

LES PREMIÈRES EXPERIENCES D'AÉRONOMIE EN FRANCE

Jacques BLAMONT

*Centre National d'Etudes Spatiales – 2, Place Maurice Quentin, 75039 Paris Cedex 01 France-
Tél. 01 44 76 76 11B – Fax 01 44 76 78 65 – e-mail : jacques.blamont@cnes.fr*

Les pages qui suivent n'ont pas la prétention de constituer un document historique, puisqu'elles ne s'appuient sur aucun matériel écrit ; elles n'apportent qu'un témoignage oral reposant sur la mémoire et sur des notes personnelles prises à l'époque(1).

Créé en 1946 à Vernon, le Laboratoire de Recherches Balistiques de l'Armée (LRBA) a mis au point grâce à l'aide d'ingénieurs allemands venus de Peenemunde, la fusée sonde Véronique dont le premier modèle pouvait emporter 60 kg d'instruments à 70 km d'altitude. Si Wolfgang Pilz dirigeait au LRBA le sous groupe "Propulsion" il semble bien que ce soit Karl Bringer qui ait été le père de Véronique, après avoir conçu l'A-9 lorsqu'il était encore sous les ordres du Général Dornberger et avant de mettre au point le Viking, moteur d'Ariane.

En fait, Véronique n'était qu'un moteur, qui comportait d'ailleurs d'intelligentes particularités, par exemple le remplacement des turbopompes par un générateur de gaz, ou le refroidissement de la chambre de combustion par film liquide. Comme sa cousine l'américaine Aerobee, elle était guidée au départ par un dispositif extérieur : une tour de cent mètres de haut pour l'Aerobee, et pour la Véronique quatre fils attachés à des bras au bas de la fusée et se déroulant à partir d'un tambour à axe vertical jusqu'à une hauteur de cent mètres. Le mauvais fonctionnement de ce système de guidage devait créer de nombreuses difficultés, y compris la perte de quelques missions. Au contraire, dès le début le moteur présenta une excellente fiabilité et des performances très satisfaisantes. Ce moteur, mis à feu par un mélange hypergolique, consommait du kérosène et de l'acide nitrique. Trois premiers lancements eurent lieu à Hammaguir en mai 1952 dont seul le troisième, le 22 mai, fut un succès.

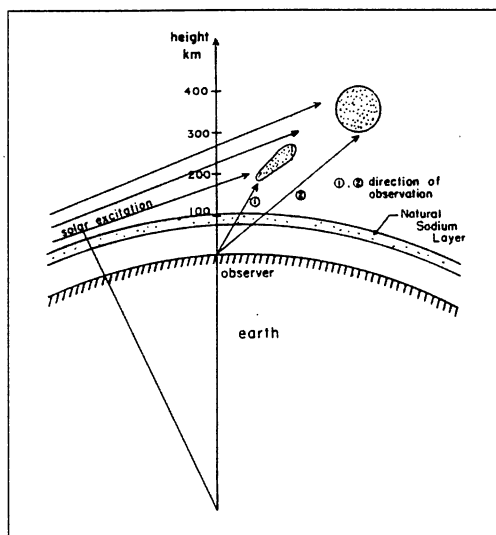
A la suite de ce brillant résultat, une nouvelle version dite NA (Normale allongée) est développée au LRBA par l'équipe franco-allemande, qui a remplacé le kérosène par l'essence de térébenthine. Elle est essayée à quatre reprises en 1954 ; deux des fusées atteignent respectivement 104 et 135 km. Les deux autres, par suite d'incidents mineurs ne culminent qu'au-dessous de 40 km. C'est encore un grand succès, mais seulement balistique, car l'absence de télémétrie oblige à récupérer les enregistreurs dans les ogives, et les résultats des quelques mesures d'écoute de signaux radioélectriques émis au Maroc ne présentent que très peu d'intérêt.

