée que l'on va tirer (pas encore lancer) comme on doit bien connaître l'avion qui va être essayé en vol.

C'est de façon urgente dès le départ, qu'il faut dorénavant penser ARIANE dont le premier lancement est fixé à l'été 1979, soit dans 6 ans. Mais l'enjeu c'est aussi de réussir les vols des trois derniers DIAMANT BP4 pour démontrer à la France et à l'Europe, après les échecs d'EUROPA et ceux des deux derniers lancements de DIAMANT B n°4 et n°5 le 22 mai 1973, que le CNES est capable de lancer avec succès.

EL/EV se mobilise donc d'abord sur les campagnes DIAMANT BP4.

Cette étape sur la route de L01 se termine, le 22 Septembre 1975, par la réussite dans la même année des lancements des trois derniers lanceurs DIAMANT BP4 01 avec le satellite Starlette, DIAMANT BP4 02 avec les satellites D5A et D5B, DIAMANT BP4 03 avec le satellite D2B.

Dès lors la mobilisation des Essais en Vol sur ARIANE sera totale.

#### Participation aux Essais de développement ARIANE

Dès mi-1973 les équipes DLA/EL vont participer à :

La définition de l'ELA et suivre sa réalisation et les essais de validation.

L'exercice Maquette Electrique sur le site intégration des lanceurs aux Mureaux : prévue pour durer six mois, cette étape du développement placée sous l'autorité de l'Architecte Industriel va durer en fait 18 mois, de début 1977 à mi-1978. Il a permis de valider les bancs de contrôle et les logiciels de mise en œuvre et de contrôle des chaînes électriques du lanceur.

La maquette dynamique aux Mureaux pendant laquelle un défaut de pressurisation en vidange des réservoirs a conduit à un flambage. On va tirer la leçon de cet incident.

L'exercice « Maquette ergols » : il débute en juin 1978 avec le transport de qualification d'ARIANE MR (Maquette de remplissage) vers le CSG et va durer 8 mois.

Dès l'arrivée sur l'ELA d'ARIANE MR, l'équipe d'essais entreprend la validation des opérations d'érection du lanceur dans la tour de l'ELA. Puis toujours dans la culture des essais, on retire la tour pour la ramener sur le lanceur. Opération validée.

On poursuit avec les opérations de remplissage, mais toujours pas à pas, en commençant par 200 litres d'UDMH et 200 litres de N<sub>2</sub>O<sub>4</sub> dans un étage à 140 tonnes d'ergols. Puis on vidange et on assainit avant de reprendre un plein complet.

Au bout de 6 mois de ce régime et après plusieurs Répétitions de Chronologies Lanceur (RCL) et Répétitions Générales avec le CSG, l'équipe de lancement de la DLA (CNES et industriels) dispose, fin mai 1979, de procédures validées de mise en œuvre, de contrôle et de lancement ainsi que d'un plan d'opérations applicable à la campagne de lancement ARIANE L01.

Elle se présente à la RAV L01 en juin 1979 prête à engager la campagne de lancement ARIANE L01.

### La Campagne de Lancement L01

A ce point de mon exposé, je dois vous dire que la logistique, dont on parle rarement, a fait un travail admirable. On le doit en grande partie à Edmond Thévenon du service « Transports » du CNES et à Daniel Godin de DLA/EL.

Si la campagne L01 peut débiter ce 2 octobre 1979, ce n'est pas seulement parce que le lanceur est arrivé mais aussi les approvisionnements divers : l'UDMH (venant de Russie ou de Chine) le peroxyde d'azote, l'hélium.... et l'hydrogène sous forme liquide transportée dans des conteneurs spéciaux installés sur des bers largables pour la traversée océanique.



C'est un plan d'opérations de 54 jours ouvrables, issu des essais de la « Maquette ergols » qui est suivi.

La confiance grandissant, l'équipe de lancement devient de plus en plus « success oriented ». On décide alors, début novembre, d'une première tentative de lancement le 15 décembre.

La campagne se poursuit avec son lot d'incidents et d'opérations supplémentaires demandées par

l'équipe de projet, ce qui est normal pour une première campagne de qualification.

A J-1 le 14 décembre c'est l'entrée en chronologie (H0-27 heures) et on va enfin arriver, ce 15 décembre 1979, à la séquence synchronisée automatique de lancement à H0- 6 minutes. Puis c'est le décompte final à H0-10 secondes, H0-7 déconnection des plaques à clapets et ouverture

des bras...-5,-4,-3,-2,-1, H0 Allumage des moteurs, +1+2+3+4 DECOLL !!! +5+6+7 Arrêt des moteurs.

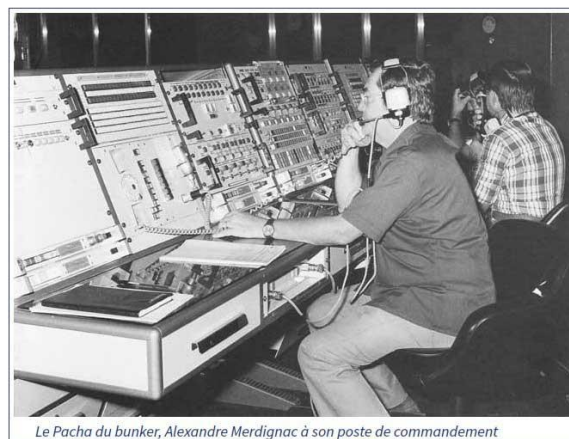
C'est la stupeur, le TIR AVORTE auquel personne ne croyait...

### Le tir avorté

La réflexion sur le tir avorté débute avec le deuxième essai de qualification (Q2) de la baie de propulsion du L140 effectué par la SEP sur le plateau de Vernon. Il est fait en deux temps :

Q2.1 : Allumage des moteurs pour une durée de fonctionnement limitée à 10 secondes.

Q2.2 : Allumage des moteurs pour une durée nominale de fonctionnement 7 jours après l'essai précédent. Le bon résultat de cet essai a déjà valeur de spécification technique... pour les moteurs.



Le Pacha du bunker, Alexandre Merdignac à son poste de commandement

A la RAV le chef de Projet ARIANE, s'apercevant que l'équipe de lancement L01 n'a pas de plan d'opérations Tir Avorté faute de spécification, charge le COEL adjoint de rédiger cette spécification et de la soumettre à sa signature sous 1 mois. Une petite équipe « Tir Avorté » se met alors en place avec Daniel Erard, Alexandre Lacave... et commence la liste des opérations à effectuer et une estimation du temps nécessaire : vidange du H8 par les connecteurs et ombilicaux de purge, remise en condition des moteurs Viking avec l'échange des régulateurs et des pots d'équilibre, l'échange des plaques à clapets... avec l'objectif d'arriver **au nouveau H0, 8 jours au plus après le précédent**, soit en  $8 \times 24 = 192$  heures.

Cette spécification signée, nous commençons l'étude et la réalisation d'un plan d'opérations optimisé avec l'aide d'Alain Kraffe de Laubarède que le DDO du CSG a mis à notre disposition.

Dans le même temps Daniel Godin de DLA/EL résout les problèmes de logistique.

Et nous arrivons à la RAL en ayant tout prévu ou presque : l'équipe de renfort est prête en Europe, l'avion spécial aux Antilles, les matériels de rechange, les fiches techniques d'intervention, un plan d'opérations optimisé en **189 heures de travail sur 192 heures calendaires**...et même un COEL Tir Avorté. COEL TA.

Tout prévu sauf que cela allait être si dur physiquement, intellectuellement, psychologiquement...

Tout est prévu sauf les comportements des hommes et des femmes confrontés à pareille situation, totalement improbable et à laquelle personne ne s'est préparé psychologiquement.

Dans le CDL, où nous sommes enfermés depuis 5 heures, le tir avorté c'est le choc qui glace le sang, qui vide les esprits, paralyse, pétrifie .... Le CDL est en burn-out, ses occupants sont accablés. 20 secondes se sont déjà écoulées depuis le H0 + 7 s et il faut reprendre le contrôle. Le COEL TA donne de la voix, commande les chasses, demande la situation de l'OBC. Les chasses partent avec retard et on a un peu plus sali le lanceur. Le coup de poing des électriciens est parti. Le calme est revenu dans le CDL et les vidanges sont lancées.

A H0 + 10 h Les vidanges 1<sup>er</sup> et 2<sup>ème</sup> étages sont terminées, ainsi que la vidange de l'hydrogène liquide du 3<sup>ème</sup> étage.



La vidange du 3<sup>ème</sup> étage par les connecteurs de purge s'avère finalement plus longue que prévue. La vidange LOX est toujours en cours pour plusieurs heures. Nous sommes bientôt enfermés depuis 14 heures et la situation dans le CDL s'est dégradée. La tension s'ajoutant à la fatigue, une certaine mauvaise humeur apparaît. Il n'y a plus d'eau, ni nourriture et le COEL TA va devoir prendre la décision, avec la complicité de la sauvegarde qui ne peut pas être d'accord, d'arrêter la vidange LOX et d'ouvrir le CDL pour évacuer les personnes épuisées, accueillir les équipes de renfort et la logistique de vie.

A H0 +19 h c'est la fin de vidange LOX et l'ouverture du CDL. Nous sommes à 173 heures du prochain lancement et à 146 heures (H02 -27h) de la prochaine chronologie de lancement. Il va falloir tout faire dans ce laps de temps réduit. Pour cela, nous allons mettre en place une coordination opérationnelle temps réel très rigoureuse et une re-planification permanente des opérations H24. Nous arrivons ainsi, non seulement à respecter le calendrier des opérations, mais également à placer des opérations nouvelles comme la validation de la nouvelle logique de la phase d'allumage et de largage qui a été planifiée à J - 4 (le 19 Décembre 1979) à 14 h 30. Elle démarre à l'heure prévue.

A H02 – 27 h, H01 + 165 h (de travail), ce 22 décembre, nous entrons de nouveau en Chronologie de lancement. Et tout se passe bien, jusqu'au moment où, après le remplissage du H8, on pressurise la sphère hélium. On n'arrive pas à atteindre la pression requise et on ne peut pas intervenir sur le lanceur hors tour. C'est la douche froide. Que faire ?

Ce 23 décembre, les conditions météorologiques nous imposent de retarder le lancement de 24 heures. Le COEL TA reprend alors la direction des opérations pour trouver une solution à ce problème de l'hélium. Quand le 24 Décembre, le COEL, Alexandre Merdrignac, reprend les commandes à 5 h du matin, le COEL TA et Daniel Erard (SEP) sont toujours dans la tour et le travail n'est pas terminé. Par radio le COEL TA dit au COEL « c'est presque terminé, mettez tout le monde en place ». Il était urgent de le faire car nos stocks d'hydrogène liquide ne nous permettaient plus que 2 h 30 de dépassement de l'heure de lancement visée. Finalement, après beaucoup d'efforts, plusieurs séquences synchronisées, et après avoir dupé les calculateurs sur la position de certaines vannes (sol), nous allons atteindre le H0 + 4 s salvateur. C'est le DECOLLAGE enfin. C'est, extenués, que nous sortons de cette longue campagne, la fatigue cependant gommée par la joie du lancement réussi.

Le lanceur ARIANE est arrivé finalement dans le monde spatial dans la douleur. Cette expérience a soudé les équipes, fait naître la famille ARIANE. Elle a aussi fait progresser de façon considérable l'esprit et les méthodes de conduite d'opération. Nous avons commencé l'année 1979 en équipe d'essais, nous la terminons en équipe opérationnelle... plus tôt que prévu.

Sigles utilisés :

COEL : Chef des Opérations sur Ensemble de lancement  
COEL TA : Chef des Opérations sur Ensemble de Lancement Tir Avorté  
LOX : oxygène liquide  
CDL : centre de Lancement  
SEP : Société d'Etude pour la Propulsion  
RAV : Revue d'Aptitude au Vol  
UDMH : Dimethyl Hydrazine Disymétrique

## Thème III : Avec L01, ARIANE démontre ses capacités industrielles et opérationnelles

### Une approche nouvelle de la sécurité et de la sauvegarde

#### Yves BEGUIN

Enfin dans le cadre de ce thème 3, Yves Beguin, d'abord spécialiste production et utilisation des ergols, puis chef de département Sauvegarde (Vol et Sol), et responsable Sauvegarde et Sécurité pour ce premier lancement, expose les grandes lignes de ces deux fonctions exercées par le CSG.



Le CSG, comme toutes les entités de lancement, a dû respecter des règles de sécurité destinées à protéger le personnel qui travaillait sur les installations de mise en œuvre du lanceur et de sa charge utile, ainsi que son environnement proche et lointain, constitué principalement des habitants de la Guyane et de pays voisins ainsi que le milieu naturel environnant. Il n'existait pas à l'époque de loi spatiale française, mais des pratiques acquises d'abord au Sahara, puis au CSG avec les programmes de Fusées Sondes et des lanceurs DIAMANT B et EUROPA2. Le Règlement de Sauvegarde du CSG formalisait ces pratiques à la fois pour la conception du lanceur et des installations sol, mais aussi pour la mise en œuvre des installations, sous l'angle de la sauvegarde des personnes et des biens, tant en phase de préparation aux lancements que pendant les lancements eux-mêmes. Il n'est pas possible de présenter un panorama exhaustif de cette mission. Les personnes intéressées par une connaissance plus approfondie de ce sujet peuvent consulter l'ouvrage récent « Safety Design for Space Operations », publié par Elsevier auquel a contribué principalement au CNES Isabelle Rongier et d'autres collègues et aussi les principaux responsables occidentaux de ces questions de sécurité des pays disposant de capacités de lancement comparables aux installations européennes du CSG. Par contre il est possible de décrire rapidement ce que le début du programme ARIANE a pu apporter d'essentiel comme innovation par rapport aux programmes FU, DIAMANT et EUROPA 2 et de signaler succinctement ce qui, aujourd'hui est assez différent.

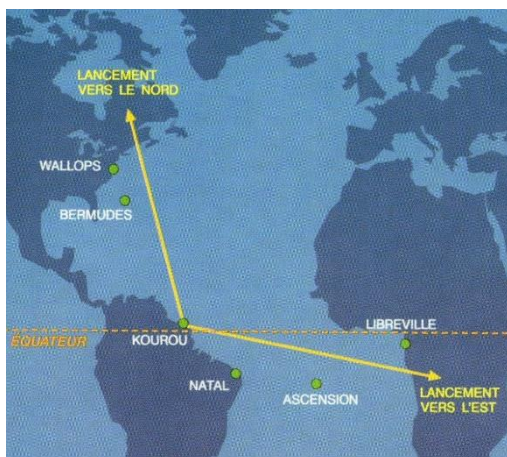
#### Ce qu'a apporté le début du programme ARIANE, pour la Sauvegarde :

Lorsqu'on parle de Sauvegarde on aborde en général les notions de management des risques, de sécurité sur les ensembles de lancement et de sécurité pendant les lancements, qui correspondent à la fois à des phases de projet différentes et à une localisation des questions de Sécurité dans des zones variables, allant de la zone de lancement (ELA) à la Guyane, aux pays voisins voire à des pays beaucoup plus éloignés comme les Etats-Unis ou l'Afrique, pouvant être atteints en cas de déviation de la trajectoire programmée.

Management des Risques : cette notion mêle probabilité et gravité d'apparition d'évènements redoutés, comme la retombée d'un lanceur en zone habitée et les effets dangereux qu'elle peut avoir sur les habitants et leur environnement. Pour la conception et la mise en œuvre des moyens

sols et vols, après des contacts avec la NASA, l'objectif général de nous situer à  $10^{-7}$  pour le risque létal a été retenu, un peu au-dessus de l'objectif de sécurité du transport aérien ( $10^{-6}$ ) à l'époque. Il a beaucoup progressé depuis rejoignant pratiquement le  $10^{-7}$ . C'était un objectif que nous n'avions pas formalisé lors des programmes précédents et pour lequel nous n'avions pas de pratique opérationnelle. A cet objectif quantitatif, s'ajoutait le critère de la panne unique que nous avons adopté surtout sur le lanceur EUROPA2, qui avait été conçu pour qu'aucune panne unique mécanique ou électrique ne vienne provoquer un arrêt de la mission, considéré comme un évènement catastrophique.

La conception du lanceur était donc contrainte par cette architecture duale des chaînes de télécommande et de sauvegarde à bord qui devaient pouvoir neutraliser les trois étages du lanceur simultanément. Une destruction automatique devait même neutraliser un élément qui se serait détaché prématurément du corps principal. Même traitement pour un booster équipant les versions suivantes d'ARIANE. Nous avons ainsi un système plus sophistiqué que pour le DIAMANT, dont la destruction était limitée aux deux premiers étages. Par contre, nous ne couvrons pas toute la phase propulsée du troisième étage et nous devons au bout de 400 secondes envoyer un ordre de désactivation du système de neutralisation et le troisième étage poursuivait seul la fin de sa phase propulsée, située au-dessus de l'Atlantique, au large du Brésil avec une dizaine de secondes de traversée de l'Afrique en zone désertique.



Si nous examinons le dispositif au sol de trajectographie (radar), de télémesure, et de télécommande qui concourait à la fois à la connaissance du comportement du lanceur en vol et à la caractérisation de ses anomalies, voire à sa neutralisation, nous avons aussi cherché à obtenir une redondance des moyens d'ordre deux ou trois au moins, notamment pour les phases initiales de vol, où les risques sont les plus élevés dès le décollage. Ceci était vrai pour les lancements géostationnaires vers l'Est. Pour les lancements vers le

Nord, longeant la côte Est américaine, qu'il fallait protéger, notre dispositif de localisation, télémesure et télécommande empruntait les moyens complémentaires des stations aval américaines, notamment des Bermudes, ce qui était aussi nouveau par rapport aux lancements DIAMANT et EUROPA 2.

Nous ne disposions pas plus que la NASA, à l'époque, d'outils d'analyse, ni de bases de données quantitatives, suffisantes sur les systèmes et les composants mécaniques, électriques, électroniques, logiciels, pas plus que sur les opérations, et sur le facteur humain. Les pratiques probabilistes étaient surtout répandues à l'époque dans les secteurs du nucléaire et de l'aéronautique, où les enjeux de sécurité du personnel et du public constituaient des impératifs fondamentaux à grande échelle, auxquels nous n'avions pas à faire face. En procédant par comparaison avec les systèmes de nos concurrents, surtout américains, car nous ne connaissons pas les systèmes soviétiques, finalement, forts de notre expérience déjà acquise, nous avons conçu des systèmes tant à bord du lanceur qu'au sol, qui se situaient sensiblement aux mêmes

niveaux de fiabilité et de sécurité que les leurs sur des lanceurs comme le Thor Delta ou l'Atlas Centaur. Au sol, les réseaux de télécommande, de localisation radar et de télémessure étaient semblables avec des mises en commun possibles suivant le type de mission. L'expérience des programmes militaires français, notamment sur les chaînes de Sauvegarde a été aussi très précieuse.

A noter que pour le lancement L01, nous n'avons pas pu exploiter en temps réel la trajectoire du point d'impact, qui était trop bruitée, et nous nous sommes donc fiés aux autres données disponibles notamment visuelles avec les télé-limiteurs, le cinéthéodolite de l'île royale<sup>8</sup> et les données de télémessure (CVI) qui nous confirmaient que le pilotage était normal. D'où l'importance de disposer de données



d'origine variées, indépendantes les unes des autres. (Cette situation n'est pas sans rappeler certains événements récents avec décalage de l'azimut de lancement).

### La sécurité sur les ensembles de lancement :

Il s'agissait donc de la sécurité sur l'ELA1, héritier de l'ELE (EL ELDO) que M. Bourriaud a décrit lors du colloque du 12 décembre 2018 au siège, et que M. Mignot a conçu. Nous avons donc aménagé ces installations pour les rendre compatibles avec le lanceur ARIANE. Parmi les innovations concernant la sauvegarde au sol, plus de Kérosène comme ergol pour le premier étage, plus d'aérozine pour le troisième étage, mais de nouveaux ergols cryogéniques LOX et LH2. Ce dernier, nous le découvrons pour la première fois. La sécurité reposait surtout sur des précautions particulières liées au caractère explosif du mélange Oxygène-Hydrogène, ainsi qu'aux risques des très basses températures lors des manutentions. Les autres ergols et la pyrotechnie utilisée montée sur les étages étaient déjà connus et nous n'avons pas eu à bouleverser les dispositions déjà prises pour le programme ELDO. Nous avons été un peu gênés avec les distances de sécurité permettant de confiner sur place les effets d'explosion éventuelles des capacités de stockage existant, que nous aurions eu du mal à augmenter si cela avait été nécessaire. Pour déterminer les distances de sécurité, nous utilisons des normes de sécurité militaires américaines, qui bénéficiaient de la vaste expérience des conflits des guerres passées, alors qu'aujourd'hui, on procède plutôt à des calculs directs des effets de relâchement de l'énergie emmagasinée dans les mélanges explosifs (Equation de Borode).

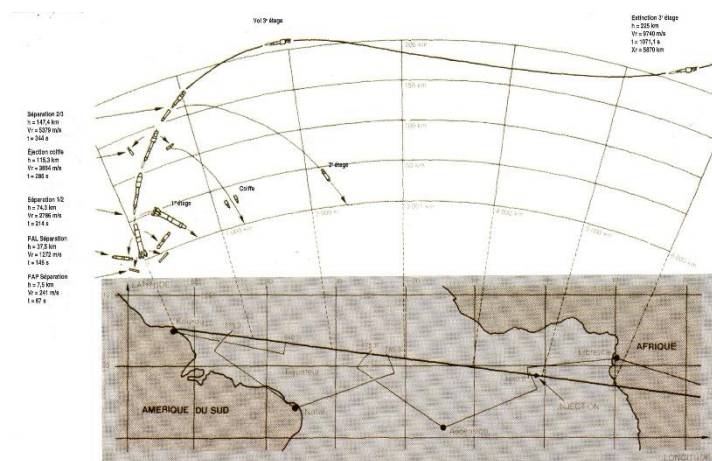
Nous avons aussi vérifié avec satisfaction, par le calcul, que le PC de lancement construit pour EUROPA 2 pouvait résister à l'impact et à l'effet de poinçonnement de la chute libre de la baie de propulsion du premier étage en cas d'incident de vol au décollage à faible altitude.

<sup>8</sup> Le cinéthéodolite de l'île royale a photographié le passage du mur du son (photo ci-dessus)

Voici quelques points critiques des installations, que l'équipe de Sauvegarde Sol a dû gérer en phase de conception, et qui n'a pas été facile à traiter dans un programme contraint financièrement comme l'a été la première phase du programme ARIANE. Nos collègues installateurs M. Mignot, G. Tinturier, bien que très vigilants sur ces questions de sécurité, nous ont accordé en général ce que le minimum requis pour la sécurité exigeait. Mon adjoint pour la Sauvegarde Sol Jean-Marie Rheri a été très efficace dans cette tâche difficile de Chef Sauvegarde SOL (CSEL), en interface avec le COEL (Alexandre Merdrignac)

En plus de la mission de sauvegarde classique qui représentait un enjeu important pour le centre, des événements extérieurs à la Guyane, se produisant à l'époque dans le pays proche qu'est le Surinam, nous ont obligés à prendre un surcroît de sécurité vis-à-vis des menaces apparaissant, qui auraient pu conduire à mettre en cause les installations sensibles du CSG. Le Directeur de l'époque, Albert Vienne, m'avait alors confié, en liaison avec les autres services du centre et ceux de la préfecture de Guyane concernés, la réalisation du premier dispositif permettant de mieux sécuriser les principales installations techniques : en un an, nous avons qualifié puis installé un ensemble de limitation des accès, de surveillance vidéo tout temps et d'alerte permettant de contenir à distance une menace extérieure qui aurait pu s'avérer extrêmement nuisible. La Légion Etrangère, à l'époque, a contribué à l'installation de ce dispositif, en particulier dans les zones marécageuses autour de l'ELA1, où il aurait été très difficile de travailler pour des sociétés de TP non spécialisées, pour monter nos dispositifs de sécurité.

### La sauvegarde au lancement :



Le premier lancement a été particulièrement mouvementé pour l'équipe de sauvegarde en vol, et je pense qu'Henri Baccini et Gérard Benigni mes adjoints en salle de sauvegarde doivent encore se rappeler ces péripéties. Il n'est pas indispensable de revenir sur les nombreux reports de lancement. Le lanceur aurait pu souffrir du tir avorté et nous étions - inutilement-

inquiets quant à la tenue mécanique de ses moteurs et des réservoirs en vol. En fait la surprise vint de plusieurs autres événements qui ont perturbé cette première chronologie du premier lancement.

Le premier se produisit en cours de chronologie négative, avant lancement et fut assez long à régler : le service de surveillance de l'Aéronavale avec lequel nous avons conçu un programme de surveillance en mer du plan de la trajectoire du lanceur, se rendit compte à partir d'un avion, qu'un navire de gros tonnage disposant d'antennes de télécommunication, se trouvait sensiblement à la verticale du lanceur dans les eaux brésiliennes. Les contacts radio avec lui permirent de lui demander un silence radio sur les fréquences que nous utilisions. C'est beaucoup plus tard, lors du lancement suivant, que nous avons appris, après enquête qu'il s'agissait d'un



navire de télécommunication pour les plateformes pétrolières opérant dans cette zone. Plus de peur que de mal ! A noter quand même que notre liaison de télécommande avec le lanceur comportait une marge confortable dans son bilan de liaison, permettant d'«écraser» un signal parasite ou hostile éventuel, et que le risque de destruction par une source extérieure était très limité, et même négligeable, en raison de la complexité du signal de destruction commandée.

Le second fut l'impossibilité d'exploiter les informations extrêmement bruitées en provenance du système de localisation du CSG permettant de calculer la position du lanceur et de son point d'impact instantané, principale information pour décider de sa destruction en cas d'anomalie grave de comportement, en particulier en cas de déviation vers Cayenne ou Kourou, comme ce fut le cas avec une fusée Véronique à la fin des années 60. Nous avons donc dû nous contenter des informations visuelles (caméras et télé limiteurs de la zone de lancement, puis celles des cinéthéodolites, pour nous assurer qu'il n'y avait pas de situation dangereuse réelle. Les informations de la télémessure, sur le fonctionnement des moteurs, qui étaient restées conformes aux attentes (quasi nominales, comme on dit dans notre jargon technique), nous avaient aussi à moitié rassurés. Il faut dire qu'au passage de Kourou nous avions quelques secondes pour réagir et que nous étions particulièrement pressés de voir ce passage se réaliser normalement. Après coup, nous avons pu mettre en cause le fonctionnement du lisseur des calculateurs principaux que nous n'avions pas suffisamment testé avec des données bruitées proches des données temps réel. Même avec les meilleures simulations, il reste parfois des zones d'incertitude que la pratique fréquente des systèmes et des opérations réelles de lancement permet de mieux cerner et maîtriser progressivement, comme c'est le cas actuellement.

Après cette évocation rapide de quelques événements importants liés à ce premier lancement, vient le temps des remerciements destinés à tous les collègues de l'époque tant du CSG, comme Pierre Bescond, Michel Jean Baptiste, qu'à ceux des équipes de la DLA, parmi lesquels Roger Vignelles, Guy Dubau, Jean-Michel Agasse, Michel Vedrenne, etc ... qui ont contribué de façon décisive au succès des premiers pas du programme ARIANE.



Station Télécommande / Sauvegarde

## Thème IV : Avant L01, se concrétisent des anticipations audacieuses

Bien avant le lancement L01 et son succès, présenté dans le thème précédent, la Direction des lanceurs du CNES en étroite collaboration avec la Direction des lanceurs de l'ESA avait entrepris de nombreuses études et des pré-développements pour préparer un avenir commercial au lanceur ARIANE.

En tant que responsable du développement des structures du lanceur mon équipe et moi avons qualifié ces éléments début 1978. Nous avions donc plus de disponibilité pour nous intéresser au futur; nous avons ainsi entrepris, avec deux stagiaires de l'EPF, une étude paramétrique de l'adjonction de 2 petits boosters à poudre pour augmenter les performances du lanceur ARIANE, étude suivie par une étude de définition d'un booster chez BPD (Colleferro, Italie) dont le développement fera partie du projet ARIANE 3 décidé avant L01. Un bref historique de cette période suit et les différents sujets sont abordés dans cette session.

Maurice Desloire  
Animateur du thème



## Bref historique période 1978-1982

### Etude du système de lancement double SYLDA

En 1977	Etude préliminaire lancée par l'ESA auprès de MATRA et Aérospatiale
Début 1978	Puis choix Aérospatiale et études plus approfondies
7 avril 1978	Le développement SYLDA est inclus dans le contrat de la série de promotion décidée
10 septembre 1982	1 <sup>er</sup> vol sur V5

### ARIANE 2-3

	Etude paramétrique de l'adjonction de propulseurs d'appoint puis contrat auprès de BPD pour l'étude d'un propulseur type P7
Décembre 1978	Discussion d'un développement complémentaire
26 juillet 1979	Approbation d'une phase préparatoire par France, Allemagne et Italie
3 juillet 1980	Programme adopté officiellement par l'ESA
3 août 84	1 <sup>er</sup> lancement V 10

### INTELSAT

8 décembre 1978	L'organisation INTELSAT annonce qu'elle choisit ARIANE pour lancer INTELSAT 5
15 février 1979	Elle signe une commande ferme d'un lancement assortie de 2 options
18 octobre 1983	1 <sup>er</sup> lancement INTELSAT 5 avec ARIANE L7

### Série de Promotion

15 décembre 1977	Décision de principe de l'ESA
7 avril 1978	L'ESA commande une série de 5 lanceurs L5 à L9
10 septembre 1982	Lancement L5

### Création d'ARIANESPACE

15 décembre 1977	1 <sup>ère</sup> idée de création d'une Société de Commercialisation d'ARIANE
2 mai 1978	La Direction du CNES approuve cette initiative
30 août 1978	Le document « Production du Lanceur ARIANE » est proposé au gouvernement français
12 juin 1979	Signature du protocole Transpace au Bourget par le CNES et les principaux industriels
26 mars 1980	Création officielle d'ARIANESPACE Président F. d'Allest et lancement en fabrication des lanceurs L10 à L15
⇒	<b>1<sup>er</sup> vol commercial V9 le 22 mai 1984 (Spacenet 1)</b>

## Thème IV : Avant L01, se concrétisent des anticipations audacieuses

### L01 crédibilise l'offre commerciale

#### Michel VEDRENNE

Le 1<sup>er</sup> intervenant de ce thème est Michel Vedrenne alors en charge du Système et donc du suivi du contrat Architecte Industriel dans l'équipe de projet ARIANE de la Direction des lanceurs du CNES. Il vous entretient de la genèse du Manuel Utilisateur ARIANE et de la contribution du lancement L01 à sa mise à jour.



#### 1) Avant-propos

La première édition du Manuel Utilisateurs ARIANE (MUA) date du milieu de l'année 1977. Si les résultats du plan de développement étayaient déjà techniquement le Manuel Utilisateurs, le point faible du dossier restait évidemment qu'ARIANE n'avait pas encore volé.

La décision de faire paraître le MUA, 2 ans avant L01, relevait donc d'une volonté d'*anticipation audacieuse* mais assumée, destinée à crédibiliser une offre commerciale, dont il avait été décidé qu'elle devait être formulée très tôt. Une liste déjà longue de charges utiles se profilait, avec entre autres, le satellite de télécommunication INTELSAT V, dont le consortium INTELSAT, dans une démarche d'anticipation, elle aussi audacieuse, avait choisi ARIANE comme seconde source de lancement.

Dès lors, le premier vol d'ARIANE revêtait une importance vitale, pour que soient validés un environnement et des services de charges utiles comparables à ceux qu'affichaient des lanceurs confirmés comme Atlas Centaur ou Thor Delta.

#### 2) Les essais de développement et de qualification au sol vis-à-vis de la Charge Utile

Les études et essais au sol réalisés dans le cadre du développement d'ARIANE permettaient d'étayer les prévisions d'ambiance de la Charge Utile en vol : « Maquette Dynamique » aux Mureaux (ci-contre), de mi 1976 à fin 1977, pour validation des modèles de comportement vibratoire basses fréquences d'ensemble, longitudinal et latéral, vis-à-vis des boucles de stabilité Pilotage et Pogo ; Essais aux Mureaux sur des « Maquettes de Pilotage » des 3 Etages, de fin 1976 à mi-1978 ; Essais aux Mureaux de « Découpe pyrotechnique de séparation d'Etages et largages de sangle à l'interface Lanceur/Charge Utile », afin d'évaluer les spectres de choc appliqués à la Case d'Equipements et à la base d'un satellite ; Essais à Palaiseau d'une « Maquette au 1/20 du lanceur sur le pas de tir », à différentes altitudes, moteurs utilisant les ergols réels, pour prévision de l'ambiance acoustique au décollage,



le long du lanceur jusqu'à la Coiffe ; « Essais aérothermiques » dans la soufflerie S2-MA de Modane sur la même maquette, pour vérification du comportement en vol de 0 à Mach 2,7 ; Trois « Essais de séparation de la Coiffe » dans la grande chambre à vide de l'ESTEC aux Pays-Bas. La « Maquette Ergols » permit aussi de mesurer la surpression, l'ambiance thermique et la propreté sous Coiffe, grâce à la mise en œuvre du système de ventilation sur le pas de tir ELA1.

### 3) Le vol L01 du 24 décembre 1979

L01 ne comportait pas de satellite, mais une « Capsule Technologique ARIANE » sous coiffe, la « CAT » (ci-contre). Cette capsule était constituée d'un module cylindrique de 1,2m de diamètre, d'une masse totale de 1 600 Kg dont 1 385 Kg étaient formés d'un lest d'aluminium. Elle était équipée de capteurs de vibration, d'accélération, de bruit acoustique et de pollution, associés à deux émetteurs de télémesure sur 2 206,5 et 131,61 megahertz.



L01 connut un déroulement de vol complet, première mondiale dans l'histoire des lanceurs permettant, grâce à la télémesure entièrement reçue (environ 2 500 mesures), d'exploiter en temps réel et en temps différé tous les paramètres mesurés, tant au niveau des Etages et Ensembles propulsifs qu'au niveau de la CAT. Tous les Industriels et Laboratoires concernés étaient partie prenante de l'organisation de l'exploitation des mesures. Le tir avorté du 15 décembre permit également (un peu en avance de phase !) de mesurer les ambiances vibratoires et acoustiques à l'allumage des moteurs du premier Etage L140 (135 dB sous coiffe et 144-148 dB à l'extérieur niveau Coiffe, résultats conformes aux essais de Palaiseau et confirmés par L01).

### 4) Les enseignements les plus importants du point de vue de la Charge Utile

Le dépouillement des paramètres, et la comparaison systématique des résultats de vol avec les prévisions, apporta les enseignements suivants :

- Performance en Orbite de Transfert Géostationnaire démontrée de 1 600 Kg, ce qui était l'objectif de la Spécification Système ST-1- A (2) en date du 8 octobre 1975, facilement extrapolable à 1 750 Kg (masse d'INTELSAT V) compte tenu d'une réévaluation observée à la hausse des impulsions spécifiques de chaque Etage ;
- Excellente précision à l'injection : 36 021 Km d'apogée pour 35 752 visés, 200,8 Km de périégée pour 200 Km visés et 17,56 degrés d'inclinaison sur l'équateur pour 17,5 degrés visés.
- Faible niveau de Pogo en fin de vol du deuxième Etage L33, avec  $\pm 1,75$  g max à 30 Hz à la base de la CAT. Ce n'était pas une surprise car les Systèmes de Contrôle du Pogo (SCP) du L33 étaient volontairement non activés. En effet les études montraient qu'une zone d'instabilité était possible en fin de vol L33, mais de divergence faible. En cas de non-apparition de Pogo, l'activation a priori des SCP, notamment celui de la ligne N204, n'aurait pas permis de connaître leur réelle utilité. Il s'agissait là d'un risque projet nettement identifié et décidé bien avant le premier lancement ;
- Du « chugging » en fin de vol du même étage L33, avec des niveaux globaux crêtes compris entre + 5g et - 0,6 g. A l'extinction du moteur Viking, des instabilités de combustion se produisent, avec plus d'amplitude en cas d'épuisement des ergols du côté N204. C'est sur cet épuisement, et non sur celui de l'UDMH, pourtant visé, que se produisit l'arrêt de poussée du L33, le rapport de mélange des deux ergols en vol étant alors insuffisamment cerné ;

- Pollution hors gabarit prévisionnel au niveau de la CAT, au moment de la séparation du L33.  
Il faut aussi noter les bons résultats obtenus vis-à-vis de phénomènes potentiels dommageables, ayant fait l'objet de précaution particulière a priori, et ne s'étant pas produit :
- Pas de Pogo durant le vol du L140, les SCP côté N204 ayant été activés avec succès. Pas de Pogo non plus durant le (long) vol de l'Etage H8, exempt de SCP, car jugés non nécessaires, à juste titre. Le développement des lanceurs de la famille DIAMANT et l'analyse du phénomène Pogo, très présent sur DIAMANT A et DIAMANT B, permirent d'inclure dans le développement d'ARIANE la prévention de ce phénomène, inhérent aux lanceurs à liquide.
- Bonnes conditions générales de séparations des Etages, ainsi que de la Coiffe, dont les dérouleurs, moyens de mesure délicats, fonctionnèrent correctement, permettant ainsi de confirmer que le « Volume Utile Garanti » pour la Charge Utile était respecté lors de la séparation des deux demi-Coiffes, structures particulièrement souples ;
- Ambiance vibratoire basses fréquences et larges bandes à l'intérieur des gabarits tracés ainsi qu'évolution d'ambiance thermique et pression sous Coiffe conformes aux prédictions, comparables ou inférieures aux ambiances des lanceurs existants.

## 5) Les corrections apportées pour les vols suivants

Après analyse détaillée, il y eut relativement peu de corrections à apporter aux réglages et configurations des exemplaires de vols suivants :

- Sur le L33, activation du SCP Côté N204 en fin de vol (cf. § 4) ;
- Sur le L33, rigidification de la ligne N204 (réponses vibratoires jugées trop importantes à l'apparition du « chugging » en fin de vol en cas d'épuisement sur N204) ;
- Changement de gain sur le pilotage du L140 en fin de vol ;
- Recherche de l'arrêt du L33 par épuisement sur UDMH (cf. § 4). Après remplissage de l'Etage au CSG, on procéda à un soutirage d'UDMH de quelques dizaines de Kg ;
- Déplacement des Fusées de Freinage du L33, de manière à réduire la pollution de la Charge Utile au moment de la séparation 2/3. A partir de L03, les 6 Fusées d'Accélération situées à la base du L33 seront réduites à 4, laissant la place pour l'implantation à l'arrière de 2 Fusées de Freinage au lieu des 3 situées à l'avant de l'étage. Le problème de la contamination de la Charge Utile sera dès lors résolu.

## 6) Conclusion

Le vol L01 fut en tous points un succès remarquable. Il permit aussi de confirmer l'environnement de la Charge Utile tel que décrit par anticipation dans le Manuel Utilisateurs ARIANE deux ans et demi plus tôt. Grâce aux marges observées, les spécifications vis-à-vis des futurs satellites pourront être affinées et des dérogations, au cas par cas, seront négociées de façon crédible avec les futurs Clients. A côté des Manuels Utilisateurs des Lanceurs Atlas Centaur et Thor Delta, jusque-là considérés comme lanceurs de référence, le Manuel d'ARIANE, l'Européenne, apparaîtra bientôt comme un best-seller.

40 ans nous séparent du premier vol d'ARIANE. Certains enseignements, comme cette prise de risque assumée de publier le MUA d'un lanceur encore en développement, restent valables : C'est un exemple d'anticipation audacieuse face à la concurrence.

## Thème IV : Avant L01, se concrétisent des anticipations audacieuses

### Le système de lancement double ARIANE

Maurice DESLOIRE

*Chef du Département Structures  
Direction des Lanceurs CNES*



Les spécifications techniques du lanceur L IIIS précisait que sa performance devait être supérieure à 1 600 kg en orbite de transfert géostationnaire pour pouvoir lancer les satellites de la classe Atlas-Centaur, en particulier les satellites INTELSAT. Le diamètre de la coiffe était aussi choisi pour accepter les satellites compatibles Atlas-Centaur.

Finalement, la performance démontrée suite aux essais des moteurs au sol et aux vols de qualification, ARIANE 1 était supérieure à la performance spécifiée : 1 645 kg sur L01, 1 699 kg sur L04 et 1 833 kg pour L07 = INTELSAT 5.

Mais les satellites commerciaux les plus nombreux étaient les satellites de télécommunication type ECS, Marecs, Spacenet... lancés principalement par le lanceur Thor-Delta 2914 dont la performance maxi avoisinait les 900 kg en orbite de transfert géostationnaire.

Depuis le début du développement d'ARIANE, il était envisagé de faire le lancement double de satellites classe « Thor-Delta » mais ce n'était pas dans les clauses du contrat de développement et la performance était trop juste initialement. Mais au fur et à mesure du développement et des 1<sup>ers</sup> contacts avec les organismes et sociétés développant les satellites commerciaux de télécommunication, il est apparu important d'étudier la faisabilité du lancement double sur ARIANE 1.

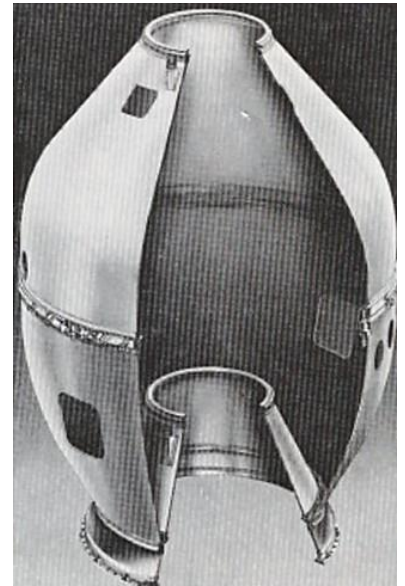
C'est l'ESA qui a d'abord lancé des études auprès de Matra et Aérospatiale sur la structure permettant de supporter 2 satellites sous la coiffe ARIANE. J'étais alors responsable du développement des structures du lanceur et ma tâche touchait à sa fin car à la mi-78 toutes les structures et réservoirs du lanceur étaient qualifiés. Mon équipe et moi avons alors apporté notre concours à l'ESA pour le suivi de ces études.

Comme le challenge était de concevoir une structure, supportant les deux satellites, la plus légère possible car cette structure étant mise sur l'orbite finale désirée, sa masse venait en déduction de la masse allouée aux deux charges utiles, il nous est apparu qu'il fallait réduire au maximum les brides en aluminium de raccordement entre cylindres et cônes et Aérospatiale a proposé une structure de forme ovoïde évitant deux grosses brides de raccordement de diamètre proche de 3 m. L'ESA a ensuite chargé l'Aérospatiale de définir plus en détail cette structure avec le système de séparation associé. Le développement de cette structure a ensuite été incorporé dans le programme « Série de Promotion ».



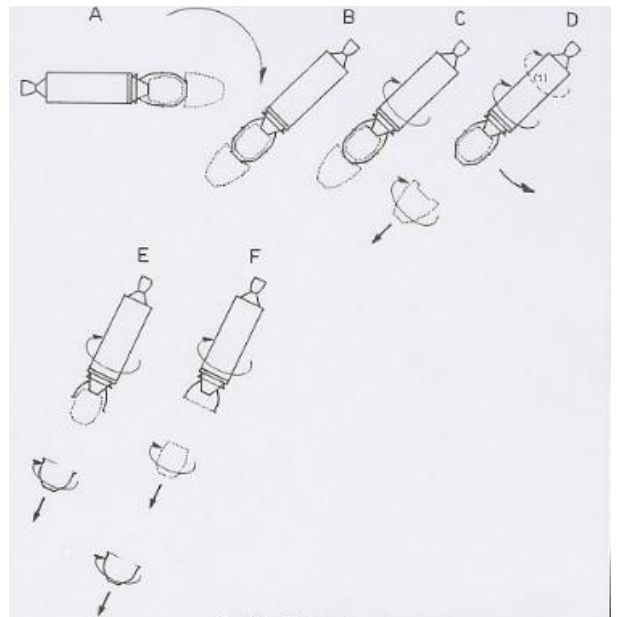
Cette structure d'une hauteur de 3,9 m comporte :

- La bride de liaison avec la bride supérieure de la case à équipement,
- Les brides d'interface avec les satellites haut et bas avec leur système de séparation (à sangle et ressorts), brides identiques à celle montée sur l'adaptateur standard pour un lancement simple.
- Le système de séparation de la structure Sylva de diamètre 2,8 m (à sangle et ressorts) permettant de larguer la partie haute de cette structure après séparation du satellite haut, afin de permettre la séparation du satellite bas. Tous ces éléments sont reliés entre eux par une structure en sandwich « nid d'abeille » avec peaux en composite « fibre de carbone/ résine époxy »
- Et l'ensemble ne pèse que 160 kg (voir figure 1)



Mais le système de lancement double c'est aussi une multiplication des manœuvres à effectuer par le SCAR (Système de Contrôle d'Attitude et de Roulis) pour :

- orienter les 2 satellites et éventuellement les mettre en rotation avant leur séparation,
- orienter le chapeau du SYLDA avant sa séparation,
- tout en évitant les collisions à court terme et à l'apogée de la 1<sup>ère</sup> orbite des deux satellites, du chapeau du SYLDA et de l'étage H8,
- et tout en gérant les pressions dans les réservoirs LOx et LH2 de l'étage H8 pour éviter un retournement du fond commun synonyme de mise en contact d'oxygène et d'hydrogène gazeux et donc d'explosion.



Le 1<sup>er</sup> lancement double avec le SYLDA était sur le 1<sup>er</sup> vol de la «série de promotion» = L5, en septembre 1982, avec Marecs B et Sirio 2, lancement qui n'a pas été à son terme et le 2<sup>ème</sup> sur le lancement L6 avec ECS1 et Amsat.

Contrairement au programme ARIANE 1, le programme ARIANE 2-3 était principalement orienté pour le lancement double des satellites de la classe Thor-Delta, tant en volume utile sous coiffe qu'en performance d'où : H8 --> H10, haut de la coiffe de forme ogivale pour augmenter le volume utile et Sylva rallongé à 4,4 m. pour égaliser les volumes utiles aux deux satellites haut et bas. Et le 1<sup>er</sup> lancement ARIANE 3 = V10 en août 84 était un lancement double avec Télécom 1A et ECS 2, et après les lancements doubles ont été majoritaires et ont permis le succès commercial d'ARIANE.



## Thème IV - Avant L01, se concrétisent des anticipations audacieuses

### Contrat INTELSAT et série de promotion

#### Raymond ORYE

Raymond Orye présente le programme de la série de promotion et les discussions qui ont abouti à la signature du contrat de lancement INTELSAT avant L01

Ecrit avec le concours de Walter Naumann, Carlo Dana et Georges Armand

*Agence Spatiale Européenne (ESA)*



Bien avant le lancement de L01, l'ESA et le CNES se sont mis à la préparation du programme de production prévu dans la Déclaration du programme de développement ARIANE. Ceci a été fait par une double action à savoir :

- d'une part, la mise en place d'un programme (appelé « Série de Promotion ») destiné à convaincre les utilisateurs potentiels d'ARIANE de la continuité de la production et du service de lancement tout en assurant un plan de charge continu des industriels ARIANE et
- d'autre part, de faire la promotion du produit ARIANE par l'acquisition des premiers clients dont, plus particulièrement, d'un premier client pionnier des satellites de télécommunications à savoir INTELSAT.

Etant donné son caractère particulier, la Série de Promotion a été entreprise en tant qu'Activité opérationnelle de l'ESA ayant ses propres dispositions budgétaires et industrielles. Elle a été autorisée par le Conseil de l'Agence en décembre 1977. Ce programme a aussi servi de cadre d'accueil à l'Industrialisation.

Le programme était initialement composé des activités suivantes :

- la production et le lancement de 6 lanceurs ARIANE 1,
- le développement et la qualification du Sylva (Système de Lancement Double ARIANE) et la fourniture d'une unité de vol et d'une unité de réserve,
- la création au CSG de l'EPCU (Ensemble de Préparation des Charges Utiles) par la transformation et mise à niveau d'installations provenant d'anciens programmes du CNES et de l'ELDO.



### **Déroulement du programme**

Le déroulement du programme a été relativement complexe dû à plusieurs changements intervenus dans l'affectation des lanceurs et les aléas du programme tels que :

- le retard du 1er lancement L 5
- l'échec de ce lancement
- la venue de nouveaux clients dont INTELSAT.

Ces évolutions (surtout l'échec de lancement L5) ont évidemment eu des conséquences financières tout en restant dans l'enveloppe financière du programme. Le coût total du programme s'élève à environ 445 M€\* (aux conditions économiques courantes), sachant que la part du coût total financée par les participants (le « Soutien aux utilisateurs ») s'élève à environ 173 M€, 272 M€ ayant été financés par les utilisateurs.

Ceci étant, les travaux et actions suivant ont été finalement accomplis au titre de la Série de Promotion :

- Fabrication de six lanceurs ARIANE 1
- Réalisation de quatre lancements :
  - ① L5 : MARECS B/SIRIO-2 (10 septembre 1982) – Echec
  - ② L6 : ECS 1/AMSAT PIIIB (16 juin 1983) – Succès
  - ③ L7 : INTELSAT V-FU 7 (19 octobre 1983) – Succès
  - ④ L8 : INTELSAT V-FU 8 (05 mars 1984) – Succès
- Mise à disposition des projets GIOTTO et TELECOM 1A des deux lanceurs restant pour des lancements ultérieurs (hors-série de Promotion)
- Sous-traitance à ARIANESPACE du lancement INTELSAT V-FU 9 (devenu FU 14)
- Réalisation de travaux additionnels (autres que ceux de l'Industrialisation) suite à l'échec L5
- Réalisation au CSG de l'EPCU (S1A, S2, S3A, S4) par la transformation et la mise à niveau d'installations provenant d'anciens programmes du CNES (DIAMANT) et de l'ELDO (EUROPA2)
- Développement et qualification du Sylva (3900) et fourniture et lancement de deux unités de vol.

### **Industrialisation**

Pour être complet, il faut rappeler qu'une action d'industrialisation a été lancée après l'échec L5 pour :

- finaliser les dossiers industriels
- renforcer la gestion de la production et des opérations de lancement
- l'amélioration de la turbopompe du moteur du 3<sup>ème</sup> étage.

Les 3 pays participant au programme (l'Allemagne, la Belgique et la France) ont fait, en plus de la Série de Promotion, une contribution non négligeable à cette activité.

La deuxième condition pour la réussite du programme de production ARIANE était une action de promotion du produit ARIANE par l'acquisition d'un premier client pionnier des satellites de

télécommunications INTELSAT qui était alors la seule organisation ayant un réseau de satellites de télécommunications mondial et opérationnel. A cette époque, des satellites INTELSAT V restaient pour être lancés par l'Atlas-Centaur.

Rappelons brièvement la concurrence du moment qui était alors uniquement américaine :

- le Thor-Delta fabriqué par la société Mc Donnell Douglas et qui permettait le lancement en GTO d'une charge utile de 724 kg en version Delta 2914 ou de 954 kg en version Delta 3914 (et plus en utilisant le PAM D) ;
- l'Atlas-Centaur fabriqué par la société General Dynamics permettant le lancement en GTO d'une charge utile de 1800 kg en version Atlas SLV3D-Centaur D1A ou 1814 kg en version Atlas SLV3D-Centaur D1AR.

Sur une suggestion du CNES de viser la vente d'un lancement ARIANE à INTELSAT, le Directeur-Général de l'ESA (M. Gibson) décidait, après en avoir informé les délégations, de se lancer dans ce qui était initialement un défi audacieux.

Pour préparer les contacts avec INTELSAT, une réunion ESA/CNES a été organisée - réunion qu'on pourrait appeler "contradictoire" - pendant laquelle une équipe ESA/CNES ( composée par Frédéric d'Allest, Raymond Orye et de leurs collègues techniques et administratifs) « affrontait » une équipe (dirigée par M. Couillard du CNES) jouant le rôle d'INTELSAT et de la Comsat (gérant pour le compte d'INTELSAT de l'ensemble de la mise en place et de l'opération du réseau de satellites INTELSAT, tant pour les aspects techniques, opérationnels et contractuels).

L'ESA établissait ensuite un contact avec INTELSAT (qui avait son siège à Washington), mais qui nous dirigeait vers la Comsat.

L'équipe Comsat responsable des lancements d'ARIANE était principalement constituée de 3 ingénieurs responsables du lancement des satellites INTELSAT et dont la connaissance de leur métier était remarquable, tout comme leur approche objective des discussions.

Suivent alors les présentations d'ARIANE, la visite de l'ELA et du CSG, le contact avec la société française responsable de la structure d'INTELSAT V, l'Aérospatiale de Cannes, suivis des premiers contacts avec les services Contrat ESA et Comsat.

### **Rappel du contexte INTELSAT du moment**

Le Conseil des Gouverneurs INTELSAT est l'organe supérieur de décision. Ce Conseil est composé de représentants de tous les Etats membres d'INTELSAT dont le poids de vote est proportionnel à la part du capital d'INTELSAT. Un certain temps avant le début des négociations ESA/INTELSAT, les Etats-Unis avaient la majorité absolue au Conseil des Gouverneurs, mais cette situation n'existait plus quand on s'est lancé - bien avant le lancement d'ARIANE L01 - dans l'offre d'utilisation d'ARIANE. Ce changement de situation était dû à l'entrée de nouveaux États participants dont plusieurs Etats de l'Amérique du Sud et le Canada.

Il faut signaler ici l'appui important et continu à notre effort par les gouverneurs des Pays européens membres d'INTELSAT, ceci non seulement par le gouverneur de la France (M. Grenier) mais aussi par les gouverneurs p.ex. de l'Allemagne, du Royaume-Uni et de plusieurs autres pays sans oublier le gouverneur du Canada.

Il faut aussi signaler dans ce contexte une série de contacts avec la plupart des pays sud-américains (le Brésil, l'Argentine, le Chili, le Pérou et le Venezuela).

Une présentation du programme ARIANE avait été planifiée pour une date à définir, mais l'ESA recevait un jour, via son bureau de Washington, l'invitation de faire la présentation au Conseil des Gouverneurs, ceci le lendemain, invitation qu'on ne pouvait qu'accepter. D'où le double problème de :

- la présence à Washington en temps voulu, problème résolu par un voyage aller en Concorde ;
- la finalisation de la présentation aux gouverneurs, problème résolu dans la soirée avec l'aide du bureau ESA à Washington.

Les axes de notre argumentation étaient la solidité du programme de développement ARIANE-1, l'expérience de l'industrie européenne et l'existence de la Série de Promotion.

Suite à l'offre de l'ESA de lancer trois satellites INTELSAT V au même prix que les lancements Atlas-Centaur, un contrat correspondant était signé par INTELSAT et l'ESA (en 1977), bien avant le lancement L 01, portant sur le lancement des satellites INTELSAT V FU 6, FU 7 et FU 8 (devenus ultérieurement FU 7, FU 8 et FU 9).

Tandis que les satellites INTELSAT V FU 7 et FU 8 étaient lancés avec succès dans le cadre de la Série de Promotion (L7 et L8), le lancement FU 9 a été sous-traité à ARIANESPACE. Devenu FU 14, il a été lancé sur le Vol V18 le 31 mai 1986 par une ARIANE 2. Ce vol étant un échec dû à un mauvais fonctionnement d'une vanne du système de propulsion du 3<sup>ème</sup> étage, le satellite de remplacement FU 15 était finalement lancé avec succès le 27 janvier 1989, aussi par une ARIANE2.

Il faut également signaler ici la plainte contre l'ESA et le CNES (en tant qu'agents gouvernementaux) de Transpace, une société américaine voulant commercialiser des lancements du Thor-Delta (ceci suite à l'intention de la NASA de lancer un maximum de satellites par la navette américaine et donc d'abandonner le recours aux lanceurs classiques). L'objectif de Transpace était de démontrer que les financements gouvernementaux par le canal de l'ESA et du CNES faussaient la compétition entre fournisseurs de services de lancement.

Cette affaire a donné lieu à une intervention gouvernementale des Etats-Unis suivie de multiples réunions, le tout pour finir avec une lettre du Président Reagan :

- constatant que les pratiques européennes ne différaient pas des pratiques américaines et
- demandant des discussions sur les supports gouvernementaux pour établir des "règles de bonne conduite" (les "Rules of the Road"), demande qui s'est terminée sans suite notable.

## **Conclusion**

Malgré des aléas inhérents à des programmes spatiaux, je peux dire que les objectifs de la Série de Promotion ont bien été atteints :

- en assurant une transition efficace et souple entre le développement d'ARIANE-1 et la reprise du flambeau par ARIANESPACE de la promotion, de la production et du lancement du "produit ARIANE",
- en éliminant encore quelques faiblesses de conception résiduelles et en renforçant la qualité des procédures de production et des opérations de lancement et
- en obtenant l'ouverture à ARIANE du marché mondial de vente de lancements par l'acquisition de plusieurs clients et en particulier d'INTELSAT pour le lancement de trois satellites INTELSAT V.

Je suis arrivé à la fin du sujet « Série de Promotion/INTELSAT » et je tiens à ajouter ce que Carlo Dana, a dit lors de la préparation de nos textes :

« Le programme ARIANE est, à mes yeux, le succès d'une aventure humaine extraordinaire, qui a élargi les esprits de la quasi-totalité des participants et a créé des liens humains entre personnes d'origine et conditions très différentes et a engendré la grande famille ARIANE, solidaire et exemplaire au niveau européen ».

Et pour conclure je citerai la réponse de Frédéric d'Allest à mon courriel envoyé à d'anciens collègues ARIANE notant le succès du vol ARIANE 249 :

« Qui aurait parié lorsque nous nous sommes lancés comme des fous, Raymond et moi, dans la compétition INTELSAT 5 avant le lancement L01 qu'ARIANE lancerait ensuite 61 satellites INTELSAT. C'est pourtant bien ce défi improbable qui a ouvert la voie à la commercialisation d'ARIANE. »



## Thème IV - Avant L01, se concrétisent des anticipations audacieuses

Une démarche prospective et commerciale qui fera d'ARIANESPACE un leader mondial



Ralph JAEGER

Ralph Jaeger en charge des contrats de développement du réservoir cryogénique du 3<sup>ème</sup> étage H8 et de la coiffe, puis directeur général adjoint d'ARIANESPACE en charge de l'activité commerciale, présente le contexte international des satellites commerciaux, principalement de télécommunication dans la décennie 70 et la percée commerciale d'ARIANE.