De tous les scientifiques français, un seul, Etienne Vassy, professeur à la Faculté des sciences de l'Université de Paris, spécialiste ainsi que sa femme Arlette, de l'émission lumineuse du ciel nocturne, s'intéressait au nouveau moyen d'exploration qu'était la fusée. Il s'agissait pour lui de s'adjoindre d'autres utilisateurs en nombre raisonnable. Après les tirs réussis de 1954 il réunit dans son laboratoire trois jeunes scientifiques, un radioastronome dont je ne me souviens plus le nom, Raymond Michard, astronome à l'Observatoire de Paris, spécialiste du soleil, et moi-même. J'avais 27 ans et, après avoir soutenu un Diplôme d'Etudes Supérieures sur l'émission crépusculaire du sodium dans la haute atmosphère, j'étais engagé dans une thèse de spectroscopie hertzienne dirigée par Alfred Kastler et Jean Brossel, au laboratoire de physique de l'Ecole Normale Supérieure dont Yves Rocard était l'autoritaire directeur. Aucun de nous n'avait la moindre idée de ce que

serait une expérience menée à bord d'une fusée sonde, pas plus que les moyens de la mettre au point. Kastler m'interdit d'ailleurs de mettre le petit doigt dans ce programme, en exigeant que je me concentrasse sur ma thèse qui rentrait dans la mise au point de l'immense idée qu'était le pompage optique.

Bien que ne disposant donc d'aucun client, Vassy n'en poursuivit pas moins ses efforts : il avait convaincu la Direction des Etudes et Fabrications d'Armement (DEFA) de financer la Véronique NA en avançant 80 millions de francs de l'époque qu'il comptait rembourser grâce au milliard que le gouvernement avait promis pour l'AGI. Maintenant il fallait développer une nouvelle Véronique dite AGI (pour Année Géophysique Internationale). Si son principe était le même que celui de la première Véronique, ses performances étaient très supérieures : elle emportait une charge utile de 60 kg à 200 km d'altitude, et ouvrait ainsi la porte de l'atmosphère supérieure, encore complètement inconnue. Mais à un moment du printemps 1955, d'après ce que Vassy m'a raconté, quand les papes français de l'AGI, André Danjon, Directeur de l'Observatoire de Paris, et le Père Lejay, Président du Bureau Ionosphérique Français, sortirent du Cabinet d'Edgar Faure, à la fois Président du Conseil et Ministre des Finances, qu'ils étaient venus implorer de ne pas couper les vivres à l'AGI, la ligne Fusées avait disparu du programme. Et Vassy se retrouva sans moyens pour honorer sa dette. Il sut heureusement trouver un généreux donateur à qui doit aller toute notre gratitude, le Général Maurice Guérin, Président du Comité d'Action Scientifique de la Défense Nationale (CASDN), qui accepta de consacrer deux cents millions à rembourser la dette de Vassy, financer Véronique AGI et patronner le programme.

Une organisation se mit en place, supervisée par les Colonels Juillet et Genty du CASDN. L'ETAG, établissement situé à Satory, responsable des opérations de la DEFA, fut chargé d'assurer les tirs à Hammaguir, sous le commandement de son directeur le Colonel Marchal. Le CNET reçut la responsabilité de l'aménagement de la pointe, de la télémessure et de la télécommande, avec la mise en oeuvre des récepteurs et émetteurs sur le champ de tir. Mais il manquait l'essentiel, un programme scientifique et donc des charges utiles.



Géométrie d'un nuage de sodium. Exemple : Wallops Island, 13 septembre 1961.