Je vous parle du début de la commercialisation systématique avant et après L01. Ce début, j'appelle cela le big bang commercial pour bien exprimer qu'une nouvelle ère commençait dans le domaine du transport spatial après L01 par la création de la société ARIANESPACE.

La motivation première, après les malheureuses expériences ELDO, aggravées encore par l'aventure Symphonie, était l'accès à l'espace pour des raisons d'indépendance. Et on peut s'étonner déjà que la France ait réussi à réunir autour d'elle autant de pays au sein de l'Agence pour entamer un programme de cette taille.

On pourrait penser aussi que la commercialisation était un prétexte pour mieux convaincre lors du processus de création, mais la logique engagée à savoir un leadership institutionnel combiné avec une initiative industrielle pour percer sur un marché naissant, cette surprenante association d'un "partenariat public et privé" était en fait une des clés du succès. L01 intervenait alors à un moment crucial pour un marché naissant des télécommunications par satellites.

La nouvelle société, reposant sur un schéma coopératif des industriels, se trouve exposée à un marché jusqu'alors contrôlé par la NASA. Pourtant, comme je le disais, un marché naissant et en croissance existe à ce moment mais il est lié à certains intérêts d'origine américaine.

Qu'est-ce qui se passe dans ce monde alors ?

On note d'abord la volonté des US de vouloir dominer le marché des télécoms mondial en utilisant les satellites.

Cette volonté s'exprime tout d'abord par la « Loi pour les télécommunications » de 1962 qui conduit à la création d'INTELSAT par la structure de gestion, monopoliste bien sûr, la Comsat, créée uniquement pour le besoin de gérer INTELSAT.

Ensuite fallait-il trouver un accord à l'intérieur de l'Union Internationale de Télécommunications de Genève sur les fréquences à utiliser pour des satellites.

Les résultats positifs de la conférence extraordinaire de radiocommunications de 1963

permettent de partir avec un plan de fréquence clair et applicable à échelle mondiale.

La conséquence en est qu'INTELSAT, comme structure internationale mais sous contrôle de la Comsat, se crée en 1964. Puisque cet organisme lance des satellites de télécom, un marché de transport spatial naît.

Finalement, autre facteur important du succès qui précède la fulgurante ascension d'ARIANE, c'est que sous Nixon, à la Maison Blanche, se développe un mouvement s'opposant au monopole des télécommunications de la société AT&T et celui de la Comsat. L'homme plaidant une nouvelle approche est un conseiller du Président Nixon qui formule déjà, en 1972, la doctrine du "Open Sky", pour obtenir par des satellites le meilleur service dans la transmission des programmes pour les utilisateurs. Il résulte de ces actions la création de plusieurs opérateurs de satellites domestiques aux Etats Unis, et finalement aussi la dissolution du monopole AT&T.

L'Europe, se sentant sous la pression américaine, doit s'organiser pour trouver des réponses à la possible monopolisation du ciel par la Comsat, gérant d'INTELSAT. L'accord sur INTELSAT de 1964, préliminaire d'abord, doit aboutir vers un accord final et définitif par une négociation avec les Américains.

Elle crée donc la Conférence des questions satellitaires (CETS) pour coordonner ces positions au sein de la CEPT (Conférence européenne des Postes et Télécommunications). De ces activités résulte plus tard une décision prise lors d'une ministérielle (Bad Godesberg 1968) qui donne toute la responsabilité, en matière de satellites, à l'ESRO, ce qui nous amène plus tard vers ESA et l'ensemble de ses programmes de satellites d'applications que nous connaissons et avons vécus ensemble.

Par la « Politique du Ciel ouvert » se créent alors des opérateurs domestiques US puis des opérateurs de satellites dans d'autres pays comme par exemple le Canada ou l'Indonésie.

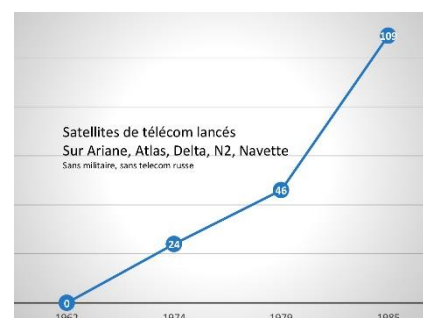
Initialement, ce sont beaucoup de sociétés américaines comme par exemple GTE, Spacenet, Hughes Communications mais notez aussi la création d'Inmarsat en 1979. Déjà en 1983 commence un mouvement dans un pays voisin, qui aboutit à la création de la SES car l'homme de la Maison Blanche et père de la politique du ciel ouvert arrive comme conseiller chez le PM Pierre Werner au Luxembourg. Et finalement la TV direct débute avec des projets en Europe, au Japon, aux US.

INTELSAT prend sa forme finale en 1973, mais par la pression de l'Europe et d'autres pays, la domination américaine est rompue, la Comsat reste cependant le bras technique unique et donc la porte d'entrée.

Symphonie fait partie de ces initiatives mais elle souffre énormément des contraintes imposées par les Américains à cette époque, que nous connaissons bien. On peut constater que les activités commerciales démarrent.

Donc l'idée audacieuse de compléter la notion de l'accès stratégique par la commercialisation repose sur le constat d'un marché naissant qu'il faut ouvrir pour l'industrie européenne.

Le « Dossier Transpace » puise dans l'effervescence des initiatives télécoms, météo, scientifiques et observations terrestres. Mais la privatisation des télécoms comme



phénomène global et la marche triomphale de la TV « sans frontières » amène la forte croissance. Le rôle de l'observation terrestre comme instrument politique et économique est découvert.

Fin 1974, on compte un total de 24 satellites lancés, et à la fin de 1979, au moment où ARIANE 1 vient d'être lancé, on compte un total de 46 satellites lancés, une croissance, par rapport à il y a 5 ans, de 22 satellites de plus. Encore 5 ans plus tard, 63 nouveaux satellites s'ajoutent à ce bilan.

Quand ARIANESPACE se constitue, et avec elle une petite équipe commerciale, elle met ses pieds sur un terrain fertilisé mais complètement vierge sur lequel on découvre avec joie la création de plus en plus de sociétés dont l'ambition est de devenir opérateur de satellites de télécom.

Tous ceux, dont moi, qui avaient le nez dans le guidon pour finir le développement ne pouvaient que constater que le système se préparait, sous la conduite très active de ces dirigeants, à faire quelque chose de tout à fait extraordinaire. Je n'exclus même pas que certains étaient très inquiets.

CNES-ESA lancent la commercialisation qui aboutit à la commande ferme en 1978 d'un lancement pour INTELSAT. Avec le programme de Promotion de l'ESA se crée une équipe interface satellite CNES-ESA.

Je me trouve alors dans des discussions avec Ford, le constructeur d'INTELSAT-V, avec la Comsat, INTELSAT et ESA, pour lancer ce satellite sur ARIANE.

Multiples sont alors les activités qui se déploient en conséquence : la mise en place de l'infrastructure satellitaire au CSG par le CNES, sous l'œil de Ford/INTELSAT et de l'ESA, dont fait partie la mise en place des bâtiments « S » et l'aventure du bâtiment S1A trop bas pour ce grand satellite INTELSAT-V et qu'il faut rehausser. Voilà un évènement particulièrement touchant.

Clair donc, après L01 commençait une vie professionnelle tout à fait différente, orientée vers marché, clients, institutions/gouvernementaux d'une dimension toujours plus large parce que le marché bondissait. Mais aussi fallait-il faire des choses inhabituelles à l'intérieur : par exemple, faire en sorte qu'on puisse téléphoner d'une façon automatique à l'international, à partir de la Guyane, pour faciliter la vie des premières équipes internationales.

L'innovation et la réactivité rapide étaient des atouts primordiaux et essentiels pour la nouvelle société pour répondre à un marché en évolution rapide.

Parce que les satellites sont de taille et de masse différentes, on conçoit le lancement double, la panoplie des adaptateurs complètent l'offre avec une pensée particulière pour des petits satellites, naît alors le passager secondaire.

Evidemment, au début, tout le monde voulait uniquement la position haute sur le lanceur, donc elle était survendue. On découvrait notre délicate position assez rapidement, car certaines sociétés clientes fusionnaient inopinément vite.

Faisait partie de ces atouts capitaux la capacité de faire évoluer le lanceur très rapidement pour rendre disponibles des versions plus performantes et plus flexibles d'ARIANE, et disposer de la génération AR4 déjà 7 ans après L01. Avec AR4, ARIANESPACE déployait tout son savoir-faire, affûtait sa capacité industrielle et opérationnelle et s'ancrait solidement et dans la durée sur le marché mondial.

Et pourtant le début était difficile.

D'abord avoir le culot de prêcher un lanceur consommable dans les temps du début de la navette - il fallait avoir du courage. Qui en fait voulait entendre que ce brillant système « Navette » était horriblement cher et inflexible ? Surtout avec la puissance financière de la NASA derrière. Une véritable machine de guerre se déployait pour imposer le monopole des lancements par la navette au monde. Souvenez-vous du satellite conçu "navette seulement".

Du côté ARIANESPACE, il fallait tout inventer, de la notion de service (on vend un lanceur ou on vend un service ?) à l'organisation de la société et la structuration de la coopération et du support par l'Agence et le CNES, du financement et des assurances, parce que le marché des assurances spatiales était dans un piteux état juste au moment où il ne fallait pas. Avant le début du premier vol commercial d'ARIANESPACE avec Spacenet-1, le marché des assurances avait accumulé 500 M\$ de pertes alors que le flux des primes était en croissance régulière. D'où la nécessité de créer la société de réassurance S3R. Instrument précieux pour amortir les chocs du marché.

Aussi, je vous rappelle qu'à l'époque d'ARIANE L01, la malheureuse affaire allemande d'OTRAG n'était toujours pas tout à fait finie non plus.

La folie des subventions de prix de lancement pour la navette causait une recherche d'entente par l'Europe mais la NASA était sourde. Au contraire, certaines démarches politiques se faisaient sentir, priant des premiers clients commerciaux américains d'ARIANE de s'exprimer devant le Congrès puis faisant en sorte que notre premier point d'appui commercial se désolidarise. ARIANESPACE Inc. naîtra donc comme conséquence et avec lui arrive l'homme qui nous sert fidèlement pendant 20 ans, Douglas Haydon, que les Américains nomment plus tard, avec respect et admiration, "the elderly statesman".

Notez aussi, et ceci me semble vrai encore aujourd'hui, qu'une invention européenne est acceptée plus difficilement côté US que n'importe quelle invention américaine chez nous. Oh combien de fois j'ai dû entendre « on n'a pas besoin de vous » ou alors, « 15 ans de durée de vie, on n'en a pas besoin... ».

L'audacieuse création d'ARIANESPACE a fait naître une société moderne du type « Newspace » à une époque où le terme n'existait même pas encore. Mais ARIANESPACE réunissait en son sein toutes les caractéristiques de ce qu'on appelle aujourd'hui Newspace.

Pour finir, j'ajoute trois témoignages de pionniers, tous Américains, qui vous exposent leur vue sur nous et nos actions :

#### Roger Rusch, ancien PM INTELSAT V chez Ford :

« 1975 environ je présentais à Anaheim lors d'un congrès d'IAS et le représentant de l'ESA me défiait par la question : « Planifiez-vous de construire vos satellites de telle façon qu'ils puissent être lancés sur ARIANE ? » Nous étions complètement aveugles, car nous ne préparions nos satellites que sur Atlas...

("In about 1975...I was giving a IAS paper in Anaheim and was challenged by the ESA representative.... "Do you plan to design your satellite so that it can be launched on ARIANE?" We were designing for Atlas and were completely blindsided by the aggressive approach taken by ARIANE.....")

**Jerry Waylan, ancien CEO de GTE-Spacenet (Vol V9) :**

« L'entrée des services de lancement d'ARIANESPACE dans l'industrie a été essentielle pour sa croissance et son expansion pendant les années 1980 et 1990. La nouvelle fusée et ses attitudes commerciales ouvertes étaient un facteur majeur pour la croissance des communications par satellites pendant cette période. »

("The entry of ARIANESPACE launch services into this industry was essential to it's growth and expansion during the 1980's and into the 1990's. This new vehicle and it's business-friendly policies were a major factor in the growth of commercial satellite communications during this period.")

**Fred Landman, ancien CEO de PANAMSAT, co-fondateur avec René Anselmo (V 401) :**

« Je me souviens de mon vol vers Paris pour signer le MOU avec ARIANESPACE pour ce lancement. Le lancement réussi ne changeait pas seulement l'avenir d'ARIANESPACE mais pour toujours l'avenir des communications internationales par satellite. C'était la première fois que le monopole INTELSAT avait un concurrent dans les services internationaux. »

"I remember flying to France to sign the original MOU with ARIANESPACE to secure the launch. The successful launch changed not only ARIANESPACE's future it changed forever the future of International satellites communications. It was the first time the monopoly INTELSAT had a rival for international satellite services."

Et finalement je souhaite rendre hommage à notre tout premier Directeur commercial Claude Daoud qui nous a quittés lors du vol L07-INTELSAT V.



## Thème IV - Avant L01, se concrétisent des anticipations audacieuses

### La création d'ARIANESPACE

#### Frédéric d'ALLEST

Frédéric d'Allest ancien responsable de l'étage H20 d'EUROPA 3 à l'ELDO puis au CNES : Chef de projet ARIANE, Directeur des Lanceurs, puis Directeur Général du CNES et Président Directeur Général d'ARIANESPACE. Il nous présente la genèse et la création de cette Société.



En 1977, le programme de développement d'ARIANE se déroulait correctement, avec l'objectif, fixé début 1973, d'effectuer le premier lancement de qualification au cours de l'année 1979 (date initialement prévue : Juin 1979).

Le programme initial comportait la construction de quatre lanceurs destinés aux essais de qualification avec l'objectif de réussir deux lancements de qualification en admettant la possibilité de deux échecs sur ces quatre premiers lancements.

A ce stade du développement, les approvisionnements à long cycle devaient être commandés plus de trois ans avant la date de disponibilité des lanceurs de production. Pour éviter toute interruption de production et de lancements à l'issue de la phase de qualification, il était nécessaire de commander ces approvisionnements à long cycle au plus tard début 1978.

Or toute l'année 1977 s'était déroulée au sein du Conseil directeur du Programme ARIANE en d'interminables discussions sur le lancement de la production des lanceurs opérationnels. A la fin de l'année, nous nous trouvions dans une impasse totale car aucun progrès n'apparaissait dans ces discussions qui refusaient tout nouvel engagement dans la phase opérationnelle d'ARIANE.

Proche du désespoir, j'écrivais en Décembre 1977 une note à Yves Sillard, alors Directeur Général du CNES, lui décrivant la situation, et proposant une solution de sortie de crise. J'expliquais dans cette note qu'il était vital, pour disposer d'un outil performant, fiable et compétitif ainsi que d'équipes motivées et compétentes, d'assurer une phase opérationnelle comportant un minimum de 2 lancements par an et ayant l'objectif d'être en mesure d'effectuer au plus 4 lancements par an, cadence que laissait supposer le modèle de mission haut que nous envisagions alors.

Pour atteindre cet objectif, il fallait absolument « commercialiser » le lanceur, mot qui paraissait incongru à l'époque, en abordant le marché mondial, les seules missions gouvernementales européennes étant en nombre insuffisant pour assurer ces cadences.

La première commande d'INTELSAT, alors premier opérateur mondial de satellites commerciaux, acquise de haute lutte cette même année 1977 et dont Raymond Orze nous a présenté le déroulement, rendait crédible la proposition que je fis dans cette note de créer une société,

ultérieurement appelée ARIANESPACE, qui recevrait de l'ASE la disposition des technologies issues du développement d'ARIANE, en contrepartie du maintien en conditions opérationnelles par ARIANESPACE de l'outil de production et de lancement des lanceurs ARIANE, avec une priorité d'utilisation au bénéfice des missions de l'ASE ou de ses états membres.

Cette nouvelle société avait pour objet le financement, la production, la commercialisation et le lancement des lanceurs ARIANE.

Cette note encore sommaire fut étudiée et approfondie en particulier dans ses aspects financiers et modèles de mission au sein du CNES puis la proposition fut soumise à notre Ministre de tutelle de l'époque, André GIRAUD, qui soutint fortement cette démarche semblable, dans le nucléaire, à EURODIF. C'est sur son conseil que je rencontrais, avec Roland Deschamps qui dès le début me seconda très fortement dans la fondation d'ARIANESPACE, le regretté Georges Besse, alors patron de la COGEMA et Président d'Eurodif. Celui-ci nous encouragea tout en nous déconseillant formellement le statut de GIE envisagé initialement et nous recommandant, pour gérer correctement les risques et ne pas être paralysés par les membres du GIE, d'adopter le statut de Société Anonyme.

Cette proposition audacieuse fut longuement débattue au cours de l'année 1978, car à cette époque il était considéré que seuls des Etats, à travers des agences gouvernementales (la seule NASA en fait dans le monde en dehors de l'URSS), pouvaient assumer les risques financiers, juridiques et sécuritaires de lancer des satellites.

Cependant il apparaissait clairement que l'ASE, par son mode de financement à travers les crédits de R et D versés par ses Etats membres pour financer des développements technologiques, n'était pas adaptée pour assumer les risques financiers et commerciaux d'une production opérationnelle de lanceurs. Ainsi, malgré les réticences compréhensibles des structures de l'ASE et du CNES qui ressentaient cette proposition comme une amputation de leurs responsabilités, l'idée fit son chemin en 1998 au vu des difficultés considérables que rencontraient alors le comité de programme ARIANE de l'ASE pour autoriser la production d'un premier lot de 5 lanceurs (à la suite des quatre lanceurs des vols d'essais), pudiquement baptisé série de promotion. L'idée s'imposait progressivement au sein des différentes délégations du Comité directeur ARIANE que le temps était venu pour que l'industrie, à la suite de la qualification du lanceur, prenne ses responsabilités et assume les risques de la phase opérationnelle.

L'Aérospatiale, paralysée par la crainte d'échecs des lancements de qualification (le souvenir de la succession d'échecs du lanceur EUROPA 2 était encore cuisant dans les mémoires) excluait de prendre le leadership de cette opération jugée excessivement risquée et peu crédible. Je me souviens précisément à ce titre de l'entretien que j'avais eu avec le Général Jacques Mitterrand, son Président d'alors, qui avait levé les bras au ciel quand je lui présentais le dossier en premier.

Pour limiter le risque financier et le rendre acceptable par les industriels nous avons fait avec Roland Deschamps trois choses :

- Adoption du statut juridique de SA limitant l'engagement financier de chaque industriel actionnaire à sa part au capital.
- Définition du montant du capital appelé à hauteur du financement d'un lanceur de rechange.
- Pour chaque industriel, part au capital définie au prorata du montant de ses fournitures pour construire un lanceur. Ainsi chaque industriel, s'il souhaitait poursuivre sa participation au

programme ARIANE de production, prenait un risque sur une unité de sa production. En réalité, le Ministre André Giraud demanda à ce que l'Etat français, à travers le CNES, compte-tenu de l'enjeu stratégique et de l'engagement spécifique de la France dans la couverture des aléas financiers du programme de développement, prenne une part au capital égale à la minorité de blocage, soit 34%. Cette disposition avait l'avantage de convaincre les industriels que le CNES resterait à leur côté en cas de grosses difficultés et de ramener leur risque financier à 66 % du montant défini ci-dessus.

La proposition ARIANESPACE était approuvée par le CNES dès le mois de Mai 1978 et par le Gouvernement français dès l'été 1978.

Entretiens, Yves Sillard m'avait autorisé à commander « en perruque » les approvisionnements à long terme financés par le programme de développement pour éviter toute rupture de production.

Nous fîmes alors, durant la deuxième partie de 1978 et le premier semestre 1979, le tour de tous les industriels fournisseurs d'ARIANE pour leur présenter ce dossier ainsi constitué et les convaincre de s'engager dans cette aventure. Les discussions portèrent essentiellement sur l'analyse du marché accessible à ARIANE, l'analyse de la concurrence (essentiellement alors la navette spatiale), les prix de marché possibles, le modèle de mission, le montant nécessaire du financement de la production, la taille du premier lot, l'engagement du CNES à leur côté qui était pour eux une protection, et l'analyse des risques.

En parallèle, nous fîmes avec Yves Sillard et Roland Deschamps la visite des responsables des délégations des onze pays participants dans leurs capitales respectives pour leur présenter en détail le dossier. Le préalable à leur consensus était évidemment l'engagement de leurs industriels nationaux.

Pour cristalliser cet engagement et aller vite nous eûmes, avec Roland Deschamps, l'idée qui s'avéra très efficace de faire signer au salon de l'Aéronautique et de l'Espace du Bourget 1979, quelques mois donc avant le premier lancement dont nous célébrons aujourd'hui le 40<sup>ème</sup> anniversaire, un mémorandum matérialisant leur engagement. Ils s'engageaient juridiquement par leur signature de ce document à participer au capital d'ARIANESPACE aux conditions définies dans ce texte, en stipulant que cet engagement prendrait effet dès le premier lancement réussi. Avec cette réserve et dans l'euphorie du salon du Bourget, tous signèrent, certains pensant que cela leur laisserait du temps pour voir venir et éventuellement se dédire.

C'est ainsi que nous recueillîmes la signature des 36 industriels de l'Europe spatiale participant à la production du lanceur, émanant des onze Etats participant au programme ARIANE, de onze banques intéressées à participer aux opérations financières d'ARIANESPACE et du CNES, maître d'œuvre du programme de développement et fondateur de cette nouvelle société.

Sans perdre de temps, dès le retour de GUYANE à l'issue du premier lancement réussi d'ARIANE en Décembre 1979, les actionnaires étaient invités à signer les statuts qui furent déposés en Mars 1980 car nous avions la crainte qu'un échec éventuel d'ARIANE en qualification fasse fuir les industriels et remette en cause leur engagement. Celui-ci (L02) intervenait en Mai 1980 mais trop tard. ARIANESPACE existait déjà et entamait ses premières opérations commerciales.

Pour une fois les Européens étaient en avance sur les Américains pour passer de la phase de développement technologique à la phase industrielle de production et commercialisation.

C'est non sans fierté que l'ouverture de la première ligne de transport spatial commercial intervint le 22 Mai 1984 avec le lancement sur V9 du satellite SPACENET F1, suivant immédiatement les lancements des premiers satellites export INTELSAT V F7 et INTELSAT V F8 respectivement en Octobre 1983 et Mars 1984, qui avaient ouvert la voie de la commercialisation. L'ironie de l'histoire fut que ce satellite soit américain, ceci alors que la compétition avec la navette spatiale battait son plein.

La création d'ARIANESPACE, totalement dédiée à cette activité, permettant de donner toute la souplesse nécessaire aux offres de lancement, en y apportant et développant la notion de services (préparation des charges utiles, financement, assurances...) et traitant pour la première fois dans ce domaine les opérateurs de satellites en clients et non plus en simples usagers, fut très bien accueillie par le marché. Peu de temps avant le premier accident de la navette spatiale, ARIANESPACE faisait déjà jeu égal avec cette dernière en termes de carnet de commandes de lancements de satellites commerciaux.

Aujourd'hui ARIANESPACE a lancé près de 400 satellites en orbite géostationnaire.

La création d'ARIANESPACE fut et est aujourd'hui encore un facteur clé déterminant du succès de la phase opérationnelle d'ARIANE.

## Soutiens gouvernementaux aux développements de la filière ARIANE

### Paul QUILLES - Ancien Ministre

*Ministre de l'Urbanisme et du Logement (10/1983-09/1985)*

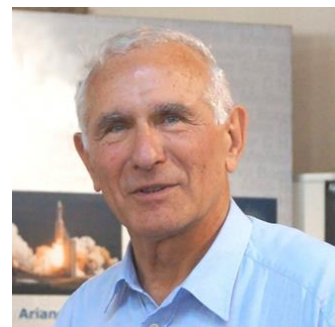
*Ministre des Transports (à partir de juillet 1984)*

*Ministre de la Défense (09/1985-03/1986)*

*Ministre des Postes et Télécommunications et de l'Espace (05/1988-05/1991)*

*Ministre de l'Équipement, du Logement, des Transports et de l'Espace (05/1991-04/1992)*

*Ministre de l'Intérieur et de la Sécurité Publique (04/1992-03/1993)*



Monsieur le Président, Mesdames, Messieurs,

Je regrette que la célébration du 40<sup>ème</sup> anniversaire du premier lancement d'Ariane à Kourou le 24 décembre 1979 n'ait pas pu se dérouler dans des conditions normales, compte tenu des contraintes imposées par la crise sanitaire.

On m'a demandé de parler des premières années de vie du programme Ariane après son succès initial magistral, ce que je fais volontiers ici.

\*\*\*\*\*

Au cours de la décennie 80, j'ai eu à plusieurs reprises l'occasion d'être acteur dans ce qu'on peut appeler l'aventure Ariane, en tant que ministre de tutelle du CNES (avec le soutien éclairé et efficace de Jean-Yves Le Gall, conseiller espace dans les 2 cabinets de 1988- 1991 et 1991-1992). Au-delà, j'ai conservé un lien affectif privilégié avec l'Espace, notamment dans l'exercice de ma fonction de maire de Cordes sur Ciel (manifestation annuelle en été « le ciel sur Cordes », en partenariat avec le CNES).

J'ai eu aussi l'occasion, il y a quelques années, de mener un travail très intéressant -et, je l'espère, utile- sur les relations entre l'ESA, l'Union européenne et les citoyens européens, avec 6 autres anciens ministres européens en charge de l'espace, à la demande du directeur général de l'ESA de l'époque, Jean-Jacques Dordain.

J'ai choisi de vous parler de la politique spatiale qui a été menée dans le cadre de la politique industrielle et de recherche du président Mitterrand et de ses gouvernements au cours de la décennie 80.

### **ARIANE PARMI LES GRANDS TRAVAUX DU PRESIDENT MITTERRAND**

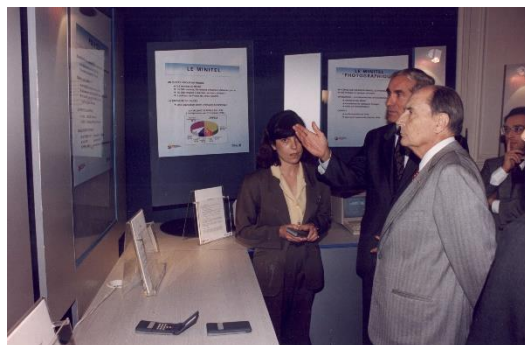
François Mitterrand a poursuivi, dans la lignée des grands travaux menés par ses prédécesseurs, le Général de Gaulle et Georges Pompidou (rappelés par Bernard Esambert), avec l'engagement de la France dans les programmes spatiaux européens, d'abord avec le programme Europa de l'ELDO, puis avec celui d'Ariane 1 de l'ESA, dont la mise en œuvre eut lieu sous la présidence de Valéry Giscard d'Estaing qui, après une courte période d'hésitation, a entretenu cet élan initial jusqu'à son plein succès.



François Mitterrand s'est, lui aussi, engagé dans de grands travaux, dans le cadre général d'une politique industrielle, de recherche et culturelle, dont les grandes lignes méritent d'être rappelées, pour mieux comprendre les évolutions qui ont concerné plus particulièrement le secteur spatial.

### Les nationalisations du début du premier septennat

Je rappelle d'abord qu'au niveau national, le Président Mitterrand, prolongeant en quelque sorte les nationalisations décidées par le Général de Gaulle en 1945, a restructuré le milieu industriel et bancaire au début de son mandat, en procédant à une série de nationalisations qui ont touché des banques et de grandes entreprises dont [Thomson](#)<sup>9</sup>, [Saint-Gobain](#), [Rhône-Poulenc](#), [Pechiney-Ugine-Kuhlmann](#), [Usinor](#), [Sacilor](#), [Suez](#), la [Compagnie générale d'électricité](#). Dans



le secteur spatial, le Groupe Matra n'a pas été concerné, ce qui facilitera par la suite la constitution d'un grand groupe aéronautique et spatial à l'échelle européenne, en permettant le rapprochement de sociétés publiques et privées. De même, le groupe Dassault n'a pas été nationalisé à 100%. L'ensemble de ces mesures fera l'objet de la loi de nationalisation du 13 février 1982.

### Dans ce contexte, comment le secteur spatial a-t-il été traité ?

L'Europe et la France disposaient avec Ariane d'un lanceur permettant une certaine autonomie d'accès à l'espace, notamment pour lancer des satellites de télécommunication de taille moyenne. Le gouvernement de l'époque s'est attaché, en liaison étroite avec nos partenaires européens à engager de grands programmes d'application, qui répondaient à des besoins non encore satisfaits à l'époque et en pleine évolution, avec une taille et un poids croissant pour les satellites de télécommunication.

Il fallait donc soutenir les efforts du CNES, de l'ESA et de l'industrie pour adapter le lanceur Ariane à des missions de plus en plus ambitieuses.