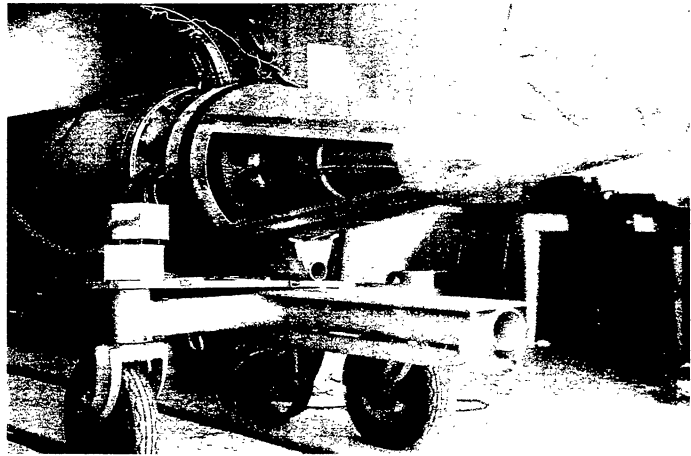
Pour comprendre l'orientation que prit le programme, il faut savoir qu'en 1937 avait été découverte simultanément par des chercheurs français, russes et canadiens la luminescence des atomes de sodium au crépuscule dans la haute atmosphère. J. Bricard et A. Kastler avaient démontré en deux étapes (absorption par des cuves de sodium en 1944 et mesure de la polarisation en 1949), que l'émission était due à la résonance optique d'atomes de sodium excitée par la lumière solaire à l'altitude d'environ 95 km. Le point essentiel était que la durée de vie des atomes dans cette région de l'atmosphère excédait plusieurs heures. D'où la proposition de D. Bates en 1951 d'utiliser une fusée pour projeter du sodium le long de sa trajectoire dans la haute atmosphère. Le sodium resterait assez longtemps sans réagir, au moins à 95 km et au-dessus, pour former un nuage qu'au crépuscule, lorsque la Terre serait dans l'ombre, la lumière solaire parvenant encore à cette altitude exciterait et rendrait observable. Le groupe du Air Force Cambridge Research Laboratory sous la direction de H. Edwards obtint

en effet en 1954, avec une fusée Aerobee lancée au polygone de Wallops Island (Virginie) un nuage de sodium visible au sol, pendant une vingtaine de minutes au crépuscule.

Il était raisonnable de penser à utiliser des Véronique pour des nuages de sodium, puisque nous comprenions assez la physique de l'expérience pour proposer de faire une mesure à laquelle le groupe américain n'avait pas pensé, celle de la température de l'atmosphère neutre, comme l'avaient tenté Bricard et Kastler en utilisant l'émission crépusculaire du sodium. Cette température était alors inconnue au-dessus de l'altitude de 30 km.

Chercheur à l'Université de Wisconsin pendant l'année 1957, j'ignorais l'existence des Véronique. Je fis connaissance avec le groupe de l'AFCL et arrangeais avec eux que lors d'un prochain tir à sodium aux Etats-Unis, je pourrais observer le nuage avec un appareil comportant des cuves d'absorption remplies de vapeur de sodium, que je construisis avec l'aide du jeune étudiant Douglas Mc Nutt. Nommé Professeur à la Faculté des Sciences de l'Université de Paris, je revins en France en passant par Boston, où le groupe de l'AFCL me donna les plans du mécanisme d'éjection du sodium employé dans les tirs d'Aerobee.

Dès mon arrivée à Paris, Etienne Vassy organisa une réunion au CASDN (vers le 15 octobre 1957) où fut prise la décision de consacrer à des nuages de sodium les tirs des trois premières Véronique AGI, prévus alors en décembre 1958. En effet le matériel à embarquer était défini dans le détail par les plans américains que j'avais rapportés, il serait extrêmement bon marché, solide, simple, prouvé et ne nécessiterait aucun équipement électronique. Comme rien n'avait été prévu, aucune expérience un peu élaborée ne pouvait être disponible dans les délais. L'emport des nouveaux équipements de télémessure et télécommande développés par l'équipe de Pierre Blassel, Chef du Département Télécommande du CNET, fut maintenu comme essai technologique, et Blassel resta le chef de projet. Les objectifs scientifiques devaient être atteints au moyen d'équipements placés au sol, dont la conception et la responsabilité m'était confiée avec un crédit de 1,5 millions de francs (de l'époque, à peu près 150.000 francs d'aujourd'hui) débloqués par le CASDN.



Cône de Véronique contenant un "pot à sodium".