Je citerai d'abord un programme d'application naissant, celui des satellites de reconnaissance, à l'origine d'une filière militaire qui s'est renforcée au fil du temps et qui connaît en ce moment une sorte de reconnaissance institutionnelle nationale au niveau des forces armées.

Dans le domaine militaire, la première génération de satellites de reconnaissance est apparue avec le satellite Hélios, dont le programme a été imaginé dès 1982 et développé avec une participation de l'Espagne (7 %) et de l'Italie (14,1 %). Ses deux premiers satellites seront déployés en 1995 et 1999. Prenant la suite du [projet SAMRO \(SATellite Militaire de Reconnaissance Optique\)](#), le programme Hélios a été lancé en 1985 avec pour objectif principal la surveillance du [bloc soviétique](#) (qui était alors une réalité puisqu'on se trouvait avant la chute du mur de Berlin en 1989). À l'époque, la France a pu s'appuyer sur la connaissance technique acquise dans le cadre de notre programme d'observation civil français [SPOT](#) développé par le CNES et dont le premier satellite a été lancé en 1986 (j'étais alors ministre de la défense). Les principaux composants (capteurs, optiques, systèmes d'enregistrement et de transmission, [plate-forme](#)) en ont été repris pour développer le satellite de reconnaissance militaire.

<sup>9</sup> Les liens Internet sont placés sous la responsabilité de l'auteur. C'est un complément d'information qu'il vous propose.

## Le défi lancé par Ariane au Space Shuttle

La période des années 80 est surtout marquée par la montée en puissance du programme Ariane. Celui-ci a dû affronter la redoutable concurrence du programme de la navette spatiale américaine, le Space Shuttle, qui devait devenir l'outil universel de lancement des satellites civils américains et occidentaux, les militaires américains ayant gardé les lanceurs consommables pour satisfaire leurs propres besoins.

C'est au cours de cette même période des années 80, correspondant aux deux mandats du Président américain Ronald Reagan, que fut menée par ce dernier une politique internationale marquée par la [crise des euromissiles](#) et la relance de la [course aux armements](#), ainsi que par la hausse du budget militaire, pour notamment financer le projet d'[Initiative de défense stratégique](#) (IDS). Cette course aux armements fut entamée au début des [années 1980](#) et contribua probablement aux difficultés de l'[URSS](#), qui a eu du mal à assumer un tel effort budgétaire et technologique, compte tenu de l'état de son économie.

Lors d'un discours à Berlin, Ronald Reagan appela symboliquement [Mikhaïl Gorbatchev](#) à faire tomber le [rideau de fer](#), ce qui se produisit fin 1989. Ronald Reagan, désormais perçu comme le grand vainqueur de la [Guerre froide](#), n'avait plus besoin de développer un coûteux programme d'exploration spatiale. L'entretien de l'existant suffisait pour assurer la suprématie américaine, après l'éclatant succès du programme Apollo dans les années 70. La navette spatiale, le Space Shuttle, devait en principe suffire pour répondre aux besoins civils de transport spatial de satellites pour les Etats-Unis et leurs alliés.

## Le déclin de la navette et la montée en puissance d'Ariane

En concevant au début des [années 1970](#) un engin spatial réutilisable, la NASA avait espéré pouvoir abaisser fortement les coûts du lancement de satellites, qui avait été jusque-là effectué par des fusées consommables à chaque lancement. Mais, comme certains orateurs l'ont dit, les compromis techniques retenus à la conception pour des raisons financières, et surtout la complexité inhérente au concept, ont induit des coûts de développement et d'exploitation très élevés (500 millions de dollars par lancement). Lorsque sa carrière opérationnelle a débuté en 1982, tous les lancements de satellites américains devaient être pris en charge par la flotte des quatre navettes spatiales existantes. Un dumping important pratiqué sur les prix de la navette en début de programme devait permettre d'occuper une place dominante sur le marché des lancements commerciaux. Mais il est rapidement apparu que la navette ne pouvait pas devenir un moyen de lancement concurrentiel par rapport aux fusées classiques, parce que la cadence des lancements espérée n'a pas pu être tenue, en raison des difficultés de mise au point notamment des moteurs cryogéniques principaux. Après la [destruction de la navette spatiale Challenger](#) début 1986, qui a entraîné la perte de son équipage, l'utilisation de la navette a été limitée au lancement des satellites non commerciaux et aux expériences scientifiques en orbite. C'est donc un véritable boulevard qui s'est ouvert pour Ariane et Arianespace, dont la place dans le marché du lancement des satellites commerciaux de télécommunication est devenue de plus en plus importante. Les gouvernements des pays européens, et le premier d'entre eux, le gouvernement français, ont soutenu avec vigueur les programmes dérivés d'Ariane 1 au sein de l'ESA, notamment le programme Ariane 4.

Ce programme, proposé par le CNES, approuvé par le gouvernement français en 1981, puis en 1982 par l'ESA, a permis de fédérer près de 60 sociétés, de 11 pays européens, autour de la

réalisation du projet. La France a participé majoritairement au financement à hauteur de 52 %. Son statut de maître d'œuvre lui a également conféré la responsabilité du développement et du suivi technique du programme. Ce lanceur de nouvelle génération, très modulable, véritable cheval de bataille de l'Europe, a été l'unique lanceur de la famille Ariane utilisé entre 1988 et juin 1995. 46 exemplaires en ont été tirés, dont 43 avec succès, (93% de taux de réussite) et 74 satellites ont été mis en orbite, permettant de servir la météorologie, avec Météosat, la télégestion avec Spot, la télévision avec Télécom, Astra, Eutelsat, Intelsat, ... On peut dire que la notion d'espace utile a pris toute sa dimension au cours de cette période.

### **L'espace comme outil de construction de l'Europe.**

Au niveau européen, François Mitterrand s'est montré visionnaire en exaltant cette Europe de l'espace, capable d'entrer dans le club très fermé des puissances spatiales, sans naturellement atteindre le volume d'activités des deux superpuissances de l'époque dans ce domaine, les Etats Unis et l'Union soviétique.

Malgré le refus allemand de participer au projet Hermès de vols habités ainsi qu'à la construction d'un satellite d'observation, auquel a été préféré le projet EUREKA, François Mitterrand a considéré que ce dernier *« ne postule ni n'exclut aucun choix stratégique et vise simplement, en amont du civil et du militaire, à mettre l'Europe en prise avec les technologies dont les retombées et applications bouleverseront, domineront en toutes certitudes les données du futur »*. Et, de fait, cela a permis de faire progresser de façon pragmatique la cohésion européenne autour de grands projets.

Je mentionnerai aussi dans un autre domaine le tunnel sous la Manche, dont le projet fut entériné le 20 janvier 1986 par le Premier ministre britannique Margaret Thatcher et le président [François Mitterrand](#). Il fut inauguré le 6 mai 1994 et reste encore un élément de rapprochement de la Grande-Bretagne de l'Europe, qui s'est consolidé au fil du temps et que le Brexit n'a pas affecté. C'est pour moi un souvenir fort, puisque la négociation a été finalisée lors d'un sommet franco-britannique à l'Elysée en 1985, auquel j'ai participé en tant que ministre des transports.

Finalement, on peut dire que le Président Mitterrand a montré un réel intérêt pour le spatial, en tant qu'activité de recherche, d'innovation et de production industrielle à haut risque.

Il s'est fait l'avocat des vols spatiaux habités, fruit de la coopération avec l'URSS conclue initialement par le Général de Gaulle, puis avec les Etats-Unis. Il a eu notamment l'occasion de féliciter chaleureusement notre astronaute, Jean-Loup Chrétien, à 2 reprises. D'abord en 1982, lors de la mission franco-soviétique PVH, puis en 1988, lorsque Jean-Loup Chrétien décolla de Baïkonour à bord du vaisseau Soyuz TM-7 pour réaliser un vol de longue durée (25 jours) à bord de la nouvelle station Mir, qui comprenait une sortie extravéhiculaire. Ce fut un motif de fierté pour les Français, puisqu'il a été le premier astronaute non Russe et non Américain à réaliser une telle sortie.

Mes souvenirs du départ de la mission Aragatz sont d'autant plus forts que j'étais présent à Baïkonour ce 26 novembre 1988, en compagnie de François Mitterrand, d'Hubert Curien et du ministre soviétique des Affaires étrangères, Edouard Chevardnadze.

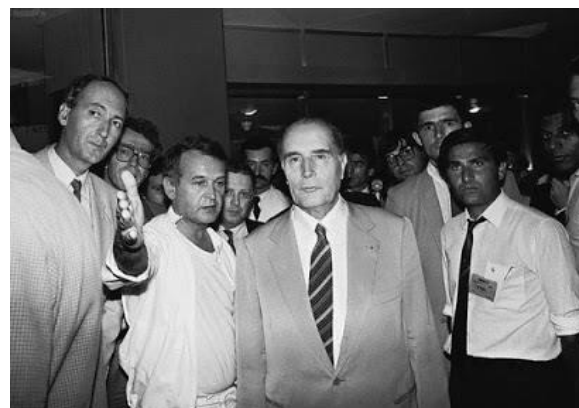
François Mitterrand aurait aimé que nos amis allemands nous accompagnent dans l'aventure



Hermès, pour donner à l'Europe un accès autonome aux vols habités. Même si le programme n'a pas pu se réaliser, pour diverses raisons liées notamment à ce renoncement, le programme Ariane 5, faisant suite à Ariane 4, a été lancé en 1987 par les états membres de l'ESA. Conçu pour les vols habités avec Hermès, mais aussi pour les lancements de satellites géostationnaires de télécommunication, le programme Ariane 5 a connu un succès considérable. Il a conforté l'Europe dans sa détermination à conserver cette autonomie d'accès à l'espace tant recherchée pour la gamme de satellites lourds de télécommunication qui allaient envahir l'orbite des satellites géostationnaires à 36 000 km de la Terre. Arianespace, sous l'impulsion de ses PDG successifs, Frédéric d'Allest et Jean-Yves Le Gall, a pu acquérir 50% du marché commercial, ce qui est tout à fait remarquable compte-tenu de la volonté de domination américaine dans ce domaine. Les autres missions d'observation de la Terre ainsi que les missions scientifiques complexes allaient aussi pouvoir se réaliser avec Ariane 5, ce qui a conféré à la France un rôle de premier plan et qui a facilité la coopération avec nos compétiteurs principaux, les Etats-Unis et la Russie, mais aussi la Chine et l'Inde.

En ce qui concerne plus particulièrement Ariane, puisque nous sommes ici pour célébrer le 40<sup>ème</sup> anniversaire du premier lancement à Kourou le **24 décembre 1979** et les premières années du programme, je voudrais citer une intervention de François Mitterrand, qui a connu les hauts et les bas du programme, mais qui n'a jamais cessé de le soutenir. Voici ce qu'il déclarait lors d'un déplacement en Guyane en 1985, pour assister à un lancement qui s'est malheureusement soldé par un échec :

*« À Kourou, en Guyane, j'ai assisté au lancement par Ariane de deux satellites. On sait que ce quinzième tir, comme avant lui le deuxième et le cinquième, a échoué. Et j'en ai éprouvé, et beaucoup de Français avec moi, une vive déception. Mais nous ne devons pas oublier les réussites qui, dans cette discipline, placent avec Ariane la France et l'Europe au premier rang du monde. J'ai admiré l'exceptionnelle qualité de nos équipes d'ingénieurs et de techniciens. Je les ai remerciés au nom de la France pour les services rendus au pays. J'étais venu m'associer à leur joie, ma place était encore, plus encore, parmi eux alors qu'ils étaient dans la peine. Je leur exprime ici ma gratitude et ma confiance. Quant au programme des tirs suivants, il s'exécutera comme prévu, retardé sans doute d'un mois. »* (15/9/1985- [RFO](#))



Comme j'ai tenté de vous le montrer au cours de ce trop bref rappel, la période des années 80 a été riche. Elle a contribué à donner un essor exceptionnel au programme Ariane avec la version particulièrement réussie du modèle Ariane 4, qui a permis d'engager avec confiance le programme Ariane 5.

Je souhaite aux équipes du CNES et de l'ESA, ainsi qu'aux industriels européens le plein succès dans la mise en exploitation du lanceur Ariane 6. Certes, le contexte a changé, les compétiteurs montent en puissance, notamment aux Etats-Unis, mais aussi en Chine et ailleurs. La solidarité européenne ne doit pas se démentir dans cette période difficile, qu'il s'agisse d'achever le développement du lanceur et des installations associées, ou de privilégier son utilisation ultérieure, notamment pour les missions gouvernementales....

Vive le CNES ! Vive l'ESA ! Vive Ariane !

## Thème 5 : ARIANE et l'opinion publique

J'aurais voulu demander à des journalistes correspondants du CNES et représentant les presses écrites et audio-visuelles, leur vécu sur l'épopée d'ARIANE, leur métier en particulier, et les relations avec leur hiérarchie. Le format limité des contributions à cette commémoration ne le permet pas. J'ai néanmoins sollicité deux journalistes, très impliqués dans le domaine des sciences, pour des commentaires à leur discrétion. Il s'agit de Jean-François AUGEREAU et Dominique LEGLU.



**Jean-François AUGEREAU** a fait un parcours complet d'ARIANE dans ses articles à COMBAT, LE FIGARO, L'Agence France Presse (service scientifique) et LE MONDE. Il a résumé sa pensée en m'autorisant à vous dire : « ARIANE, ça a été une belle aventure ! »

**Dominique LEGLU** a pris le « train » ARIANE en marche. Militante de l'information scientifique à LIBERATION et à la télévision, elle fut Présidente de l'AJSPI (Association des Journalistes Scientifiques de la Presse d'Information). Avec une double formation de scientifique et de journaliste, elle exerce la Direction des rédactions de deux mensuels spécialisés : SCIENCE ET AVENIR et LA RECHERCHE. Elle nous apporte une réflexion élargie sur ARIANE, au-delà de L01.

Par ailleurs, **Daniel WOLFROMM**, envoyé spécial de l'AFP pour L01, nous fait revivre les péripéties du lancement.

Daniel METZLÉ  
Animateur du thème



## Thème 5 : ARIANE et l'opinion publique

### Ariane devient une grande cause

Daniel METZLÉ

Chef du Service de Presse du CNES (1971 - 1998)



Le 25 janvier 1973 un communiqué de Presse du CNES officialise le programme LIIS (cf annexe). Le feuilleton médiatique commence et va durer jusqu'au lancement L01 et bien après. Après les politiques, les ingénieurs font leur travail de construction, les journalistes s'emparent du sujet.

### ARIANE ? Pourquoi faire, pour qui ?

Pour situer le contexte de façon imagée je prendrai la diatribe de Georges DANTON de 1792, en la paraphrasant : « Pour vaincre *les forces de l'inertie* il faut de l'audace, toujours de l'audace, encore de l'audace ». ARIANE devient une grande cause à laquelle les journalistes participent activement. ARIANE versus Navette américaine, autonomie et capacité de l'Europe.

En France deux associations réunissent les journalistes du spatial : l'Association des Journalistes de l'Aéronautique et de l'Espace (AJPAE) la plus ancienne et l'Association des Journalistes Scientifiques de la Presse d'Information (AJSPI). La presse grand public est très présente, de même que la presse régionale. Mais c'est toute une communauté de la presse européenne qui va se constituer : presse technique, scientifique mais aussi économique, sous l'œil de la presse anglosaxonne. Les péripéties du programme seront nombreuses avec des articles passant de l'espérance au doute, à la déception, à la critique, à la dérision, au dénigrement puis au soulagement, à l'enthousiasme et même à l'affection.

Voici un raccourci d'articles essentiellement sur la phase finale de préparation au lancement.

Le Monde du 20 octobre 1974 publie une tribune du Secrétaire Général du Groupement industriel

### SAUVER LA FUSÉE ARIANE

La fusée européenne Ariane sera-t-elle l'une des victimes du budget de 1975 et de la lutte contre l'inflation ? La stagnation des dépenses de l'État prévue pour l'an prochain affectera particulièrement le Centre national d'études spatiales, qui assure, à plus de 60 %, le financement de cette fusée réalisée en collaboration avec neuf autres pays européens. Le plan de développement de la fusée prévoyait en 1973 que les dépenses passeraient de 180 millions de francs en 1974 à 280 millions de francs en 1975. Prélever cette somme sur le budget du C.N.E.S., en stagnation, ce serait réduire le peu qui reste des programmes spatiaux nationaux. On ne peut guère non plus l'imputer sur le budget de la recherche. D'où la tentation



## le tir avorté du 15 décembre 1979, les reports de lancement

La presse se montre en général assez compréhensive en attente de la reprise du lancement, exception faite du Quotidien de Paris, qui se montre « très remonté », c'est un euphémisme, dans un article au titre provocateur : « la fusée sol-sol ». Les équipes du CNES sont qualifiées de « Gugusses au nez rouge »



Extrait de l'article du Quotidien de Paris [marque bleue] :

.... Il est vrai qu'à l'inverse on applaudit les grands clowns lorsqu'ils ratent leurs tours – exprès. Les techniciens de Kourou et du CNES seraient-ils donc des gugusses au nez rouge ? Il fallait nous le dire – avant. ....

Cet article qui a fait mal après un précédent du même genre, était signé de Dominique Jamet, éditorialiste connu, qui deviendra notamment Président de la BNF. Il y eu une réponse du CNES à l'auteur après le succès d'ARIANE L01, sous forme d'un télex : « les gugusses au nez rouge du CNES vous saluent ! »

L01 a été le premier lancement transmis en direct depuis le CSG, émission initialement interne,





mais in fine mise à la disposition des chaînes de télévision. Lors du tir avorté, les images spectaculaires de l'arrêt de la combustion ont eu un effet visuel très négatif sur l'opinion publique. Cette procédure presque inconnue, qui a permis de sauver la mission a été ressentie dans un premier temps comme un échec et une incapacité. D'où l'importance du rôle de journalistes compétents pour l'expliquer.

## Le succès après le troisième report

Les journalistes invités au lancement L01 au CSG étaient repartis après le tir avorté. Seuls deux journalistes métropolitains restèrent sur place et assistèrent au lancement. C'était Pierre LANGEREUX d'Air et Cosmos et Daniel WOLFROMM du service scientifique de l'Agence France Presse. (cf. contribution jointe). Les autres journalistes se trouvaient au centre spatial d'Evry.

Lorsqu'on consulte les volumes des 40 ans de Paris-Match (1949->1992), on ne trouve aucune trace du lancement DIAMANT A/Astérix, (du 26 novembre 1965) qui allait faire de la France la 3<sup>ème</sup> nation spatiale du monde.

Par-contre, à la date du 24 décembre 1979, on trouve dans le calendrier des événements mensuels ce modeste mais significatif commentaire : « le lancement d'ARIANE est enfin réussi ». Décembre 1979, c'était aussi le deuxième choc pétrolier, le dollar qui tombe à 4 Fr et l'intervention soviétique en Afghanistan.

## les perspectives commerciales d'ARIANE, si ...

# Des marchés prometteurs

Après avoir été une aventure scientifique, « Ariane » devient maintenant une affaire commerciale. Certes, le rôle des savants n'est pas terminé ; il ne le sera même jamais car tout comme un avion de ligne ou un réacteur d'aviation, une fusée est quelque chose de vivant que l'on améliore sans cesse et surtout qu'il donne naissance à une famille. Ne prévoyait-on pas déjà des « Ariane » 2, 3, 4, 5 ?

C'est avec la fin d'ici à dix-huit mois environ, des quatre premiers lancements, tous expérimentaux, que s'achèvera la phase de développement commencée en 1973. Les onze pays membres de l'Agence spatiale européenne (A.E.S.) auront consacré plus de quatre milliards de francs que l'on commencera à récupérer, avec les lancements commerciaux dont le premier devrait intervenir en 1981.

Pour assurer la production et la vente de la fusée, les Européens ont donc créé une société anonyme de droit français, ArianeSpace, qui regroupe les trente-cinq industriels engagés dans ce

projet : elle est destinée à Intelsat, organisme international de télécommunications pour satellites. Intelsat, ainsi que la Ligue arabe ont également pris deux options chacun, alors que sur les huit commandes possibles recensées, trois sont destinées à l'exportation, une pour Intelsat encore et deux pour l'Indonésie.

En fait, le marché dans le monde reste mal défini pour le moment, ce qui explique l'imprécision des perspectives de vente. La fusée « Ariane », rappelle-t-on, est destinée à lancer un satellite d'une tonne, ou deux de cinq cents kilos simultanément. Les uns seront des engins purement scientifiques (radio-astronomie, études de la magnétosphère), les autres seront des satellites d'applications : télécommunications, observation de la Terre et, surtout, transmission de programmes de télévision encore appelée diffusion directe.

**Un seul concurrent : la navette.**

quatre ou cinq ans de retard. « Ariane » ne se trouve en concurrence qu'avec la navette de la N.A.S.A. Or, ce programme n'est pas encore au point et il s'en faut de plusieurs années avant qu'il permette de placer des satellites sur orbite.

**Recruter Atlas et Thor Delta**

Pour combler ce vide, les États-Unis ont donc décidé de redonner vie à deux lanceurs conventionnels, les fusées « Thor Delta » pour satellite de cinq cents kilos, et « Atlas Centaur » pour satellite d'une tonne. Si l'on ne regarde que le coût de lancement, à l'exclusion de toutes considérations techniques ou politiques, on constate que la fusée européenne est aujourd'hui beaucoup moins chère : 150 millions de francs environ contre 220 pour « Atlas Centaur » et 125 pour « Thor Delta », qui ne peut lancer qu'un seul satellite de cinq cents kilos alors que « Ariane » pourra en emporter deux à la fois au prix unitaire de 95 millions de

francs, aux Mureaux, emploie aujourd'hui six cents personnes et réalise 13 % du chiffre d'affaires de la division. Demain, grâce à « Ariane », on compte employer tout au plus un millier de personnes dans ce secteur qui réalisait alors un quart du chiffre d'affaires.

Pareille augmentation de personnel peut paraître dérisoire

pour un tel programme. Mais il faut noter que la sous-traitance, répartie au sein de onze pays membres de l'Agence spatiale européenne, se développera parallèlement, ce qui satisfera l'industrie française peu enclin, dans une période d'incertitude économique, à embaucher massivement.

**Roy Gibson (E.S.A.) : une justification**

Le succès du premier vol de développement du lanceur « Ariane » le 24 décembre est bien mérité par tous ceux qui ont travaillé fidèlement pour le programme pendant les six dernières années — les agents du Centre national d'études spatiales (C.N.E.S.) de l'Agence spatiale euro-

[ Le Figaro du 25 décembre 1979 ]

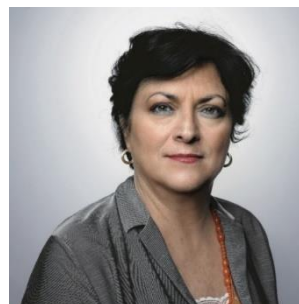


## Thème 5 : ARIANE et l'opinion publique

Dominique LEGLU

Directrice des rédactions de  
Sciences et Avenir et La Recherche.

Le 9 octobre 2020



### LES 40 ANS D'ARIANE

#### Une fusée très intégrée, trop banalisée ?

C'est un biais cognitif et journalistique. On se souvient plus des échecs que des réussites. En l'occurrence, c'est un échec malencontreusement rapporté comme une réussite par un collègue trop confiant en 1982, dans les pages de ce qui allait être mon journal pendant 17 ans, Libération, qui m'a fait prendre pleinement conscience de l'importance de chaque lancement de fusée ! On ne peut jamais dire à 100% que cela va marcher. Et même si le pire n'est pas toujours sûr, au pied du pas de tir et dans la salle de contrôle, l'angoisse est quasiment toujours la même. Redoublée, bien entendu, si des humains sont à bord. Donc, sous peine de publier des « fake news » éhontées, ne jamais écrire avant un lancement que celui-ci s'est bien déroulé !

Ce 10 septembre 1982, ce fut donc un échec d'ARIANE 1, son premier vol commercial. Ce qui me permit ultérieurement de m'intéresser aux turbopompes, (c'était celle du 3ème étage qui avait précipité la fusée dans l'Atlantique, si j'en crois les analyses qui furent faites ultérieurement). Le journal Libération avait eu précédemment la dent dure, deux ans et demi plus tôt quand il avait titré « La France lance un nouveau sous-marin » (lors de l'échec du 2ème tir d'ARIANE 1 en mai 1980).

A l'époque, autant tout de suite l'avouer, quand on n'était pas un journaliste dit « spatial », mais plutôt scientifique, on regardait en fait beaucoup ailleurs. D'abord, le premier lancement de la fusée ARIANE 1, après un « stop and go », ayant été une réussite le... 24 décembre (1979), on peut se dire que beaucoup de Français, sauf les vrais spécialistes du domaine, pensaient largement à autre chose. Et peut-on même être sûr, en pleines vacances de Noël, qu'ils se penchèrent sur leurs quotidiens favoris, qui n'avaient pas manqué, eux, de raconter le lancement ?

A l'époque, les journalistes « spécialisés » regardaient depuis des années ce qui se passait aux Etats-Unis ou en URSS. Pour au moins deux raisons : la découverte astronomique d'une part, les vols habités d'autre part.

Pour ma part, en 1981, j'ai eu la chance de passer beaucoup de temps en Californie et tout particulièrement au JPL (Jet Propulsion Laboratory), notamment lors du passage de la sonde Voyager 2 près de la planète Saturne. Qu'une fusée Titan-Centaur l'ait lancée à l'origine semblait une banalité dont on ne parlait même plus. On évoquait les lancements successifs d'Atlas-Centaur, de fusées Delta depuis des années et on y prêtait moins d'attention qu'aux satellites mis en orbite, et surtout aux sondes interplanétaires. Les sondes exploratrices du système solaire, qu'elles s'appellent Viking ou Voyager polarisaient les attentions.

Intéresser le grand public à une fusée somme toute banale, quoique fondamentale pour l'Europe, n'était pas évident. Surtout quand, à la clé, il n'y avait que le lancement de satellites de télécommunications, autrement dit des objets intermédiaires, permettant d'accéder à de nouveaux services. Les questions de souveraineté, qui ont présidé aux décisions de créer une capacité de transport spatial indépendante, ont interpellé les journalistes sensibles à ces questions : le plus souvent ceux traitant des questions militaires, notamment s'intéressant aux satellites espions, satellites d'observation... ou aux fans d'aéronautique puis d'astronautique. En ce début des années 1980, l'Initiative de défense stratégique, la définition de nouveaux missiles, de lasers etc. qui avaient même conduit à rebaptiser l'IDS en « Star Wars » dans les médias, les passionnaient d'autant plus.

A cette époque post-lunaire et pré-Mir, a fortiori Station spatiale internationale ISS, les vols habités continuaient, quoique de façon erratique, de revêtir une grande importance. Leur caractère politico-stratégique et l'aura qu'ils conféraient à leurs acteurs – Jean-Loup Chrétien, premier vol en juin 1982 - jouaient aussi en défaveur d'un intérêt pour la réussite d'une « simple fusée ». Là encore, on parlait plus des stations Saliout, puis, plus tard de Mir, que des lancements proprement dits par les fusées Proton...

Aux USA, à partir de 1981, commença de surcroît la saga des navettes spatiales. Avec le « soft power américain » et de la Nasa, en particulier (n'oublions pas que l'agence spatiale américaine envoyait des « press kits » papier à travers toute la planète à tous les journalistes qui en avaient fait la demande !), cette épopée a été relayée avec un plaisir non dissimulé par toute la gent journalistique ! Intérêt croissant puis peu à peu banalisé jusqu'à l'explosion de Challenger en 1986. C'est peut-être cette terrible catastrophe, doublée du fait que ce programme coûtait les yeux de la tête aux Américains, qui a peu à peu boosté, si on ose écrire, l'importance d'ARIANE aux yeux des Français et des Européens. Le grand public pouvait enfin comprendre la lucidité qu'un Hubert Curien, en particulier, avait eue, plus d'une décennie auparavant.

Une chose est sûre, cependant : le fait que les Européens n'aient finalement pas voulu se doter d'une capacité propre à envoyer des humains dans l'espace a toujours cantonné l'espace à des rubriques spécialisées, bien moins « grand public » que les succès donnés par la découverte de nouveaux mondes ou des exploits spatiaux. Exemples types : la gloire formidable d'un satellite comme Hubble, ou la passion que déchaîne aujourd'hui chez les plus jeunes un spationaute comme Thomas Pesquet, à bord de l'ISS.

Je finirais en disant que mon grand souvenir personnel d'ARIANE restera le lancement de la première ARIANE 4, en 1988. A Kourou, Jean-Yves Le Gall, un quart de siècle avant de devenir président du CNES, était très content, très soulagé que les satellites météo et de télécommunications aient pu rejoindre leurs orbites ! La même année, je voyais décoller en septembre la navette spatiale Discovery, pour la mission « Return to flight » (retour en vol), premier redécollage de navette après la catastrophe de Challenger deux ans et demi plus tôt. L'échec à venir pour le premier vol d'ARIANE 5 allait, en quelque sorte, ouvrir une nouvelle ère, celle où l'on commencerait à se préoccuper encore plus des logiciels et algorithmes aidant au pilotage des lancements.



## EPILOGUE

Il est certain que, demain, ARIANE 6, quarante ans après la naissance d'ARIANE 1, n'a toujours pas droit à l'échec – face aux concurrences tous azimuts des engins réutilisables, ou de fusées au coût bien plus bas car très subventionnées - au risque de désespérer les Européens, désormais habitués aux succès de cette fusée. Une fusée totalement intégrée. Mais qu'il ne faudrait pas banaliser ! Demain, les nouvelles conquêtes de la Lune seront peut-être de nouvelles très belles réussites, rendues possibles soit par les Etats-Unis, soit par les Chinois, soit les deux. Et sans parler de la planète Mars. Les Européens, eux, sont condamnés à continuer à faire la preuve de leur solidité et de leur continuité en matière de lancements « utiles ». Les questions de souveraineté, on le sait, sont plus que jamais de saison.



## Thème 5 : ARIANE et l'opinion publique

Daniel WOLFROMM

Reporter au service scientifique de l'AFP



### Témoignage du lancement ARIANE L01

J'ai eu le privilège de « couvrir » le premier lancement d'Ariane le 24 décembre 1979. J'étais à l'époque jeune reporter au service scientifique de l'AFP, sous la direction de mon chef et ami, Serge Berg, un homme d'une rare qualité professionnelle.

J'ai atterri à Cayenne, le 15 décembre 1979 en compagnie d'une poignée de journalistes d'agences (Reuter, Associated Press, EFE agence de presse espagnole, Deutsche Presse-Agentur ...) et d'une vingtaine de journalistes. Nous sommes arrivés à Kourou après avoir séjourné dans la ville une journée. Un mouvement social avait lieu cette semaine-là, profitant de la présence de la presse internationale pour faire connaître les revendications des syndicats guyanais. J'ai donc rendu compte normalement (par téléphone) de cette actualité imprévue. Puis nous sommes partis pour Kourou en empruntant la route en car. J'ai été surpris par le contraste entre les villages traversés, et les villas des expatriés du CNES et de l'ESA.

La veille du lancement, nous avons eu droit à la visite guidée du centre « Jupiter » et du pas de tir du centre, sous la direction d'Hubert Bortzmeyer, ingénieur de l'Armement, un type patient, attentionné, sans aucune langue de bois. Tout se présentait pour le mieux.

Le jour J, nous sommes rassemblés dans la « salle de presse ». Pour ma part, je suis dans une sorte de cabine téléphonique reliée à mon chef Serge Berg en place au centre spatial d'Evry, pour lui donner le « running » des événements, le décompte et bien entendu les « flashes », départ et succès de la mission, sans compter les « bulletins » y attendant. Tout le monde compte sur moi, pour les infos, car mes confrères sont dehors sur un balcon à observer le ciel. Suspense le décompte s'égrené et là, Patatras !!! Le tir est annulé et reporté. Frédéric d'Allest nous fait un briefing sur la procédure de « tir avorté », ce qui a été le cas, qui permet de sauver la mission de lancement du satellite, en cas d'anomalie lors de la mise à feu des moteurs du premier étage.

C'est la période des Fêtes, les collègues me tapent sur l'épaule, me disent bon courage et repartent chez eux pour leur Noël en famille.



Je me retrouve à l'Hôtel des Roches, seul en compagnie de Pierre Langereux<sup>10</sup>, un confrère d'Air et Cosmos, un mec hyper-spécialiste un peu rude mais, à la longue, amical.



Je dois être vigilant en cas de gros pépin technique qui remettrait toute la mission en cause. Heureusement je suis tenu au courant des contrôles et des interventions sur la fusée ou sur les systèmes automatiques de lancement par le DDO .... N'oublions pas que l'informatique est celle des années 1970 et que n'existe ni portable, ni internet, ni PC ...

Le report dure quelques jours, je travaille peu, passe ma vie à discuter la nuit (décalage horaire oblige) avec mes amies sténos de l'AFP. J'entrecoupe mes rendez-vous avec les techniciens du CNES pour me retrouver autour de la piscine avec les épouses des gens du CNES et des légionnaires du coin. J'en profite pour faire le tour de l'Île du Diable pour voir le banc du malheureux Dreyfus et les vestiges du bain. Bref la « difficile vie » du grand reporter en attente de l'événement pour lequel on l'a envoyé.

La suite est connue. Ariane ne nous fait plus faux bond, je balance toute l'info en temps réel à Paris et me retrouve le soir au restaurant autour des techniciens du CNES, du patron de l'ESA (Agence Spatiale Européenne), le très british Mr Roy Gibson, et de Frédéric d'Allest, patron des opérations qui entonne Mimi pot d'chien dans une ambiance festive, au milieu de ses troupes.

---

<sup>10</sup> Titulaire de la rubrique Espace d'Air et Cosmos. On doit à Pierre Langereux un important suivi du programme ARIANE

## Un futur prometteur sur les traces de L01



**Christophe BONNAL**

Expert senior  
Direction des Lanceurs

S'il est une leçon que nous avons apprise de nos glorieux aînés, c'est bien d'avoir toujours au moins deux coups d'avance !

Notre force a toujours résidé dans notre capacité d'innovation et de préparation du futur. Historiquement, souvenons-nous de cette révolution commerciale d'Ariane 1, associée à la création d'Arianespace, pour prendre la tête du marché mondial sans jamais la lâcher ! Ce qu'Elon Musk est en train de réaliser aujourd'hui, nous l'avons fait il y a 40 ans !

On a toujours suivi l'exploitation des systèmes en cours, comme les trois lanceurs européens actuels, contribué aux développements en cours, préparé activement l'étape d'après, tout en ayant l'œil sur les idées encore postérieures, sans limites.

L'histoire d'Ariane 5 en est un bon exemple. Les premières études d'un lanceur de forte capacité datent de 1977 et le premier avant-projet intitulé Ariane 5 remonte à 1978, bien avant même le L01, avant le démarrage du programme Ariane 3, et avant les premières études détaillées du concept Ariane 4.

Il en est de même aujourd'hui.

Nous apportons encore des améliorations à Ariane 5, par exemple avec l'introduction récente de l'optimisation de la passivation de l'ESC-A pour diminuer la durée de vie résiduelle en orbite, ainsi qu'à Vega avec la démonstration récente du dispenser de satellites SSMS du vol VV16 et ses 65 satellites. Nous venons également de démontrer en vol la première version du système Kassav amené à révolutionner la chaîne de sauvegarde afin de la rendre autonome.

En parallèle, nous mettons la touche finale à la qualification d'Ariane 6, nouveau cheval de bataille de l'Europe spatiale, porteur de tant d'innovations de concepts, d'intégrations, d'opérations ; Patrick Bonguet et Mathieu Chaize en rappellent les éléments majeurs dans le premier volet de ce chapitre.

Ariane 6 donne lieu au développement d'un Ensemble de Lancement dédié, ELA4, particulièrement bien optimisé pour le nouveau lanceur. Il prend en compte les leçons des 8 ensembles de lancement développés par le CNES auparavant ; le 10<sup>ème</sup> vient de démarrer sur l'ancien site Diamant, pour accueillir Callisto et les microlanceurs ! Marie Jasinski nous en détaille les caractéristiques dans le second volet du chapitre.

L'avenir se décline suivant de multiples axes qu'il est malheureusement impossible de détailler ici par manque de place : les évolutions d'Ariane 6 et de Vega, les nouveaux étages, services et nouvelles destinations...

Parmi ces possibilités, l'objectif d'un lanceur réutilisable, partiellement voire totalement, opérable dans la prochaine décennie. Il est un formidable moteur d'innovation à tous les niveaux. Les travaux sont bien engagés sur un nouveau moteur de la classe d'un Vulcain, mais 10 fois moins cher, doté de nouveaux ergols, et fortement réutilisable. Les premiers éléments de ce moteur Prometheus sont en cours d'essai. Il nous faut apprendre à ramener un étage à son point de départ, ce qui s'avère fort complexe ; une logique d'essais progressive a été mise en place, avec des jalons intitulés Frog, Callisto, Thémis... Le principal démonstrateur, Callisto, fait l'objet d'un effort tripartite tout particulier entre CNES, DLR et JAXA. Il est présenté ici par Carole Deremeaux dans le troisième volet du chapitre.

Pour préparer au mieux ce futur, une structure innovante, nouvelle, inspirée des fameux Skunkworks américains, a été initiée par le CNES et ArianeGroup, sous le nom d'ArianeWorks. Cette petite équipe, réactive, très dynamique, compte déjà à son actif plusieurs concepts nouveaux et démonstrations associées. Jérôme Vila vous la présente dans le quatrième volet.

Nous vous souhaitons une bonne lecture, restons naturellement à votre disposition pour répondre à toutes questions ou fournir plus de détails, et vous donnons rendez-vous pour le 50<sup>ème</sup> anniversaire de L01. Nous vous parlerons alors de tous les autres sujets du futur qui occupent nos quotidiens, propulsion aérobie, propulsion laser, nouveaux ergols à très haute densité d'énergie, ...

## Un futur prometteur sur les traces de L01

### ARIANE 6



*Chef des programmes lanceurs ARIANE 5 & ARIANE 6 →*  
*ARIANEGroup - Patrick BONGUET*

*Responsable des nouveaux services de lancement d'ARIANE 6*  
*ARIANEGroup - Mathieu CHAIZE ←*



En décembre 2014, le conseil ministériel de l'ESA décide du développement d'un nouveau lanceur lourd pour l'Europe : Ariane 6. Au-delà du besoin de gagner en compétitivité par une réduction drastique du prix du lancement, ce nouveau lanceur doit permettre de répondre aussi bien aux besoins des clients commerciaux que des clients institutionnels. Les défis de performance pour ce système de lancement sont multiples (fiabilité, souplesse, efficacité économique, modularité) et il doit surtout être développé en un temps record, l'objectif étant de réaliser un tir inaugural dès 2020<sup>11</sup>. Il a fallu mettre en place une vision innovante pour relever tous ces défis, une manière d'être et de faire sur Ariane 6 : la « Ariane 6 Way ». Le lanceur, la Ariane 6 Way mais surtout l'état du développement d'Ariane 6 sont ici exposés.

#### Pourquoi Ariane 6 ?

En 2014, Ariane 5 est un lanceur fiable et à succès sur le plan commercial mais aussi capable d'assurer des missions emblématiques pour l'Europe (5 lancements de l'Automated Transfer Vehicle, le déploiement de la constellation Galileo, Rosetta, etc.). Pourtant, la pression exercée par de nouveaux entrants comme SpaceX impose de réussir à diminuer le prix de lancement. De plus, le marché ne réclame plus l'orbite de transfert géostationnaire standard mais une capacité à déployer des constellations, à proposer d'autres orbites d'injection pour des plateformes électriques de plus en plus nombreuses mais aussi d'être capable d'emporter de petits satellites entre 1kg et quelques centaines de kilogrammes en plus de passagers principaux. C'est dans ce contexte que la décision de développer Ariane 6 est prise par le conseil ministériel de l'ESA avec la contribution de 13 pays européens.

#### Une révolution organisationnelle

L'enjeu majeur est d'arriver sur le marché avec une solution compétitive le plus rapidement possible et l'ambition est alors d'avoir un premier lancement dès 2020. Afin de gagner en agilité, une nouvelle organisation industrielle se met en place avec la création d'AIRBUS SAFRAN LAUNCHERS dès 2015 ; il s'agit d'une Joint Venture entre Airbus et Safran permettant de réunir toutes les compétences spatiales des deux entreprises dans une seule compagnie. En Juillet 2017, la société est rebaptisée ArianeGroup et rachète les parts du CNES dans Arianespace pour en faire une de ses filiales. Une nouvelle gouvernance est aussi décidée entre l'ESA et ArianeGroup qui devient autorité de design du système lanceur mais aussi futur responsable en exploitation du service de lancement d'Ariane 6.

<sup>11</sup> L'ESA a annoncé le 28 octobre 2020 que le tir inaugural aurait finalement lieu plutôt au deuxième trimestre 2022 à cause de l'impact du COVID-19 mais aussi de divers retards liés à la complexité du lanceur et du segment sol.

### Une vision ambitieuse pour le développement d'Ariane 6 : l'« Ariane 6 Way »

Les exigences de haut niveau co-écrites par l'ESA, le CNES & ArianeGroup avec le support d'Arianespace sont ambitieuses à tous les niveaux : réussir un premier lancement dès 2020, réduire le coût du lanceur d'au moins 40%, conserver la fiabilité d'Ariane 5 tout en augmentant sa disponibilité, être capable d'assurer de 11 à 12 lancements par an dès 2023, accroître le domaine de mission réalisable ainsi que la performance (masse en orbite, confort charge utile, volume sous coiffe, etc.).

Une vision forte a été mise en place chez ArianeGroup pour permettre d'atteindre tous ces objectifs. Les fondamentaux de cette vision – l'« Ariane 6 Way » ont été représentés à la manière de la Toyota House (cf. Figure 1) :

- **Design for Exploitation** : le design du lanceur doit être pensé pour être facile à produire et opérer. Les moyens industriels et opérationnels sont donc dessinés avec le lanceur en considérant le cycle de vie complet du produit. L'objectif est de créer une chaîne industrielle permettant de produire parfaitement du premier coup (right 1st time).
- **Standardisation** : la réduction des coûts de production passe par une standardisation des éléments de lanceur (panneaux des réservoirs, catalogue réduit de boulons et d'écrous) mais aussi des procédures et des moyens (ex : moyens identiques entre les différents sites d'intégration Ariane 6 pour une même opération).
- **Politique Industrielle** : le développement d'Ariane 6 devant respecter le principe du retour géographique, la structuration des activités à travers l'Europe a été pensée pour permettre de structurer la production comme pour une seule usine européenne (cf. Figure 2). Ainsi, des pôles d'excellence ont été développés dans chaque pays : les produits composites en Espagne, les structures métalliques en Allemagne, les jupes des réservoirs aux Pays-Bas, les vérins en Belgique, etc. Dans chaque usine, le taux d'utilisation des machines est maximisé et une approche lean est mise en place afin de permettre une augmentation permanente de la productivité globale.
- **L'entreprise étendue** : afin de bénéficier des meilleures idées et converger plus rapidement sur les exigences et le design du système lanceur, l'approche a été inversée avec les partenaires industriels. L'idée est de donner plus de responsabilités aux partenaires sur les choix de design permettant d'atteindre les objectifs globaux.
- **« Go, See, Understand & Help »** : il s'agit de l'état d'esprit dans lequel cette vision doit être déployée avec un management, au service de ceux qui développent, afin d'être dans les meilleures conditions pour progresser. Cela implique d'être sur le terrain pour identifier les points bloquants et les points irritants et aider à les surmonter.





allumage du moteur par le sol...) vont permettre d'en produire jusqu'à 12 par an avec un coût récurrent réduit. Au niveau de l'étage supérieur, le moteur Vinci hérité du développement Ariane 5-ME va permettre jusqu'à 3 rallumages en orbite, offrant la possibilité de réaliser des missions complexes (ex : GTO/Lunar Transfer Orbit, GEO direct, orbite héliosynchrone avec une performance proche de 7 tonnes en A62) mais surtout de désorbiter l'étage supérieur ou de le mettre sur une orbite cimetière en fin de mission, contribuant ainsi à limiter le nombre de débris en orbite menaçant les satellites opérationnels. Comme pour le Vulcain, la ligne de production du Vinci a été optimisée pour réduire le coût d'intégration de ce moteur.

Les réservoirs aluminium des étages cryogéniques d'Ariane 6 seront réalisés à partir de pièces métalliques standardisées (longueur des panneaux mais aussi rayon de courbure pour les dômes). La méthode de soudage se fera par friction-malaxage qui ne nécessite ni apport de matière, ni maîtrise de l'environnement de soudage avec du gaz neutre. L'étage principal est assemblé aux Mureaux à l'horizontale dans une usine organisée autour d'un flux de production où les réservoirs et étages vont d'unité de production en unité de production. Le même principe est suivi pour l'étage supérieur qui est intégré à Brême.

Enfin, Ariane 6 offrira un volume unique aux charges utiles sous coiffe avec une coiffe de 20m de haut permettant d'accueillir en lancement double deux grosses charges utiles de même volume. Cette coiffe est produite en Suisse par RUAG qui a mis au point un procédé permettant de produire chaque demi-coiffe d'un seul tenant sans avoir besoin d'un autoclave mais simplement d'un four pour la partie composite. Le Dual Launch System – équivalent du SYLDA Ariane 5 – a été allongé et surtout élargi pour permettre de sortir du paradigme consistant à appairer une grosse charge utile à une plus petite. Il sera produit avec des machines de placement de fibres automatiques aux Mureaux.

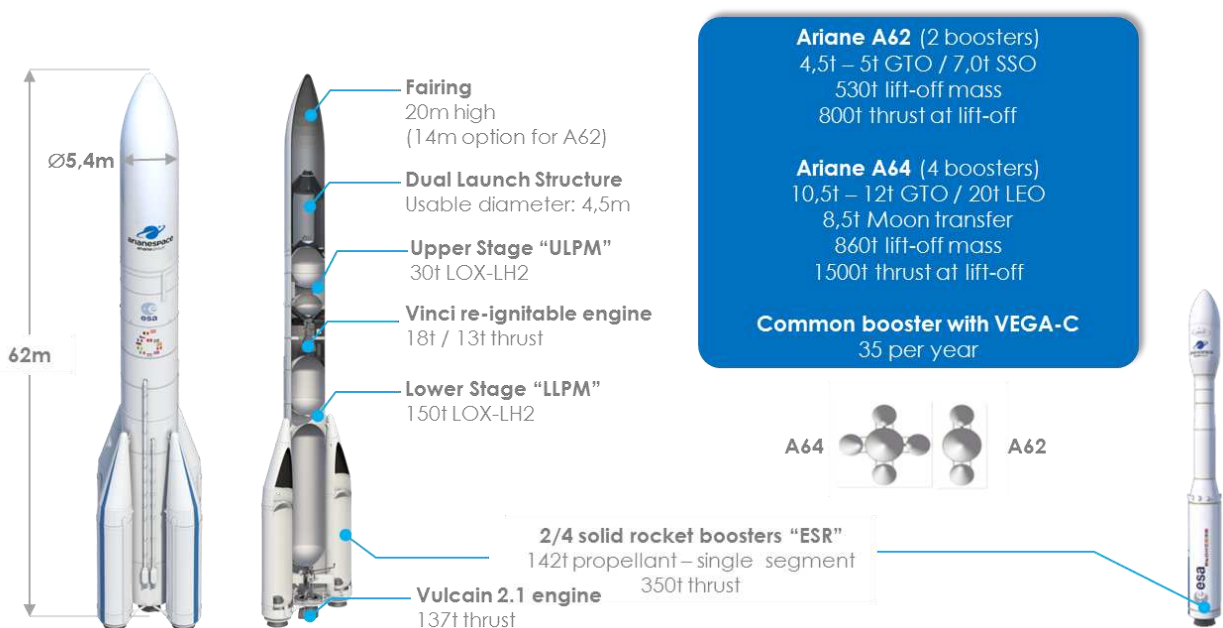


Figure 3 - Architecture d'Ariane 6 et performances de ses deux configurations : A62 & A64

### Statut du développement d'Ariane 6

Le système lanceur Ariane 6 a suivi une approche inspirée du développement des avions AIRBUS et basée sur les Maturity Gates. Ces Maturity Gates (MG) adressent à la fois la convergence du système (spécification → design → qualification) mais aussi la mise en place des moyens de production et d'opérations. En Octobre 2019 le Design Key Point a permis de clore la MG7 indiquant que le design du lanceur détaillé est déposé et permettant de passer formellement dans la phase de qualification.

Au niveau des moteurs, le Vinci a été formellement qualifié en Octobre 2018 et le Vulcain a terminé avec succès tous ses essais en Juillet 2019. Le P120C a réussi deux essais à feu en configuration VEGA-C (Juillet 2018 et Janvier 2019) et un essai supplémentaire s'est ajouté, en configuration Ariane 6, en octobre 2020, considéré comme un test « étage ». Les essais continuent sur un petit moteur électrique – l' Auxiliary Power Unit – introduit tardivement dans le design d'Ariane 6 pour permettre d'augmenter le domaine de vol du lanceur. En effet, ce moteur fixé sur l'étage supérieur permettra de réaliser une pressurisation autogène des réservoirs, limitant le besoin de sphères d'hélium. Ce moteur pouvant produire une poussée réglable permettra d'assurer d'autres fonctions en orbite comme le tassement des ergols pour permettre un rallumage du Vinci et limiter l'évaporation, le déploiement de constellations de satellites mais aussi la désorbitation de l'étage dans certains cas. Sa qualification sera prononcée mi-2021.

Avant de pouvoir réaliser le premier vol d'Ariane 6, une campagne d'essais importante est prévue. Tout d'abord, un modèle représentatif du lanceur est en cours de préparation permettant de répéter les opérations d'assemblage du lanceur mais aussi les séquences de chronologie. Ces essais se concluront par une mise à feu du moteur Vulcain 2.1 sur le pas de tir d'Ariane 6 pendant une durée représentative d'un vol complet de l'étage. Au niveau de l'étage supérieur, un essai d'allumage du moteur Vinci assemblé avec un étage complet est prévu dans les moyens du DLR à Lampoldshausen. En parallèle, le premier exemplaire de vol Ariane 6 sera produit pour un vol au deuxième trimestre 2022. Ce vol inaugural emportera des charges utiles commerciales puisqu'il participera au déploiement de 30 satellites de la constellation OneWeb. Des démonstrations en vol seront aussi réalisées pour caractériser le comportement en orbite de l'étage supérieur et préparer les vols suivants.

## Conclusion

Le programme Ariane 6 entre dans sa dernière année de développement et beaucoup de jalons majeurs ont été acquis (qualification du moteur, dépôt du design détaillé, démarrage des intégrations des étages...). Ce lanceur qui reprend les bonnes pratiques ayant fait le succès des lanceurs Ariane tout en rationalisant l'industrialisation et les opérations permettra d'apporter rapidement une solution flexible et compétitive aux besoins du marché. Huit contrats de lancement ont d'ailleurs déjà été signés par Arianespace avec des clients aussi bien commerciaux qu'institutionnels. Les équipes de développement travaillent donc au succès du premier vol mais pas seulement : l'enjeu est surtout de rentrer en phase production rapidement ; 3 vols Ariane 6 sont prévus dès 2022, suivis de 5 vols en 2023. Une telle montée en cadence serait une véritable première mondiale mais c'est la condition sine qua non pour assurer une transition rapide d'Ariane 5 vers Ariane 6 et ainsi prolonger le succès de la famille Ariane.

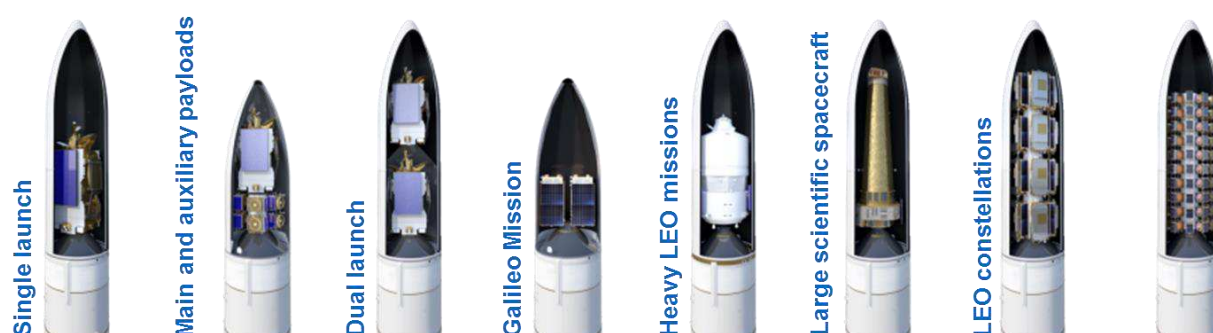


Figure 4 - Illustration des configurations possibles d'emport d'Ariane 6

## Un futur prometteur sur les traces de L01

### ELA 4 ( Ensemble de Lancement Ariane 6)

Marie JASINSKI

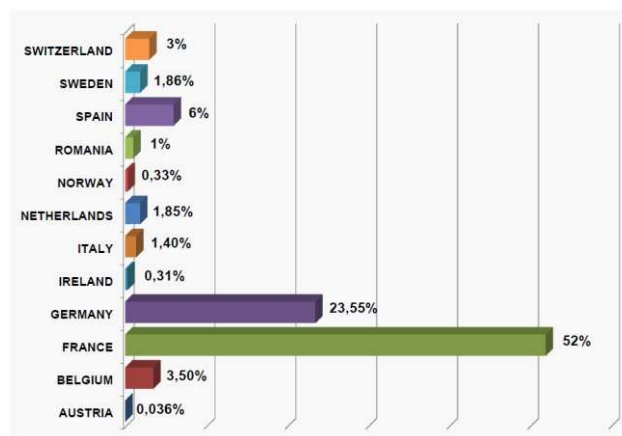
CNES/DLA - Chef de projet ELA4



*Ariane 6 décollera pour un vol inaugural en 2022. Ce lanceur, réalisé par ArianeGroup, s'inscrit dans la continuité d'Ariane 5. Il est développé dans un contexte de concurrence accrue sur des marchés de lancement de satellites particulièrement encombrés avec plusieurs nouveaux lanceurs. Pour son premier vol, Ariane 6 décollera d'ELA-4, un tout nouveau pas de tir, spécifiquement construit pour les lanceurs de la famille Ariane 6.*

Décidé lors de la réunion au niveau ministériel du conseil de l'ESA en décembre 2014, le programme Ariane 6 a pour objectif de réduire de moitié le coût de lancement au kilo par rapport à Ariane 5, conduisant ainsi à l'abandon du projet d'évolution Ariane 5 ME.

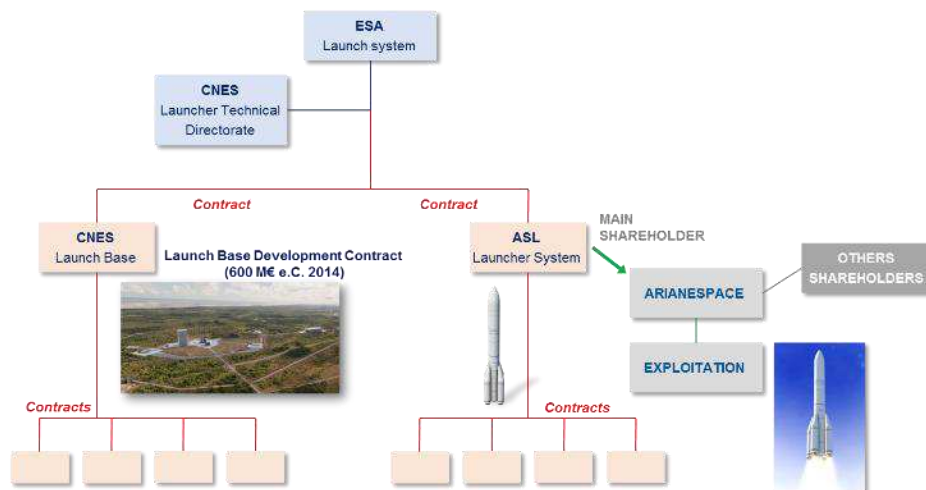
Douze pays participent à ce programme pour un montant d'un peu plus de trois milliards d'euros.



Pour le développement de ce nouveau système de lancement, l'ESA a décidé de s'appuyer sur deux maîtres d'œuvre :

- ArianeGroup, pour le lanceur et ses moyens de production
- CNES, pour les moyens sol « Launch Base » en Guyane

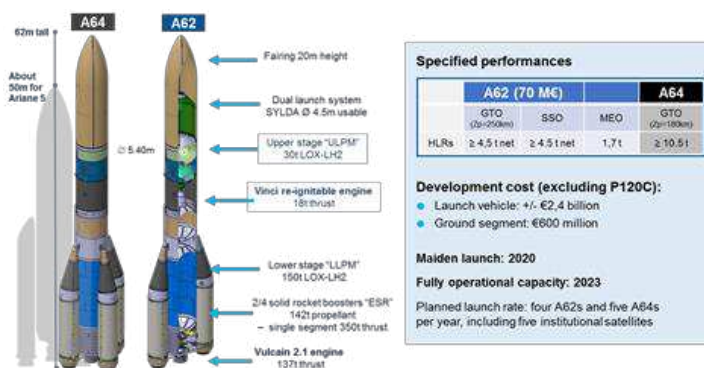
Les interfaces entre le lanceur et les moyens sol Guyane sont gérées par l'ESA, avec le support du CNES (architecte system).



Le futur exploitant de l'Ensemble de Lancement d'Ariane 6 (ELA4) sera ArianeGroup ; le CNES reste l'exploitant de la base de lancement (préparation charges utiles et suivi du lanceur en vol).

### Le lanceur Ariane 6

Ariane 6 est un lanceur polyvalent, disponible en deux versions pour remplir des profils de mission variés. Une version dite « 62 » avec deux propulseurs d'appoint à poudre, destinée essentiellement aux lancements institutionnels et une version « 64 » avec quatre propulseurs d'appoint, destinée plutôt au marché commercial et capable de lancer deux satellites en orbite géostationnaire. Selon la version, ce nouveau lanceur aura la capacité de placer sur une orbite de transfert géostationnaire des satellites d'une masse de 5 ou 10,5 tonnes.



Les Ariane 62 et 64 combinent :

- un premier étage dérivé du premier étage de l'Ariane 5 ECA existante avec un moteur Vulcain inchangé ;
- deux ou quatre propulseurs d'appoint à propergol solide, de type P120 (P142 en réalité) qui constituent également le premier étage du lanceur léger Vega-C. Comme dans le cas du premier étage Vega actuel, il s'agit d'un propulseur monobloc à enveloppe composite ;
- un étage supérieur cryogénique propulsé par le nouveau moteur Vinci équipé d'une tuyère fixe pour réduire les coûts.
- Une coiffe de diamètre 5,40 mètres, du même type que celle d'Ariane5, mais qui pourrait atteindre 22 mètres de hauteur dans le futur

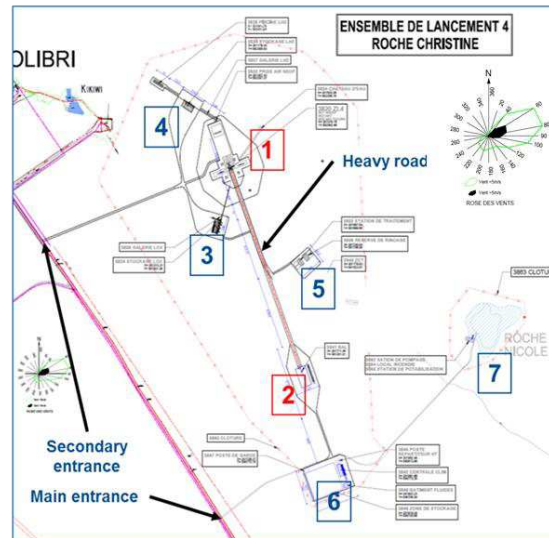
La hauteur totale du lanceur est de 62 mètres.





- Réalisation d'essais à feu sur l'ELA4,
- Une qualification technique de l'ELA4 en 2021 soit un développement sol en 6 ans.

L'ensemble de lancement est constitué de trois zones principales, permettant la réalisation d'opérations sur chacune des zones en parallèle, voire d'interventions en chronologie.

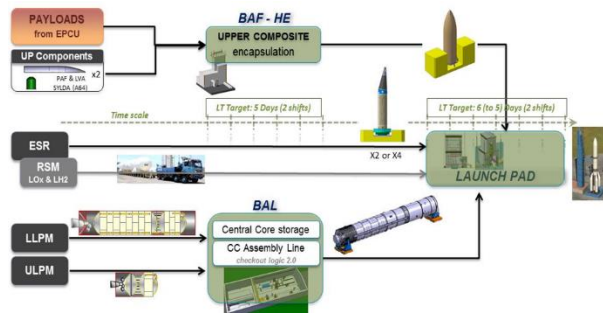


1. Zone de Lancement
2. Zone d'intégration Central Core (BAL)
3. Stockage LOX
4. Stockage LH2
5. Traitement des effluents
6. Zone de servitudes (centrales énergie et climatisation, production eau)
7. Station de pompage

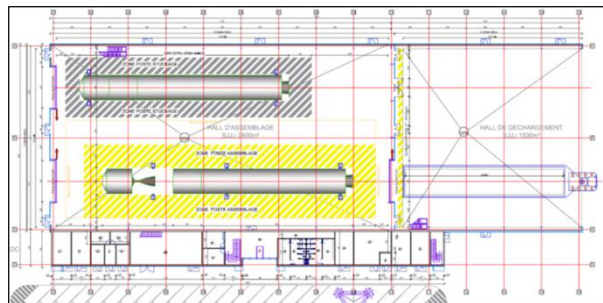
Ses principales structures sont le massif de lancement avec la table de lancement intégrée dans celui-ci, le portique mobile, le mât ombilical supportant les bras cryotechniques, et le bâtiment d'assemblage du lanceur. Il compte également un château d'eau, des zones de stockage d'oxygène et d'hydrogène liquides par exemple.



À la différence d'Ariane 5, édifiée en position verticale, Ariane 6 sera construite et assemblée en position horizontale, jusqu'à son pas de tir, comme d'ailleurs les lanceurs russes Soyouz lancés depuis le Centre spatial guyanais. Ce passage d'une intégration verticale à une intégration horizontale doit générer une réduction des coûts qui passe également par la mise en place d'une nouvelle chaîne de production en série et cadencée.





Concrètement, à l'intérieur du bâtiment d'assemblage, les étages du corps central d'Ariane 6 (dites ULPM et LLPM : Upper / Lower Propulsion Module) sont intégrés horizontalement, ce qui permet un processus d'assemblage plus rapide et plus simple.



Le corps central d'Ariane 6 est ensuite transféré à l'horizontal en zone de lancement, sur un outillage dédié. A l'arrivée, il est érigé en position verticale sur son pas de tir, à l'intérieur du portique mobile d'où seront ajoutés les boosters latéraux. Deux pour la version « 62 » et quatre pour la version « 64 ». Ensuite, le ou les satellites, déjà dans la coiffe, seront installés sur le lanceur. Quelques heures avant le décollage d'Ariane 6, le portique mobile se retirera du pas de tir.

#### INTERFACE SOL / BORD : CAISSON TABLE

	ARIANE 5 / ELA3	ARIANE 6 / ELA4
		
<i>Fermeture et durée associée</i>	Temps positif (> H0) 1,13 s (<= 1,15 s requis)	Temps positif (> H0) <= 1,59 s requis (*)
<i>Dimensions caisson</i>	L : 1 946 * p : 2 520 * h : 1 995 mm	L : 1 800* p : 6 994* h : 9 590 mm
<i>Masse caisson équipé</i>	12 500 kg / caisson	108 162 kg / caisson
<i>Epaisseurs tôles</i>	3 mm <= ép. <= 10 mm	40 mm <= ép. <= 60 mm
<i>Capot / casquette</i>	1 525 x 1 365 mm // 205 kg	1 903 x 2 075 mm // 3 220 kg
<i>Masse contrepoids</i>	0 kg (**)	10 625 kg
<i>Masse de la partie bord restant au sol</i>	< 100 kg (obturateurs et partie sol PAK)	383 kg (FCB)

L'autre grande différence avec Ariane 5, c'est le choix de déconnexion en temps positif des ombilicaux d'alimentation des étages, qui de fait nécessite des prouesses technologiques afin de développer des systèmes sol d'une fiabilité 1 000 fois supérieure à leur équivalent sur Ariane 5.



## INTERFACE SOL / BORD : BRAS CRYOTECHNIQUE

	ARIANE 5 / ELA3	ARIANE 6 / ELA4
<i>Ouverture et durée associée</i>	Temps négatif (< H0) < 2,5 s	Temps positif (> H0) < 2,6 s
<i>Fiabilité</i>	Risque dispo (G2) : $10^{-2}$	Risque grave (GOB) : $10^{-5}$ <b>Fiabilité A6 = 1 000 * Fiabilité A5</b>
<i>Longueur bras</i>	9 900 mm	12 800 mm
<i>« Zone interdite »</i>	8 503 mm / axe lanceur-> mât	10 450 mm / axe lanceur-> mât
<i>Masse bras et</i>	5 506 kg / bras	20 000 kg / bras
<i>Epaisseurs tôles</i>		5 mm <= ép. <= 90 mm
<i>Masse contrepoids</i>	2 400 kg (*2)	12 600 kg (*2)
<i>Masse de la partie bord restant au sol</i>	44,7 kg (LOX) 51,9 kg (LH2)	300 kg (AC)

### L'optimisation des coûts récurrents de l'ELA4

L'objectif d'un prix service de lancement à moitié de celui d'Ariane 5 impose une prise en compte de cette exigence dès le début de la conception du sol et du lanceur.

Pour ce faire, outre la mise en œuvre de notre retour d'expérience sur les développements précédents, il était indispensable de faire évoluer nos méthodes de travail avec :

- L'utilisation des modèles 3D partagés entre le CNES et ses industriels (BIM),
- Des groupes de travail commun (End-to-End, ou Plateau Projet Sol) entre ArianeGroup et le CNES,
- Un intéressement de l'industrie à la baisse des coûts d'exploitation.



**Maquette Numérique de la ZL4 sous REVIT**

**Visualisation de l'environnement du pas de tir. Aide à la conception avec ArianeGroup.**

Concernant les mesures prises en réduction de coûts, liées au Retour d'Expérience (REX), la zone de lancement en est une bonne illustration :

- Orientation des carreaux et position des ouvrages évitant le nuage acide du décollage, en particulier l'éloignement du portique mobile à plus de 120m du lanceur (contre 80m pour l'ELA2),
- Géométrie et dimensionnement des carreaux optimisés pour limiter son érosion à chaque lancement
- Massif enterré pour la protection des matériels (REX Soyouz)
- Traitement automatique et rapide des eaux acides récupérées après le lancement.
- 2 zones principales de préparation du lanceur au lieu de 3 pour l'ELA3 et une seule table de lancement au lieu de 2

Optimisations du sol grâce à un lanceur plus simple et une mise en œuvre simplifiée :

- Durée de la campagne de lancement 2 fois plus courte que pour A5 (<3 semaines),
- Intégration du corps central à l'horizontale et sans pont roulant ce qui simplifie beaucoup le bâtiment d'assemblage (BAL)
- Lanceur compatible d'un portique mobile non climatisé. La climatisation représente 70% des coûts énergétique en Guyane
- Les process fluides sol sont plus simples avec beaucoup moins d'équipements que pour l'ELA3
- Banc de contrôle bénéficiant des dernières technologies et filière commune avec l'Europe pour le lanceur. De plus, l'ELA4 ne comprendra que 2 bancs de contrôle au lieu de 5 pour l'ELA3.

Enfin, L'ELA4 occupe une superficie deux fois plus faible que celle de l'ELA3 et comprend moins d'ouvrages ce qui aura un effet direct sur la réduction des coûts d'exploitation.



## Un futur prometteur sur les traces de L01

### CALLISTO



**Carole DEREMAUX**

*et Groupe d'auteurs*

*CNES – Direction des Lanceurs*

### Acronymes

Aft bay :	Module baie-arrière
ALS:	Approach and Landing System
CALLISTO :	Cooperative Action Leading to Launcher Innovation in Stage Toss-back
CSG :	Centre Spatial Guyanais
FCS/A :	Flight Control System / Aerodynamics system
FCS/R :	Flight Control System / Reaction control system
FCS/V :	Flight Control System / Vectoring system
IMU :	Inertial Measurement Unit (= centrale inertielle)
VEB :	Vehicle Equipment Bay (module incluant la majorité des équipements avioniques et localisé entre la coiffe et le réservoir LOX)

### CALLISTO en quelques mots

CALLISTO (Cooperative Action Leading to Launcher Innovation in Stage Toss-back) est un projet conjoint entre JAXA, CNES et DLR pour développer un démonstrateur de technologies critiques pour la récupération et la réutilisation d'étages de lanceurs. CALLISTO est ainsi une première étape dans la stratégie future des lanceurs en Europe : ensuite THEMIS, un démonstrateur à plus grande échelle utilisant le moteur européen PROMETHEUS, puis Ariane Next le futur lanceur opérationnel post Ariane 6.

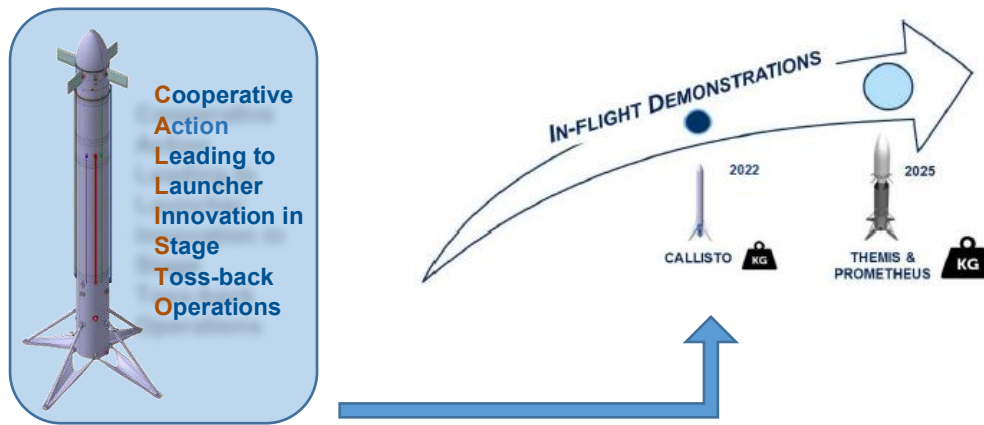


Figure 5. CALLISTO, première étape dans la stratégie future des lanceurs en Europe

Le projet CALLISTO a été proposé initialement en 2015 par le CNES, constatant l'éclosion dans le monde de projets de lanceurs incluant des étages réutilisables et du besoin de s'approprier en Europe les concepts de design et d'opérations de lanceurs avec récupération et réutilisation du premier étage. Ceci est d'autant plus vrai aujourd'hui avec des lanceurs opérationnels comme Falcon9 de SpaceX. Des études de faisabilité de CALLISTO ont démarré en 2016, poursuivies par la mise en place d'une coopération internationale avec le Japon et l'Allemagne en juin 2017. La phase B du projet s'est achevée avec une Revue de Design Préliminaire (PDR) au niveau Système en décembre 2019. Le premier vol est prévu en 2023.

L'objectif de CALLISTO est d'accéder à une expérience directe de la conception et de l'opération d'un véhicule qui soit aussi proche que possible d'un premier étage de lanceur (dans la limite des contraintes des briques existantes utilisées pour le démonstrateur), avec un concept de décollage vertical et d'atterrissage vertical. Il s'agit également de collecter des données pour pouvoir optimiser les opérations de maintenance pour la remise en vol et l'enchaînement de plusieurs vols en un temps suffisamment court pour un lanceur opérationnel.

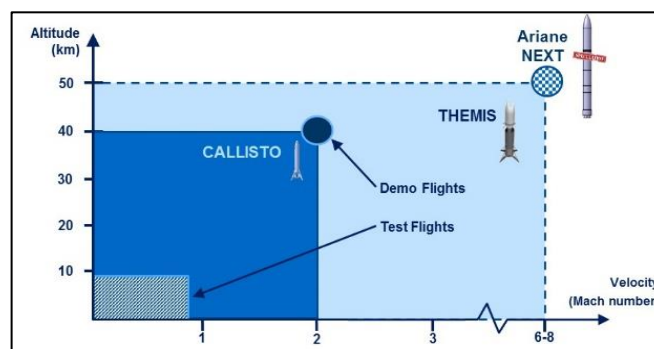


Figure 6. Comparaison des domaines de vol envisagés pour CALLISTO, le démonstrateur THEMIS et le premier étage d'un lanceur opérationnel futur

CALLISTO est un véhicule d'environ 3.5t au décollage, de 13 m de haut pour un diamètre de 1.1m ... soit environ 200 fois plus léger et quatre fois plus petit que les lanceurs conventionnels de type Ariane ! Il est motorisé par une évolution du moteur japonais RSR (dérivé du moteur utilisé par la JAXA sur le projet de démonstration en vol RV-X) qui produit une poussée variable pouvant aller jusqu'à environ 45kN avec un couple d'ergols LH2/LOX (environ 2.1t d'ergols au décollage). En plus d'organes classiques de contrôle du vol comme deux vérins orientant le moteur ou encore

un système de contrôle d'attitude par jets, le véhicule intègre quatre surfaces portantes permettant d'assurer le contrôle lors de la rentrée atmosphérique (non propulsée) et un jeu de quatre pieds pour l'atterrissage.

Les responsabilités ont été partagées entre les 3 partenaires avec :

- le CNES en charge de l'architecture système véhicule & sol, l'architecture avionique, le G&C et le programme de vol, les aspects sauvegarde et le segment sol ;
- le DLR en charge des problématiques aérodynamiques, de la navigation et de produits clés pour le contrôle de vol (système d'atterrissage et surfaces portantes pour la rentrée) ;
- enfin JAXA en charge de la gestion du projet, du système fluide & moteur, de l'intégration du véhicule ainsi que des essais à feu du véhicule intégré effectués au Japon avant envoi en Guyane.
- DLR et JAXA développeront également leur G&C et leur programme de vol.

## Les objectifs de CALLISTO

Les objectifs de CALLISTO sont centrés sur :

- La démonstration de la récupération au CSG
- La démonstration de la récupération du véhicule, avec la contrainte d'assurer en vol une manœuvre permettant de rattraper un déport horizontal et de revenir en planant sur son site de décollage, un atterrissage d'une précision de quelques mètres sous une accélération minimale, et de traverser le régime transsonique,
- L'investigation de problématiques liées à la gestion des ergols en vol, pendant des manœuvres avec une modification d'attitude de large ampleur pendant des phases sous faible accélération longitudinale,
- La démonstration de la réutilisation, avec notamment l'investigation des aspects opérationnels liés à la remise en sécurité pendant la phase post atterrissage ainsi que la 'revalidation' du véhicule pour le vol suivant,
- La collecte de données sur les principaux contributeurs aux coûts de revalidation qui seront à optimiser pour une application future à un lanceur opérationnel, cette problématique étant souvent au centre des interrogations sur la viabilité économique de la réutilisation.

## Les vols de CALLISTO

Le décollage de CALLISTO est prévu depuis le site Diamant du CSG, adapté pour CALLISTO, avec l'objectif de réaliser 10 vols en moins de 6 mois avec le même véhicule.

Les profils de mission CALLISTO ont été construits pour répondre aux objectifs décrits ci-dessus en un ou plusieurs vols. Une approche progressive est adoptée pour ouvrir le domaine de vol du véhicule. Elle prévoit un ensemble de vols d'essais qui a pour but de réduire le risque vis-à-vis des spécificités de la récupération en profitant de ces vols pour mieux maîtriser graduellement le comportement du véhicule en vol. Le schéma ci-dessous illustre cette logique progressive avec des vols de plus en plus énergétiques.

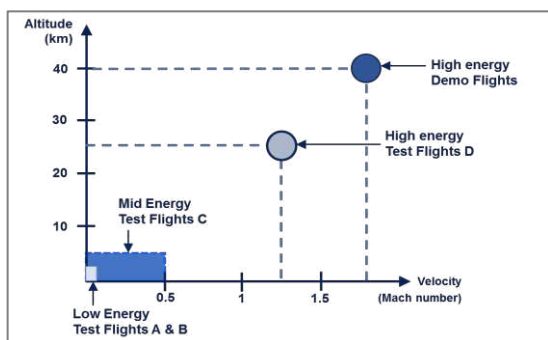


Figure 7. Ouverture progressive du domaine de vol (vols d'essais A, B, C et D - vols de démonstration)

La définition de la logique des vols d'essais est encore en cours de consolidation : des vols à faible altitude (appelés 'hop') avec décollage pieds d'atterrissage déployés (pour limiter le risque vis-à-vis du déploiement des pieds en vol), des vols ensuite plus énergétiques avec des changements de configuration véhicule en vol (comme le déploiement des gouvernes aérodynamiques).

Tous les vols seront réalisés au départ et avec retour sur le pas de tir DIAMANT.



Figure 8. Photo du site avant/après le démantèlement du portique historique et aménagement de la zone DIAMANT prévue

Après le décollage, le véhicule suit une phase de montée avec un profil assez vertical pour pouvoir atteindre des altitudes suffisantes pour que la densité atmosphérique soit assez basse pour réaliser les manœuvres avec forte prise d'incidence à plus faible énergie. La fin de phase de montée est déterminée pour garantir que le véhicule ait la capacité d'atteindre ensuite le site d'atterrissage.

Suite à l'extinction moteur, la phase balistique consécutive permet d'atteindre une altitude de culmination et dans le même temps permettre le changement d'attitude avec une orientation du véhicule cohérente d'une rentrée tuyère moteur en avant.

La phase de rentrée atmosphérique peut alors commencer, initiée par le déploiement des quatre gouvernes aérodynamiques. Les deux objectifs principaux de cette phase de rentrée sont de dissiper de l'énergie cinétique et d'assurer les conditions nécessaires pour le boost final d'atterrissage. Cette phase de rentrée nécessite un réglage fin du profil de mission pour assurer un compromis entre la capacité de contrôle demandée au véhicule et les efforts induits.

Le boost final de 10-20s a pour but de garantir l'atteinte des conditions très contraignantes de la phase d'atterrissage. Les pieds du système d'atterrissage sont déployés pendant ce boost.

La phase d'atterrissage qui termine le vol est une phase critique pour le design du véhicule et le contrôle du vol. Elle doit garantir l'intégrité, la garde au sol et la stabilité du véhicule lors du contact avec le sol.

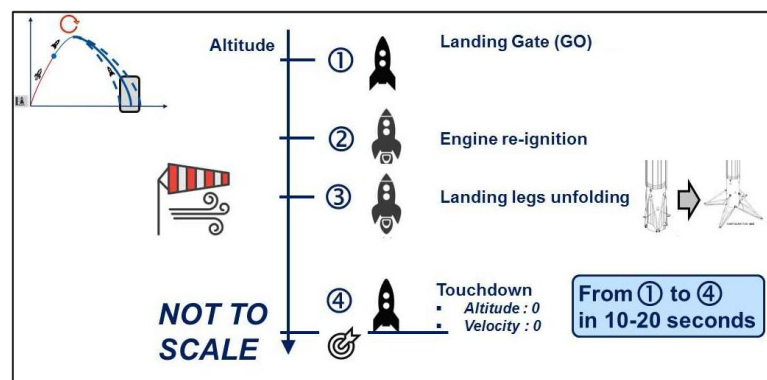


Figure 9. Description de la phase d'atterrissage

## CALLISTO : le véhicule et le concept opérationnel

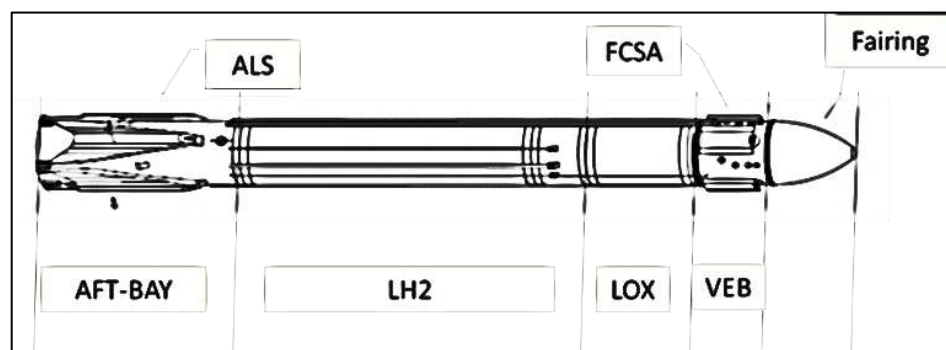
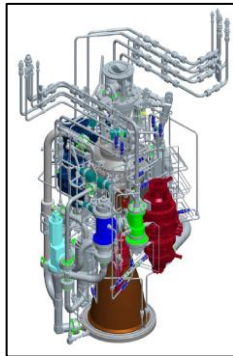


Figure 10. Concept du véhicule CALLISTO



Le véhicule CALLISTO ne comporte pas d'étages en tant que tels. Il est composé des éléments principaux suivants :

- Un moteur RSR2 développé par la JAXA (utilisant des ergols) qui est une évolution du moteur en cours de test pour le programme RV-X. LH2 et LOX, il a la capacité de fournir une poussée variable (entre 40% et 110% de poussée). Il est également capable de multiples allumages en vol. Il peut également fonctionner dans un mode dit 'idle mode' fournissant une poussée très réduite en court-circuitant les turbopompes.



*Figure 11. Moteur RSR - JAXA*

- Des organes de contrôle de vol spécifiques en comparaison des lanceurs conventionnels, pour assurer la stratégie de contrôle de vol, avec trois éléments principaux :
  - Un système de vérins (2 axes) orientant la poussée du moteur principal pendant les phases propulsées (dit 'FCS/V' de responsabilité JAXA), de façon similaire aux lanceurs conventionnels,
  - Un système de quatre surfaces portantes (ou gouvernes aérodynamiques) utilisé pour un contrôle 3 axes pendant la rentrée atmosphérique lorsque la pression dynamique est suffisante pour avoir une capacité de manœuvrabilité (dit 'FCS/A' de responsabilité DLR). Ces surfaces, attachées au niveau du module VEB (Vehicle Equipment Bay), sont déployées en vol dès que la pression dynamique le permet et peuvent être commandées indépendamment l'une de l'autre.
  - Un système de contrôle par tuyères « on/off » (dit 'FCS/R' de responsabilité CNES) qui est utilisé pour du contrôle 3 axes pendant les phases balistiques ou de faible poussée (idle mode). Ce système mono-ergol H2O2 comprend un jeu de tuyères installées également dans le module VEB en haut du véhicule.
  - On peut mentionner la capacité de modulation de poussée du moteur principal qui vient offrir un degré de liberté additionnel pour le contrôle de vol.
- Un système de navigation qui présente également des spécificités liées à la récupération pour pouvoir atteindre les précisions nécessaires à un atterrissage maîtrisé de précision métrique (ou même décimétrique en altitude). Il repose sur une centrale inertielle classique (IMU – Inertial Measurement Unit), complétée d'un récepteur GNSS (qui utilise pour certaines phases un traitement différentiel D-GNSS avec une base au sol) et d'un radar altimètre pour la phase finale d'atterrissage.
- Un système d'atterrissage (ALS – Approach and Landing System), de responsabilité DLR, qui inclut quatre pieds qui sont déployés en vol lors du boost d'atterrissage. L'instant et la durée de déploiement sont à régler pour ne pas perturber la précision en fin de boost

d'atterrissage et ne pas surcontraindre le système de déploiement lors de cette phase transitoire. L'ALS joue un rôle clé dans la phase d'atterrissage, en participant à l'amortissement des efforts d'atterrissage, et en étant un paramètre clé dans la stabilité au sol du véhicule et la garantie de la garde au sol.

- Une avionique basée sur un concept d'architecture décentralisée, avec des contrôleurs dédiés pour les organes principaux gérant les ordres séquentiels envoyés par le programme de vol (contrôleurs pour le moteur, la gestion du système fluide, les actionneurs contrôle de vol, etc.).
- Un système dédié pour la sauvegarde

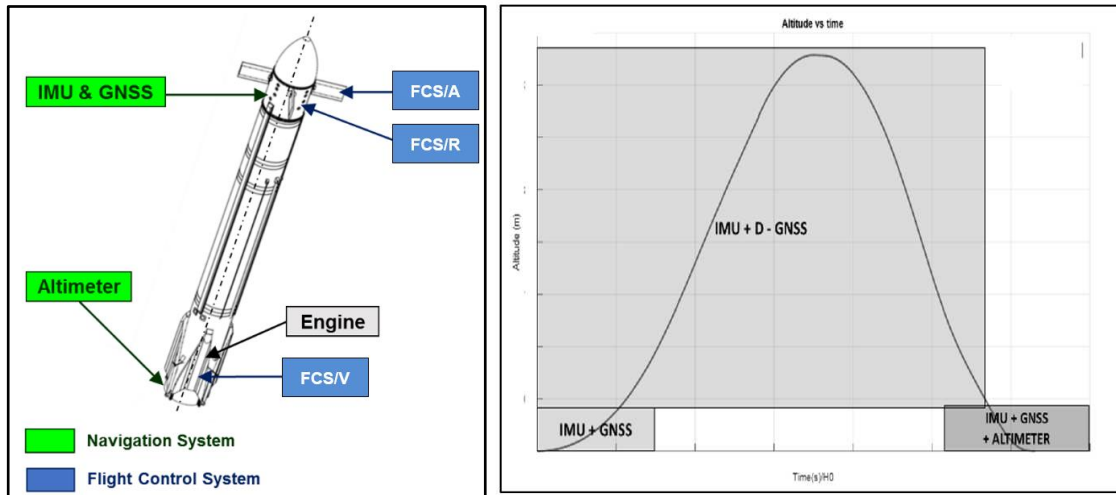


Figure 12. Stratégie contrôle de vol

La conception du véhicule CALLISTO présente un défi particulier avec un enjeu de masse très fort au vu du concept véhicule et du fait que le moteur est fourni « sur étagère » avec des performances figées dès le début du développement. Il faut y ajouter, des cas de charges nouveaux par rapport aux lanceurs conventionnels, et des contraintes spécifiques de conception venant de phases de vie sol liées à la récupération, comme la phase de remise en sécurité du véhicule post atterrissage (vidange réservoirs, sécurité pour l'accès des opérateurs au véhicule, etc.).

Le concept opérationnel pour la phase post atterrissage est illustré ci-dessous avec les phases principales suivantes :

- Une phase de remise en sécurité automatique
- Des opérations réalisées à distance avant que le site ne soit accessible en sécurité par des opérateurs
- La remise en place des connexions du véhicule (électriques, mécaniques, fluidiques)
- Le reste des opérations réalisées une fois les connexions rétablies
- Le rapatriement du véhicule par la route vers le bâtiment de préparation (Vehicle Preparation Hall) où auront lieu les opérations de remise en état opérationnel et de revalidation
- Transfert du véhicule vers le site de décollage en vue du prochain vol

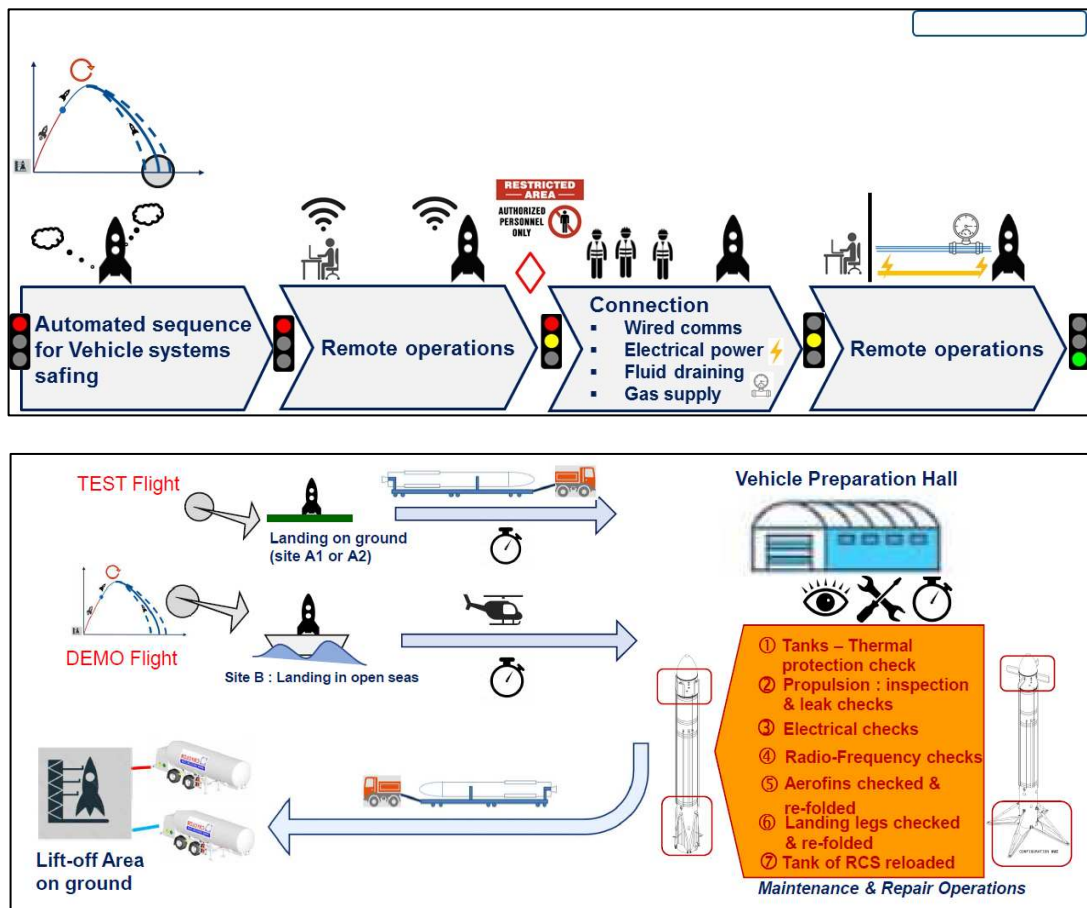


Figure 13. Principes du concept opérationnel pour la phase post atterrissage

## En route vers un 1<sup>er</sup> vol en 2023 ... !

CALLISTO est ainsi ...

... Une aventure unique pour permettre à l'Europe, en coopération avec la JAXA, de commencer à appréhender les spécificités liées à la récupération et réutilisation d'étages de lanceurs opérationnels ...

... Une première étape nécessaire vers un futur lanceur opérationnel européen avec récupération du premier étage ...

... Une occasion unique pour s'atteler aux défis techniques majeurs de la réutilisation :

- Assurer le contrôle de vol lors de la rentrée atmosphérique,
- Garantir par le contrôle de vol la précision nécessaire à un atterrissage maîtrisé,
- Maîtriser la phase d'atterrissage,
- Remettre en sécurité le véhicule après atterrissage,
- Revalider le véhicule pour une réutilisation,
- Enchaîner plusieurs vols dans un temps court.

Le rendez-vous est donc pris en 2023 pour le 1<sup>er</sup> vol CALLISTO et son 1<sup>er</sup> atterrissage !

## Un futur prometteur sur les traces de L01

### ARIANeworks - Le bon moment pour une nouvelle vague ARIANE



**Jérôme VILA**

Animateur Arianeworks  
CNES – Direction des Lanceurs

#### L'Europe face au défi d'un secteur spatial en mutation rapide

L'Europe des lanceurs a pris un virage stratégique depuis 4 ans : nouvelle gouvernance, lancement d'Ariane 6 et consolidation de l'industrie des lanceurs. Ce virage doit permettre à l'Europe de conserver un leadership dans les services de lancements civils dans les années 2020.

La mutation que traverse le secteur spatial est cependant profonde et inédite car au croisement de plusieurs ruptures majeures : irruption des GAFAs avec des moyens quasi-illimités, innovation technologies disruptives (impression 3D, intelligence artificielle, big data, etc), partenariats public-privés innovants (e.g. programme COTS de la NASA), commercialisation de l'espace, etc.

L'impact majeur est temporel : le temps où un nouveau programme de lanceur s'imaginait en 10 ans et s'exécutait sur 30 est révolu. Les nouveaux entrants imposent « un rythme internet » : par cycles courts, le projet est par construction incrémental et se nourrit de vagues de tests et de financements successifs.

**L'évolution rapide du secteur spatial, sur quelques années, est inédite. Au-delà d'Ariane 6, Ariane doit continuer à se réinventer dès les prochaines années pour reprendre l'initiative.**

#### Repenser l'innovation et enclencher une dynamique nouvelle

Historiquement, le cadre d'innovation lanceur est structuré par des programmes étatiques, nationaux ou Européens, cadencé au rythme des conférences ministérielles de l'ESA qui excellent dans l'innovation incrémentale, mais beaucoup moins dans la disruption. Les avantages sont connus (mutualisation des efforts et compétences des pays membres, planification stable et pluriannuelle, etc), les désavantages le sont aussi : progrès lents, peu de renouvellement au sein des industriels « installés », choix orientés par des débats politiques etc.

Repenser l'innovation lanceur oblige à remettre en cause plusieurs dimensions :

- **Accélération du tempo d'innovation** : quitter la posture « risk averse » parfois contre-productive du secteur en assumant des risques raisonnables ; adopter des cycles agiles de design/essai/redesign qui s'éloignent des « canons » du métier lorsque c'est payant ; aller très vite aux réalisations matérielles...
- **Adoption d'une démarche proactive d'innovation par le bas** : à l'instar de l'automobile ou les principales innovations ne sont plus le simple fait du maître d'œuvre, il manque

dans les lanceurs une émulation positive par un tissu industriel élargi à de nouveaux entrants, pour que l'innovation de nouveaux acteurs, dont ETI et start-ups, montent à bord du lanceur et des opérations.

- Priorisation de **l'impératif de frugalité dans la manière de travailler**, et dès le choix en amont des partenaires du projet et des fournisseurs.
- Instauration **d'un leadership de décision** autour des chefs de file de la filière assurant une rapidité des arbitrages sur les projets d'innovation (« fail early » et tolérance de l'échec), la recherche d'un consensus multilatéral permanent dans le cadre de la gouvernance actuelle constituant un frein structurel...

**Expérimenter et impulser ce mouvement dans l'écosystème Ariane, c'est la mission d'ArianeWorks.**

## **Un format original, mixant start-up « skunkworks » et intrapreneuriat**

### **Concrètement, qu'est-ce que l'initiative Arianeworks ?**

Fondée par le CNES et ArianeGroup, c'est **une équipe d'avant-garde composée d'une quinzaine de personnes**, de tous âges, qui disposent d'un point commun : le goût de l'aventure. Ingénieurs, juristes, business développeurs... ces profils ont été sélectionnés bien sûr selon des compétences métiers, mais aussi et surtout selon un état d'esprit, une capacité à franchir les lignes et à couper dans les virages. Ils disposent, pour la plupart, d'expertises pluridisciplinaires mais aussi d'une capacité à animer un dialogue entre métiers. L'ambition, c'est un peu retrouver l'esprit des pionniers de l'aventure Ariane pour donner une nouvelle impulsion à la saga.

Concrètement, inspirés des *skunk works* américains, cette équipe dispose d'une structure simplifiée, d'une liberté d'organisation et des moyens nécessaires (y compris financiers) pour accélérer les projets futurs. L'idée est de bénéficier de la dynamique d'une start-up sans les défauts de jeunesse, en nous adossant à nos maisons d'origine et leurs équipes solides.

C'est aussi depuis le départ un dispositif ouvert pour d'autres acteurs qui partageraient cette vision, et en 7 mois, 6 partenaires ont apporté leur soutien et leurs moyens à l'initiative, parmi lesquels l'ONERA, et 5 industriels européens (pas uniquement français).

### **Convaincre d'ici mi 2020**

La mission : créer un écosystème nouveau qui servirait de **plateforme d'accélération** pour la préparation du futur. Celui-ci devra associer dans une démarche originale et cohérente agences publiques (CNES, un jour DLR et ESA), des industriels, des nouveaux acteurs technologiques (ETI, Deep Tech, Start-ups) et des financements (BPI, UE, investisseurs privés etc) innovants.

Associer ces éléments clés ne suffit pas. Comme toute démarche entrepreneuriale ou disruptive, la question clé est celle d'une vision incarnée dans un projet. **THEMIS, un démonstrateur de premier étage bas coût et réutilisable**, modulaire, flexible, digital... qui se trouve au cœur de la stratégie Européenne, sera le projet « test » du dispositif ArianeWorks.

Notre objectif est clair pour THEMIS : gagner plusieurs années sur les essais et l'expérimentation, en faire un projet audacieux pour l'Europe, et être suffisamment frugal et convaincant pour assurer son financement.





## ArianeWorks 2019 format

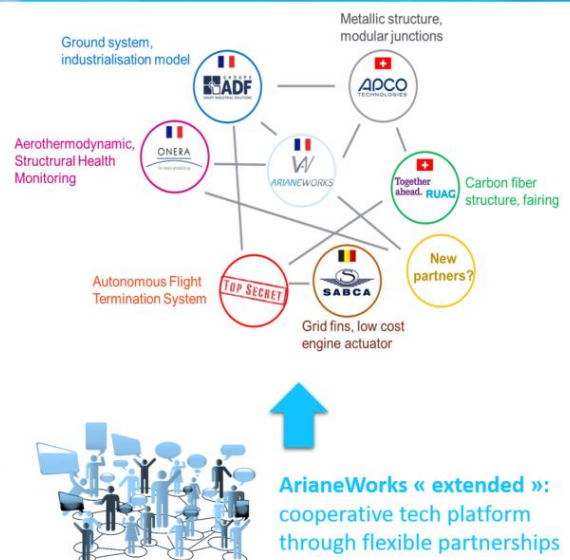


Direct workforce of  
**13** enhanced by CNES &  
ArianeGroup backoffice

Seed funding secured by  
our sponsors for 2019-2020  
+ ESA Themis contract



**Simple MoU format** benefiting  
from backoffice knowledge base,  
assets, networks...



## THEMIS, projet phare d'ArianeWorks et pierre angulaire de la future stratégie Ariane

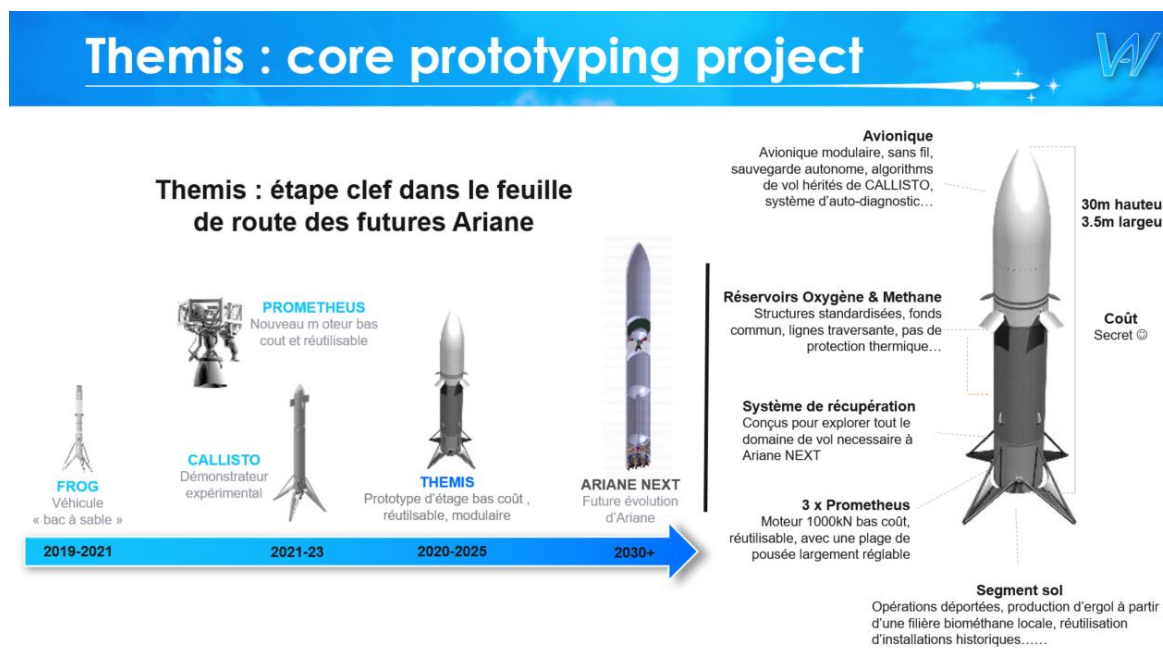
### L'équilibre THEMIS : un étage bas coût, modulaire et réutilisable

Point de convergence entre le CNES et ArianeGroup, THEMIS s'inscrit dans la suite logique du moteur à bas coût Prometheus et du démonstrateur Callisto développé avec le DLR et la JAXA.

THEMIS est un démonstrateur de premier étage de fusée très bas coût et réutilisable, qui préfigure les constituants d'une nouvelle génération d'Ariane, offrant une diminution des coûts de lancement de 50% par rapport à la génération Ariane 6 / Vega-C.

C'est un véhicule fonctionnant à l'oxygène et au méthane liquide, équipé d'un ou plusieurs moteurs très bas coût PROMETHEUS, et capitalisant sur des technologies innovantes : matériaux thermoplastique, avionique wireless, généralisation de la fabrication additive, automatisation des opérations de lancement...etc.

Au-delà des aspects technologiques, l'innovation de THEMIS tient également à son concept flexible et modulaire, déclinable à terme dans une capacité de lancement suborbital réutilisable, de microlanceur, de booster d'appoint ou de premier étage classe Ariane. Cette « agilité stratégique » le rend essentiel à la feuille de route future des lanceurs spatiaux Européens, que ce soit pour des évolutions d'Ariane 6 ou comme « brique » des architectures Ariane NEXT.



### Décembre 2020 : où en est le projet ?

Un peu moins de deux ans après le lancement de l'initiative ArianeWorks, les résultats ont été jugés suffisamment convaincants pour décider d'abord le prolongement (à l'été 2020), puis désormais préparer la pérennisation (en 2021) du dispositif.

Durant cette « phase pilote », la logique de développement de Themis a été restructurée, entremêlant très tôt réalisations hardware et ingénierie de conception. Les photos du matériel

déployé à Vernon, sur le site historique exceptionnel du PF20 réinvesti pour l'occasion, témoignent de cette réorientation et de la redynamisation perceptible du projet. Le premier exemplaire d'essai du réservoir Themis a ainsi pu être conçu, fabriqué puis érigé en Novembre 2020, en dépit de la crise sanitaire et des difficultés qui en résultent, et les premiers essais s'enchaînent.

Dans le même temps, des collaborations originales ont été initiées avec des acteurs de la vague dite "Deep Tech", extérieures à l'écosystème spatial, afin d'améliorer le potentiel du projet Themis : transport en dirigeable avec Flying Whales, opérations robotisées avec Shark Robotics, avionique sans fil avec la startup Berlinoise R3Com... Ce jeu d'actions, autour d'idées fort risque/fort gain, ménage une voie pour des options d'architecture audacieuses.

Innovant aussi dans les méthodes de travail, ArianeWorks a permis de combiner simplement les compétences du CNES et d'ArianeGroup, et de déployer l'ingénierie en « approche agile » pour Themis. Approche inédite à cette échelle dans la communauté Ariane, cette organisation agile a été pensée, testée, puis déployée en plein confinement : constitution de petites équipes semi-autonomes, cadencement par des réalisations matérielles trimestrielles, outils et rythmes de travail par sprint de 3 semaines...

Enfin, la plate-forme s'est révélée au fil des mois un instrument pragmatique et efficace d'open innovation - ou d'"Open Space" pour reprendre les termes du rapport Fioraso -, en permettant des partenariats industriels (Sabca en Belgique, APCO et RUAG en Suisse, ADF et Onera en France), en mobilisant autour de Themis la communauté amateur (OpenSpaceMakers) ou encore le milieu étudiant avec l'appui du programme Perseus.

Cette première période d'ArianeWorks a permis de délimiter par la pratique la valeur du dispositif, celui-ci s'affirmant progressivement comme un nouvel outil au service de la communauté Ariane. Un outil centré sur les phases de prototypage, en amont des développements, et le franchissement de ce qu'on appelle la « vallée de la mort » de la montée en maturité technologique. Cette identité est celle qu'ont retenue le CNES et ArianeGroup pour élaborer une forme pérenne pour ArianeWorks.



## CONCLUSION

Maurice DESLOIRE  
Président 3ACNES

Chers amis,

Vous étiez nombreux à vous être inscrits à la journée de célébration des 40 ans du lancement ARIANE L01, d'abord prévue le 18 décembre 2019 qui, avec les grèves dans les transports, a du être reportée le 28 février 2020, elle aussi annulée pour cause de pandémie Covid 19. Les intervenants nous ont tous fait parvenir leur texte que nous reproduisons dans cet ouvrage. Merci à eux pour le travail fourni.

Ces témoignages mettent en évidence la nécessaire préparation des briques préalables à la constitution d'un nouveau lanceur.

Pour ARIANE 1, ce sont :

- . les études et réalisations du moteur cryogénique Hm4 et de l'étage H3 entreprises dès 1961 sous l'égide de la DTen et de la Sereb éléments envisagés pour l'avant-projet d'un lanceur DIAMANT futur = Diogène,
- . les études et outillages et bancs d'essais du 1<sup>er</sup> étage L150 du projet EUROPA 3 de l'ELDO dès 1969 avec le moteur Viking conçu au LRBA depuis 1966
- . et même le pas-de-tir réalisé pour EUROPA 2 et grandement réutilisé pour ARIANE 1 et 3.

Pour ARIANE 6, ce sont :

- . les études et le développement du moteur Vinci entreprises dès 1995 en vue de son utilisation sur l'étage ESC-B d'ARIANE 5 Evolution
- . et la réalisation de l'étage P80 du lanceur Véga dont la structure monolithique en composite bobiné fibre de carbone préfigure l'étage P120.

Et pour le futur, il a été montré que de telles briques continuent de se constituer par le développement du moteur Lox/méthane Prométhée et par les études de nouveaux concepts (Callisto, ARIANEworks...) programmes acceptés et financés lors de la dernière Conférence Spatiale Européenne de Séville en novembre 2019.

Je me permets de citer la fin de la note d'Yves Sillard : « *Réjouissons-nous du déroulement exemplaire du programme ARIANE depuis L01 et souhaitons à nos successeurs de l'ASE, de la Direction des Lanceurs du CNES et de l'Industrie de faire preuve de la même confiance mais d'une audace et d'un esprit d'innovation renouvelés pour faire face non plus au scepticisme mais à une concurrence internationale déchaînée.* »

Aussi je vous donne rendez-vous en décembre 2029 pour célébrer les 50 ans de L01, les 312 (ou plus nous l'espérons) lancements ARIANE et la mise en service du nouveau lanceur issu des études préliminaires et pré-développements en cours aujourd'hui.

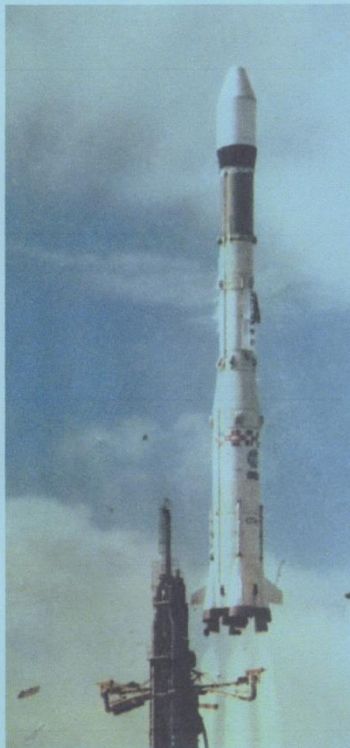
Je veux remercier encore les différents intervenants/auteurs pour leur contribution à ce document, Jean-Yves Le Gall -Président du CNES- qui s'est impliqué dans cette célébration des 40 ans du lancement ARIANE L01 et avait facilité la mise à disposition des moyens du Siège du CNES, la Direction des Lanceurs du CNES et nos correspondants Christophe Bonnal et Emline Deesez et enfin notre ami Michel Le Goarant qui, avec sa discrétion habituelle, a réalisé la mise en forme de ce document.

## ANNEXES

Fiche signalétique ARIANE 1 .....	143
Communiqué de presse L III S – 25 janvier 1973 .....	144
Tout avait si mal commencé (Guy DUBAU) .....	146
L'inauguration de la première ligne de transport spatial (Charles BIGOT) .....	147
Cursus professionnels des auteur(e)s .....	149
Quelques photos souvenirs de ce mois de décembre 1979 .....	155



## FICHE SIGNALÉTIQUE ARIANE 1



Premier vol	24 décembre 1979
Dernier vol	22 février 1986
Lancements	11 dont 2 échecs
Hauteur	47,4 m
Diamètre	3,8 m
Masse au décollage	212 T
Nombre d'étages	3
Poussée au décollage	245 T (2402,62 kN)
Dimensions coiffe	8,65 (H) x 3,2 (D)
Charge utile (GTO)	1850 Kg
Missions	LEO et GTO
Moteurs	
1 <sup>er</sup> étage L140	4 moteurs Viking 2 [UDMH, Peroxyde d'azote]
2 <sup>ème</sup> étage L33	1 moteur Viking 4 [UDMH, Peroxyde d'azote]
3 <sup>ème</sup> étage H8	1 moteur HM 7 [O <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> ]

### Pays participants au programme

Allemagne	France
Belgique	Irlande
Danemark	Italie
Espagne	Pays-Bas
Grande Bretagne	Suède
	Suisse

### Tableau des 11 lancements ARIANE 1

N° vol	Date		Charge(s) utile(s)
L01	24/12/1979		CAT 1
L02	23/05/1980	Echec	Firewheel / SUBAST / AMSAT P3A / CAT 2
L03	19/06/1981		METEOSAT 2 / Apple / CAT 3
L04	20/12/1981		MARECS A / CAT 4
L5	09/09/1982	Echec	MARECS B / SIRIO 2
L6	16/06/1983		ECS 1 / AMSAT P3B
L7	19/10/1983		INTELSAT V - 7
L8	05/03/1984		INTELSAT V - 8
V9	23/05/1984		SPACENET 1 [1 <sup>er</sup> lancement opéré par Arianespace]
V14	02/07/1985		GIOTTO
V16	22/02/1986		SPOT 1 / VIKING



## COMMUNIQUE DE PRESSE

Paris, le 25 janvier 1973

L. III. S

Lors de la dernière Conférence Spatiale Européenne, réunie à Bruxelles le 20 décembre 1972, le projet de lanceur français L.III.S. a été retenu en remplacement du lanceur européen EUROPA III B.

La définition et les études préliminaires du lanceur L.III.S ont été menées au cours de l'année 1972, par le CNES en liaison avec l'industrie.

Le L.III.S. est une fusée tri-étage de 45 m de longueur et de masse totale 200 tonnes, capable de mettre sur orbite géostationnaire (36 000 km) une charge utile de 750 kg.

Il comprend :

- 1er étage : L 140

Cet étage est identique au premier étage d'EUROPA III. Propulsé par quatre moteurs VIKING II, il délivre une poussée au sol de 241 tonnes.

Il contient 140 tonnes d'ergols liquides (UDMH = 50 t et peroxyde d'azote : 90 t).

Poussée dans le vide : 279 t  
Impulsion spécifique dans le vide : 279 s  
Durée de combustion dans le vide : 140 s

Les dimensions du L 140 sont de 18,62 m de longueur et de 3,8 m de diamètre. Masse totale des structures : 13,5 t

- 2ème étage : L 35

Relié au 1er étage par une jupe inter-étage de 4,2 m de longueur, le second étage est constitué par un seul moteur VIKING II avec 35 tonnes d'ergols liquides (UDMH = 12 t et peroxyde d'azote : 23 t)

.../...



Masse totale des structures : 4 t,  
 Poussée dans le vide : 69 t,  
 Impulsion spécifique : 285 s,  
 Durée de combustion : 140 s;  
 Longueur : 7 m,  
 Diamètre : 2 m 60.

- 3ème étage : H6

Relié au 2ème étage par une jupe inter-étage de 1,80 m de longueur, le troisième étage est un étage cryogénique utilisant le couple d'ergols : Hydrogène - Oxygène.

Masse totale des structures : environ 1 t,  
 Ergols : 6 t dont 1 t d'H<sub>2</sub> et 5 t d'O<sub>2</sub>,  
 Poussée dans le vide : 6 t,  
 Impulsion spécifique : 420 s,  
 Durée de combustion : 412 s,  
 Longueur : 4 m 50,  
 Diamètre : 2 m 60.

Le troisième étage est surmonté d'une case d'équipements (guidage, séquentiel, télémessure, télécommande, répondeur radar).

Le coût de développement du L III S est estimé à 2210 M de francs (compte tenu des aléas), et son lancement reviendrait à 61 M de francs, environ.

Le développement du L III S sera entrepris au cours de l'année 1973, ce qui permettra de procéder aux premiers essais de la cryogénie en 1977, et à la qualification en vol du lanceur en 1979 (2 tirs).

Selon ce calendrier, le L III S serait opérationnel en 1980.



## **Tout avait si mal commencé....**

Ce 15 décembre 1979, les yeux rivés sur ces mâchoires de la table qui ne s'ouvraient pas... tous furent frappés de stupeur, même celui qui devait prendre les rênes dans le cas hautement improbable où cet événement si redoutable nous tomberait vraiment sur la tête. Ils étaient tous tellement « succes oriented » ... Et ces moteurs éteints qui n'en finissaient pas de cracher des fumées rouges. Mon Dieu, que les « chasses » furent lentes à mettre en route...

### ***Vraiment les choses avaient bien mal débuté !***

Ainsi, il allait falloir réaliser 189 heures d'opérations programmées avant d'atteindre un nouveau H0. Souvenez-vous de la spécification « tir avorté » : elle imposait huit jours au plus entre les deux H0, soit 8 X 24 heures = 192 heures. Nous disposions en tout et pour tout de trois heures de marge !

Quelques mois plus tôt, tout avait vraiment mal commencé. Il avait fallu trouver, dans le Projet ARIANE, celui qui prendrait la responsabilité d'élaborer la spécification du tir avorté. C'était une tâche particulièrement ardue. Heureusement, le Chef de Projet ARIANE avait remarqué pendant la première Revue d'Aptitude au Vol, un spécialiste des opérations DIAMANT « un peu trop bavard ». Ayant été investi, à son corps défendant, de cette lourde responsabilité, ce tout récent spécialiste, dont la compétence en la matière était particulièrement balbutiante, entreprit un véritable porte-à-porte pour rassembler la matière indispensable : il ne rencontra pas beaucoup d'enthousiasme tant les énergies de tous étaient tendues vers la réussite.

### ***Vraiment les choses avaient bien mal débuté !***

Tant bien que mal, nous disposions enfin, en septembre 1979, grâce à la conviction du Chef de Projet, d'une spécification. Elle ne faisait évidemment pas l'unanimité, puisqu'elle prévoyait huit jours au plus entre deux H0 successifs, alors que sept jours avaient été démontrés à Vernon lors du dernier tir de qualification (Q2.1 et Q2.2).

Après la spécification, il avait fallu désigner le responsable de l'élaboration du plan d'opération détaillé. C'était une tâche particulièrement ardue. Heureusement, le Chef de Projet avait remarqué un tout récent spécialiste des spécifications de projet « un peu trop bavard ». C'est donc tout naturellement, mais à son corps défendant, que ce spécialiste s'était retrouvé, à nouveau chez les opérationnels, avec la responsabilité de bâtir le plan d'opération « tir avorté ».

On remarquera, au passage, la ténacité de ce Chef de Projet qui n'hésitait pas à intervenir dans les affaires opérationnelles.

Finalement, une petite équipe fut constituée (CNES, SEP, Aérospatiale...) pour réaliser ce plan d'opérations. Elle avait contre elle tous les autres qui, eux, préparaient le lancement réussi. Pour preuve : les outillages développés pour le tir avorté livrés sur l'ELA ne trouvaient pas acquéreur. Et pour cause : ils n'avaient pas été développés par l'équipe « lancement réussi ».

### ***Oui, vraiment tout avait mal commencé !***

Ce 15 décembre 1979, à H0+8 secondes, le « COEL tir avorté » (ce spécialiste un peu trop bavard) n'avait même pas son plan d'opérations à portée de main... Il était à cet instant, lui aussi, persuadé que ça ne devait pas arriver.

L'effet de surprise passé, la réaction intervint et le plan d'opérations « tir avorté » fut mis en application à H0+30 secondes. Le lanceur se retrouvait le 23 décembre 1979 dans une situation H02-3 heures à H01+189 heures, après ce qu'on peut appeler un exploit, tout autant physique que psychologique, technique que moral, théorique que pratique. Les équipes venaient de découvrir la planification et la coordination opérationnelle et c'est peut-être grâce à ce tir avorté qu'il est possible, aujourd'hui, de faire huit à neuf lancements par an. En tout cas, la preuve venait d'être faite, aux yeux du monde spatial, que nous étions opérationnels.

### ***Et pourtant, tout avait si mal commencé...***

**Guy DUBAU**

## **L'inauguration de la première ligne de transport spatial**

### **Pièce en plusieurs actes et sept tableaux choisis**

#### **Scène 1 : J – 4**

J'essaie de « passer » de Rochambeau à Kourou. J'aurais dû choisir une voiture amphibie avec une bonne boussole. Les routes sont submergées, la pluie obscurcit tout, les essuie-glaces ne marchent pourtant pas trop mal (Hertz).

#### **Scène 2 : J – 2**

Le soir à Rochambeau. Arrivée du charter de Spacenet avec les soixante invités américains, sous le déluge... Les parapluies de Berson sont inutiles, la pluie est trop forte. Les autobus sont à 100 mètres. Les Américains entièrement trempés rient jaune (déjà !).

#### **Scène 3 : J – 1**

Le matin, après le briefing en salle optique, Jerry Waylan, pas très rassuré, aborde Frédéric d'Allest : « La traversée aux Iles, ça vous paraît possible ? ». « Pourquoi pas ! » rétorque F. d'Allest (il est vrai que la pluie est telle que l'on ne voit pas la mer). Puis, après un coup d'œil d'expert : « Ca va se lever », tout en recherchant mon approbation obligée : « Tu es d'accord ? ». Que peut-on faire d'autre ? Comment occuper les Américains sous la pluie ?

#### **Scène 4 : J – 1**

L'après-midi, ultime inspection logistique : impossible d'accéder à Sinnarive autrement qu'à la nage ! Heureusement, un sauveur se présente. Yves Dejean est péremptoire : « Avec 50.000 francs ! ) : ses trois camions de gravier sont enlisés dans 50 centimètres de boue à Sinnarive ! Et deux énormes « bull » n'arrivent pas à les tirer de là !

Le miracle se produit cependant. Les jeunes Verderosa feront la navette toute la matinée pour transporter les victuailles préparées à Sinnarive. Le déjeuner aura lieu (200 couverts) à l'hôtel DIAMANT (ex-Albia), « comme prévu » !

#### **Scène 6 : J0**

Le soir, à Jupiter. Les clapets cryogéniques ont eu raison du premier créneau de lancement. On attend le second, c'est un peu long. Dans sa boquette pavée de canettes de bière vides, le commentateur professionnel de la vidéotransmission est hagard. Sa faconde habituelle est loin : il ne sait plus quoi dire... « Ah, l'ambiance est extraordinaire, on attend, on attend avec fièvre ! Mais je vois là-bas M. Curien qui prend la main d'Edith Cresson, c'est émouvant, il va sûrement se passer quelque chose » ...



### Scène 7 : J0

Le soir. Agathe : deux tentes de la Légion, déjà transpercées par l'intensité de la pluie, côtoient un « observatoire », sorte d'estrade dressée dans le noir (on se demande où est la guillotine !). On ne peut y accéder qu'en pataugeant à tâtons dans 20 centimètres de flotte, où s'ébrouent, gentiment paraît-il, de petits caïmans égarés.

Fourbus, les Américains arrivent à Agathe à H0 - 2 heures. Ils y resteront jusqu'à H0 + 4 heures : six heures d'enfer que j'ai tenté de reconstituer à partir de témoignages divers, vision d'épouvante qui hante encore parfois mes (rares) insomnies, cinq ans après.

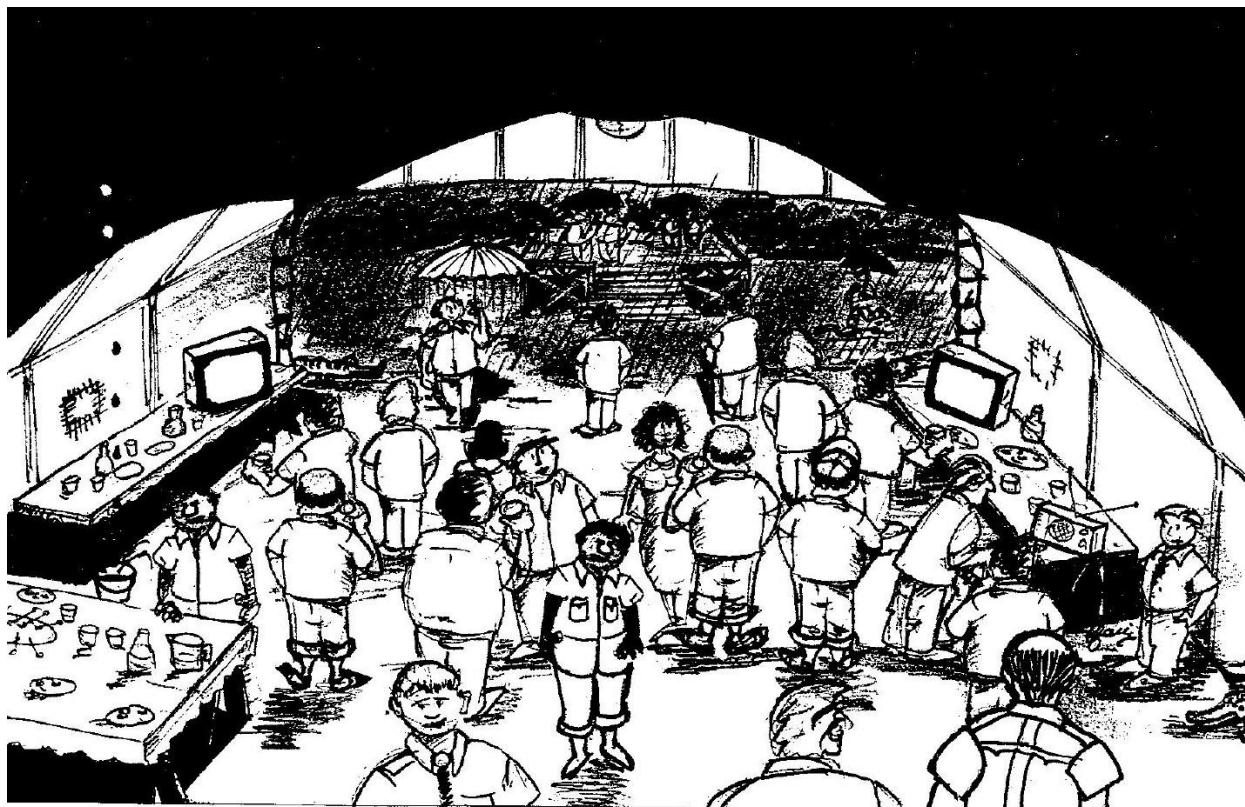
Ils sont d'abord accueillis par les « accompagnateurs » (comprenez : les privilégiés du CSG) qui, l'expérience aidant, ont vite compris la situation : comme tout militaire en campagne, il faut être paré. Cela veut dire qu'il ne reste rien des quelques boissons et amuse-gueules que Berson avait prévus pour « passer le temps ».

Passer le temps ! C'est un euphémisme pour ce troupeau d'Américains transis, trempés, affamés, comprimés dans les tentes trop petites, abandonnés sans informations (car la « sono » installée à la hâte par le CSG ne fonctionne pas) autres que le reportage de RFO capté sur un petit transistor de poche !

Combien d'entre eux auront vu, dans la nuit épaisse de pluie, le départ des V9 après cinq heures d'attente inexplicables et inexplicées !

Qu'importe, car ça a marché et chacun se déclare enchanté dès le lendemain matin, dans un enthousiasme qui va bon train. De retour au pays, le succès effaçant tout, ils ne garderont de cet enfer que des souvenirs exaltants et d'extraordinaires aventures à raconter le soir au coin du feu : « J'y étais ! ».

Charles BIGOT



*L'inauguration de la première ligne de transport spatial.*

## Les Cours Professionnels

Certains auteurs nous ont communiqué leur cursus professionnel. Nous les avons donc regroupés dans cette annexe.

### Paul QUILES

Ministre de l'Urbanisme et du Logement (10/1983 - 09/1985)

Ministre des Transports (à partir de juillet 1984)

Ministre de la Défense (09/1985 - 03/1986)

Ministre des Postes et Télécommunications et de l'Espace (05/1988 - 05/1991)

Ministre de l'Équipement, du Logement, des Transports et de l'Espace (05/1991 - 04/1992)

Ministre de l'Intérieur et de la Sécurité Publique (04/1992 - 03/1993)

### Bernard ESAMBERT

Ingénieur au Corps des Mines

ancien conseiller économique et scientifique de Georges Pompidou

ancien Président de l'Ecole Polytechnique et des X-Mines

ancien Président de l'Institut Pasteur

premier Président de la Commission du développement durable

Président de la Banque Rothschild

Vice-président du groupe Bolloré Lagardère

### Yves SILLARD

Diplômé de l'Ecole Polytechnique en 1954 et de l'Ecole Supérieure d'Aéronautique

De 1960 à 1962 : Chef du détachement du Centre d'Essais en Vol de Colomb Béchar

De 1963 à 1964 : Directeur Technique de l'annexe du Centre d'Essais en Vol de Cazaux

1964-1965, responsable du programme Concorde au Secrétariat Général de l'Aviation Civile

En 1965 : entre au CNES comme responsable de la construction du Centre Technique Guyanais et de la ville de Kourou sous l'autorité de Pierre Chiquet puis Directeur du CSG jusqu'en 1971

Début 1972, rejoint l'ELDO comme Directeur du programme EUROPA 3

Début 1973, rejoint le CNES comme Directeur des Lanceurs

Nommé Directeur Général du CNES en 1976

De 1982 à 1988 Président, Directeur Général du CNEXO puis de l'IFREMER

De 1989 à 1993 Délégué Général de l'Armement

De 1994 à 1997 Directeur Général de Défense Conseil International

De 1998 à 2001 Secrétaire Général adjoint de l'OTAN pour les Affaires Scientifiques et Environnement

Membre du Conseil Scientifique de la Défense de 1998 à 2004

## Frédéric D'ALLEST

Ancien élève de l'Ecole Polytechnique, ingénieur diplômé de l'Ecole Nationale Supérieure d'Aéronautique, il entre en 1966 au Centre National d'Etudes Spatiales (CNES), où il est successivement responsable de la propulsion puis de la réalisation du premier étage du lanceur de satellites DIAMANT B lancé avec succès à KOUROU en Mars 1970.

En 1971-1972, ELDO, chef de projet du 2<sup>ème</sup> étage EUROPA 3

En janvier 1973, il est nommé chef de projet puis en 1976 Directeur des Lanceurs et du Programme ARIANE au CNES jusqu'au premier lancement réussi en Décembre 1979.

Il fonde ARIANESPACE et est nommé dès sa création en Mars 1980 Président Directeur-Général de cette nouvelle société, première au monde à fournir des services de lancements sur une base commerciale. Il conduit son développement durant dix années. Il en est aujourd'hui Président d'Honneur.

De 1982 à 1989, il est également Directeur Général du CNES, période pendant laquelle sont développés notamment la filière ARIANE, les satellites français de télécommunications et d'observation de la terre et sont conduites les études de l'avion spatial HERMES.

En Septembre 1990, il est nommé Directeur Général de la société MATRA puis, à la suite de la fusion de MATRA et HACHETTE, il est Directeur Délégué et membre du Conseil de Gérance du groupe LAGARDERE.

## Raymond ORYE

En 1954, diplômé ingénieur civil à l'Ecole Royale Militaire/Division Polytechnique. En 1957/58 il suit un cours post-universitaire de perfectionnement dans la technologie des missiles sol-air au "College of Aeronautics" de Cranfield/Royaume Uni.

Officier de l'Armée belge, il occupe divers postes opérationnels techniques (dont préparation du missile sol-air Hawk) et opérationnels en Belgique et en Allemagne (Bonn et Aix-la-Chapelle).

En 1963 il rejoint l'ELDO et y assure le contrôle de projet du programme EUROPA-1 puis du programme EUROPA-3. En 1973 il rejoint l'ESRO et y est chargé de la mise en route du programme ARIANE dont l'exécution sera déléguée au CNES sous le contrôle de l'ESRO puis de l'ESA. Il est également chargé de l'utilisation du Centre Spatial Guyanais pour le programme ARIANE.

Avant la création d'ARIANESPACE, il est responsable des relations avec les clients potentiels. A ce titre, il négocie en 1977-78, en coopération avec le CNES, la première vente (hors programmes ESA/CNES) de lancements à INTELSAT (seul opérateur d'un réseau mondial opérationnel de Comsat). Dès la création d'ARIANESPACE en 1980, il est nommé censeur au Conseil d'administration d'ARIANESPACE et y représente l'ESA.

Jusqu'à son départ à la retraite en 1996, il dirige à l'ESA les programmes de développement ARIANE 1, ARIANE 2-3, ARIANE 4 et ARIANE 5.

## Roger VIGNELLES

Roger Vignelles, centralien, débute comme ingénieur à l'Air Liquide en 1962, puis est en poste à Nord Aviation (1966-1970) (1<sup>er</sup> étage DIAMANT B, 2<sup>ème</sup> étage ELDO, protections thermiques internes gros propulseurs à poudre, avant-projet EUROPA 3), et à l'ELDO (European Launcher Development Organization) en 1970. Rejoint le CNES en 1973 (1<sup>er</sup> et 2<sup>ème</sup> étages ARIANE, chef de projet ARIANE en 1976, Directeur des lanceurs de 1982 à 1989, puis Directeur Général Adjoint chargé des systèmes de transports spatiaux. Devient en septembre 1991 Directeur Général Adjoint Défense-Espace de la Société Européenne de Propulsion SEP, puis Président Directeur Général de la SEP.

## Roland DESCHAMPS

Diplômé ingénieur de l'Institut électromécanique de Clichy en 1954  
De 1957 à 1960 ingénieur à la Direction du Contrôle à SNECMA Villaroche  
De 1960 à 1966 Ingénieur responsable du contrôle automatique à la SEREB  
En 1966, rejoint la division Lanceur du CNES quelques mois après sa création, sous l'autorité de Charles Bigot  
En 1972, chargé par Albert Vienne, Directeur de la division Lanceur du CNES, de la coordination de l'avant-projet E3S = L3S = ARIANE  
A la création de la Direction des Lanceurs, en 1973, devient Chef de la division « Etudes et Développements », puis Directeur adjoint  
Secrétaire Général d'ARIANESPACE à sa création en 1980

## Henri LACAZE

Lacaze Jean, Pierre, Henri. Ingénieur Polytechnique, Sup-Aéro. Commence au service de l'Etat (Service Technique Aéronautique puis Direction des Engins). Ensuite à l'ELDO responsable 2<sup>ème</sup> étage EUROPA II. Entré à l'Aérospatiale début 1975 remplace Pierre Lacau devenu chef de projet Etagiste et dirige, initialement en double commande avec Pierre Madon, le groupe de projet Architecte Industriel. Après 80, Sous-Directeur des Etudes puis travaille sur divers projets avancés dont Hermes.

## Jean-Pierre LIVI

Jean Pierre Livi est ingénieur militaire des travaux de l'air ENTA (Ensica). En 1956, il occupe le poste d'ingénieur d'essais au CEPr (IMTA 2<sup>o</sup> puis 1<sup>o</sup> classe-capitaine) puis quitte le corps des IMTA en 1962, pour rejoindre la SEP Villaroche au sein du service Moteur H2-O2.  
En 1969, JP.Livi devient Chef de programme SEP du projet H 20 (EUROPA III B), puis Chef de programme SEP du H8 (ARIANE) et en 1980, le Chef du département programme ARIANE SEP.  
En 1985, il occupe le poste de Chef du «Bureau industriel » et en 1987, quitte le programme ARIANE pour la création d'une équipe programme SYBIL étage terminal du missile balistique S4 et est promu Ingénieur en chef en 1988.  
En 1991, JP Livi prend la Direction des départements Etudes, Fabrications, Essais des activités Espace de Villaroche jusqu'à sa fin d'activité en 1995.

## Michel MIGNOT

Ingénieur des Arts et Métiers (60-64). 37 ans au CNES 1967-2004

1967 - 1991 : Responsable d'Installations Sol et projets Guyane au CSG -25 années

- Brétigny : Tours de montage, Tables et rampes de Lancements,
- 67-69 : Fusées-Sondes, DIAMANT et EUROPA
- CSG : 69-72 : Chantiers et validations DIAMANT et EUROPA 2
- EVRY-DLA 73-77 : Chef de projet ELA1 (Etudes, contrats)
- CSG- SDS 77-79 : Chef de projet ELA1 (chantier-validations)
- EVRY-SDS 80-86 : Chef de projet ELA2
- EVRY-SDS 87-91 : Chef des projets Moyens sol ARIANE 5
- 89-91 Direction SDS

1992-2004 : Directeur au Comex du CNES - 12 années

1992-2000 : Directeur du CSG - 8 années

77 lancements ARIANE

Montée cadence 12 : ARIANE 4, Développement A5 essais et 4 lancements A5, rénovation du CSG « CSG 2000 »

2000-2004 : Directeur « Mission Guyane du CNES » à Cayenne - 4 années,  
Partenaire de l'Etat et de la Région pour le développement Économique de la Guyane.

## Maurice DESLOIRE

Ingénieur Arts-et-Métiers et docteur de 3<sup>ème</sup> cycle en « métallurgie spéciale »

1965 : entre au CNES Division satellite section « structure » puis en section thermique

1970 : entre à la division « développement lanceur » : contrats « Post-Apollo » et « Coralie » puis  
à la division « lanceur » : partie haute de DIAMANT BP4 et avant-projet du 3<sup>ème</sup> étage L3S

1973 : Chef du département « structures » à la Direction Lanceurs

1980 : Chef de la division « études et développement » à la DLA

1990 : Chef de la division « planeur Hermès » à la DLA

1993 : Adjoint Système au directeur de programme ARIANE 5

1996 - 2000 : Sous-Directeur technique de la DLA

2000 - 2007 : Ingénieur-conseil pour ELV pour le projet lanceur Vega



## Michel VEDRENNE

Université Claude Bernard - Lyon 1, Docteur de 3<sup>ème</sup> cycle et DEA en Mathématiques Appliquées.  
De 1971 à 1990 : participe au développement du lanceur « DIAMANT BP4 » et des différentes versions du lanceur européen « ARIANE » au Centre National d'Etudes Spatiales responsable du contrat Architecte Industriel, puis ARIANESPACE et Agence Spatiale Européenne .

De 1991 à 1994 : Directeur du Programme « Hermès » au Centre Spatial de Dassault Aviation

De 1995 à 1998 : Chargé de mission à la Direction des « Activités Spatiales » à la Direction de la Prospective, Direction Générale Technique de Dassault Aviation

De 1999 à 2004 : Délégué Général de Dassault Aviation à Taïwan

De 2005 à 2008 :

- Directeur du département « Règlementation et Suivi de Navigabilité » pour les Avions Civils,
- Direction Générale Technique de Dassault Aviation,
- Membre du « Safety Standard Consultative Committee » de l'Agence Européenne de Sécurité Aérienne (EASA).

## Yves BEGUIN

Ingénieur ENSCT, spécialiste production et utilisation des ergols,

puis chef de département Sauvegarde Vol et Sol,

Directeur des opérations (DDO),

Chef de division qualité au CSG,

Adjoint puis Directeur Central de la Qualité au CNES,

Adjoint au Directeur de l'INTAS à la Commission Européenne à Bruxelles,

Directeur adjoint au ministère de la Recherche,

Directeur Exécutif de la Fédération Astronautique Internationale (IAF)

## Ralph JAEGER

Professeur honoraire à l'Université Polytechnique de Berlin, Institut Aéronautique et de l'Espace.

1982 – 1999	ARIANESPACE, Directeur Général adjoint et Senior VP Marketing&Customer Services
1973 - 1982	CNES - membre de l'équipe de développement d'ARIANE. puis à la création d'ARIANESPACE, développe service clients et activités de vente.
1972	ELDO , Paris, programme EUROPA 3
1967 - 1971	Agence Spatiale Allemande (Gesellschaft für Weltraumforschung-GfW), Bonn

## Jean-Pierre MORIN

1962 : diplômé de l'Ecole Centrale de Paris.

1964 : PER (Pilote élémentaire de Réserve), affecté à la section Mirage III du CEAM de Mont-de-Marsan.

1968 : entre à la division Fusées-Sondes du CNES.

En charge des fusées à propulsion liquide, des modules de récupération par parachute

Participe aux lancements de fusées à Hammaguir et en Argentine

Entre à la Direction des Programmes du CNES en charge des lanceurs

Avril 1968 : Responsable technique du premier lancement de fusée au CSG (récupération de la pointe en mer)

Février 1972 : membre du groupe LIIS représentant la Direction des Programmes

Septembre 1973 : Chef de Division Adjoint des Opérations au CSG

1976 : chef de la Division Méthodes-Développement du CSG

1983-1985 : chargé de mission « Espace » au SGDN

1986 : retour au CSG : Directeur-Adjoint chargé des Finances, Personnel, Relations Publiques ; et Fonctionnaire de Défense Délégué pour la protection d'ARIANE contre la malveillance humaine.

1993-2000. Fonctionnaire de Défense du CNES

## Dominique LEGLU

Directrice des rédactions de

- « Sciences & Avenir » (depuis 2003),
- « La Recherche » (depuis 2017)

Rédactrice en chef adjointe de Libération (1998 -2000) après avoir créé la section scientifique Eureka du quotidien.

Co- auteure de l'émission Archimède sur Arte.

Auteure ou co-auteure de 5 livres.

Formation :

- Docteur en physique nucléaire et des particules (1978)
- DESS maîtrise des armements (2002)
- Diplômée du CFJ (Centre de Formation des Journalistes)

## Quelques photos souvenir de ce mois de décembre 1979

Salle Jupiter : après la répétition Générale du 12 décembre



Sur cette photo de famille, on reconnaît de gauche à droite :  
 au premier plan : A. Olivero, A. Merdrignac†, J-P. Rouzeval†, P. Niel†, J-M. Leseq, G. Rotrou, J. Gruau†, J-M Morin, J-C. Feugeas  
 au second plan : J-C. Legal, F. d'Allest, H. Baccini, R. Vignelles, H. Palmiéri†, A. Vienne†, J-P Morin, P. Bescond, E. Thévenon  
 B. Feuillet, Ph. Noël (photo Sygma)



Salle Jupiter : 1<sup>er</sup> rang : R. Vignelles, 2<sup>ème</sup> rang (à partir de la gauche)  
 P. Niel, J-P Morin, A. Merdrignac, F. d'Allest, W. Naumann

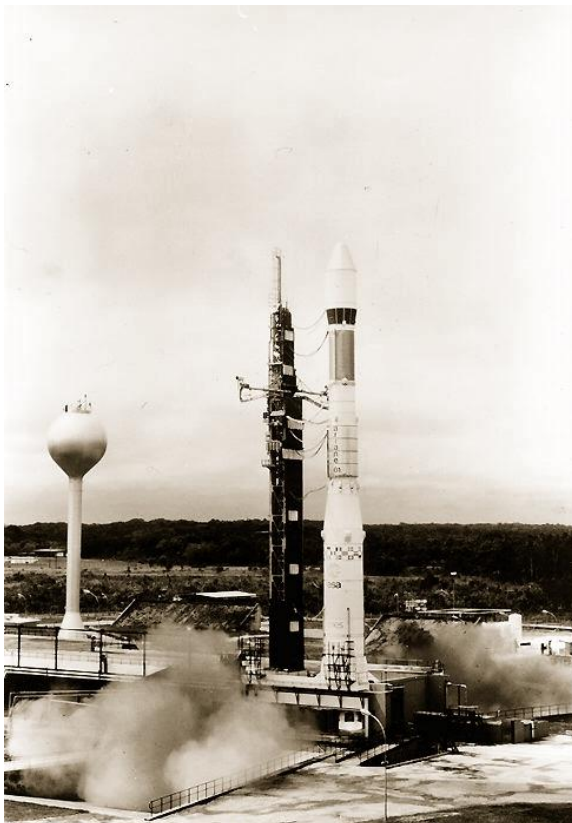


Salle Jupiter



au CDL :  
F. d'Allest, Y. Sillard, H. Curien, A. Merdrignac

15 décembre : Le Président Giscard d'Estaing arrive à la Direction des Lanceurs (Evry).  
De gauche à droite : R. Lesgards représentant le CNES, Le Président V. Giscard d'Estaing, P. Morel (CNES), Le Ministre de l'industrie A. Giraud, le Préfet de l'Essonne



Tir avorté 15 décembre 1979



## Le 24 décembre



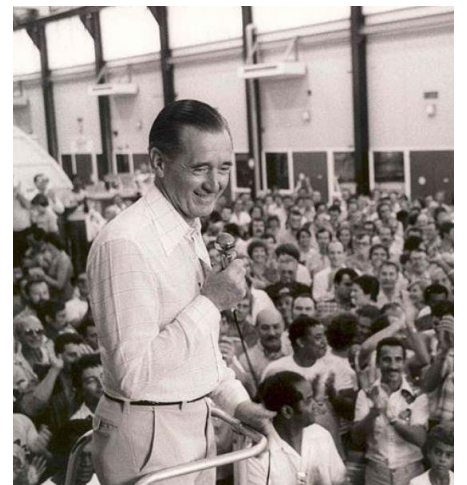
Photo CDL : Le succès



Annnonce du diagnostic de satellisation  
R. Orye, H. Curien, F. d'Allest, Y. Sillard, R. Vignelles, A. Vienne, P. Créola



Réunion du personnel (Hall des pompiers) le 24/12-18h Discours de H. Curien



Discours de R. Gibson DG ESA)





Réveillon improvisé au Pimpoum le 24 au soir : F. Bachelot (SEP), D. Erard (SEP), R. Orye et Mme (ESA), P. Créola (ESA, PB Ariane), H. Palmiéri et Mme, Y. Sillard, F. d'Allest, J. Gruau, M. Bignier (ESA), H. Curien, P. Soufflet, Mme Vienne



# **40<sup>e</sup> anniversaire du lancement ARIANE L01**

## **« Témoignages »**

conçu et réalisé par  
**Association Amicale des Anciens du CNES (3ACNES)**  
en partenariat avec  
**la Direction des Lanceurs et la Direction de la Communication du CNES**

### **Équipe de projet**

**Programme et Coordination générale :** Yves Reverter  
**Thèmes :** Maurice Desloire, Alain Ragot, Guy Dubau, Yves Beguin  
Daniel Metzlé, Christophe Bonnal

**Correspondante CNES-DLA :** Véronique Palatin  
**Correspondante CNES-DCO :** Emline Deseez

**Directeur de Publication :** Maurice Desloire  
**Responsable Edition :** Michel Le Goarant

### **Comité de rédaction :**

Yves Beguin, Maurice Desloire,  
Michel Le Goarant, Alain Ragot, Yves Reverter

Ont contribué à la réalisation de ce livret :

Frédéric d'Allest, Georges Armand, Yves Beguin, Patrick Bonguet,  
Christophe Bonnal, Mathieu Chaize, Carlo Dana, Carole Deremaux,  
Roland Deschamps, Maurice Desloire, Guy Dubau, Bernard Esambert,  
Elda Garrouste, Ralph Jaeger, Marie Jasinski, Henri Lacaze, Chantal Lefèvre,  
Jean-Yves Le Gall, Dominique Leglu, Michel Le Goarant, Francis Ligier,  
Jean-Pierre Livi, Daniel Metzlé, Michel Mignot, Jean-Pierre Morin, Walter Naumann,  
Raymond Orye, Paul Quilès, Alain Ragot, Yves Reverter, Yves Sillard, Jean-Jacques Sussel,  
Michel Vedrenne, Roger Vignelles, Jérôme Vila, Daniel Wolffromm

### **Articles de presse repris dans ce numéro :**

Le Quotidien de paris, Le Monde, France Soir,  
La Dépêche du Midi, Air&Cosmos, Le Figaro

### **Crédit photos :**

Photothèque CNES, Michel Le Goarant, Michel Mignot, Auteurs

### **Impression :**

Service Edition Pôle Multimédia CNES-Toulouse



2 Place Maurice Quentin  
75039 Paris cedex 01  
+33 (0)1 44 76 75 00



**ARIANE L01 a ouvert la voie**



Association Amicale des Anciens du CNES (3A CNES)  
2, place Maurice Quentin - 75001 PARIS  
Tél. : 01 44 76 78 58 ou 79 06 - Fax : 01 44 76 74 20  
Adresse e-mail : [3ACnes-Paris@cnes.fr](mailto:3ACnes-Paris@cnes.fr)  
Site : [www.3ACNES.org](http://www.3ACNES.org)