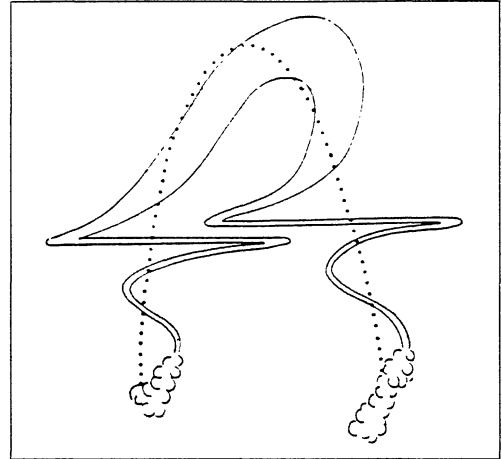
Je n'avais rien, pas même une chaise. Alfred Kastler eut la générosité de mettre à ma disposition un laboratoire de 6 x 4 m à côté de son bureau au Laboratoire de physique de l'ENS. Le CASDN m'introduisit à l'usine du Bouchet, qui accepta de fabriquer les "pots" de sodium. Un pot était un cylindre de fonte contenant un mélange d'aluminium et d'oxyde ferrique, fonte dans lequel étaient dispersés des nodules de sodium métallique. Mis à feu par un détonateur classique, le mélange brûlait et le sodium vaporisé s'échappait régulièrement. L'ingénieur Lagrange fut chargé du développement qui se déroula sans heurt. Le pot pesait 80 kg et contenait 10 kg de sodium : nous ignorions le rendement de l'éjection et donc la quantité nécessaire de sodium.

Grâce au Colonel Robert Genty, du CASDN, j'obtins l'affectation de deux militaires du contingent PDL, Paul Coutant, ingénieur au CEA, et surtout le premier à l'agrégation de physique en 1957, Claude Cohen-Tannoudji (qui a reçu le Prix Nobel de physique en 1997). Je recrutai cinq jeunes gens sous le prétexte de leur faire préparer un diplôme d'études supérieures, dont quatre normaliens (P. Delache, P.Y. Gal, P. Léna, F. Roddier) et Marie-Lise Lory, (plus tard Chanin) et un technicien, Fraysse, également payé par un contrat du CASDN.

Toutes les mesures devaient donc être effectuées au sol. La géométrie du nuage et son évolution pendant les vingt minutes que durerait l'expérience, seraient reconstituées par triangulation, à partir de quatre caméras OMERA capables de prendre chacune une centaine de photographies, disposées sur une base dont la longueur des côtés devrait dépasser 100 km. Des spectrographes montreraient que la composante visible principale serait du sodium. Le principe de la mesure de température était le suivant : quelques minutes après avoir été éjecté, le sodium serait en équilibre thermique avec l'atmosphère. La largeur spectrale de la raie de résonance émise par les atomes de sodium formant le nuage sous l'excitation de la lumière solaire ne dépendrait alors que de la température du milieu entourant le sodium, c'est-à-dire la température de l'atmosphère neutre locale. La mesure précise de cette raie, très fine (de l'ordre du dixième de nanomètre) se ferait par absorption dans des cuves remplies de vapeur de sodium, chacune créant une épaisseur optique différente ; c'était l'instrument que j'avais bâti à Madison et que la direction de mon laboratoire à l'Université de Wisconsin accepta de mettre à notre disposition. L'hypothèse principale était que la raie ne devait pas être élargie par la diffusion multiple de la lumière dans le nuage, c'est-à-dire que l'épaisseur optique du nuage (sa densité en sodium) devait être faible. Pour définir des zones d'épaisseur optique acceptable, deux mesures étaient prévues, le rapport des raies D1 et D2 de résonance, grâce à un interféromètre de Fabry et Perot, fourni par mon ami Georges Courtès, astronome à l'Observatoire de Marseille, et le taux de polarisation de la lumière réémise par un polarimètre développé par



La première expérience spatiale française de l'année géophysique internationale : découverte de la turbopause, sur un nuage de sodium créé par une fusée Véronique entre 90 à 140 km d'altitude le 10 mars 1959 à Hammaguir (Algérie).



Géométrie d'un nuage de sodium. En pointillé, trajectoire de la fusée.

A l'apogée : Expansion rapide du sodium, due à la diffusion moléculaire de rapidité proportionnelle à l'inverse de la densité atmosphérique.

Au milieu : Cisaillement dû à de forts gradients horizontaux de vent. En bas : La turbopause sépare la partie laminaire (lisse) du nuage de la portée turbulente (ressemble à un cumulus).

notre groupe. Le rassemblement ou la fabrication de ces équipements par quelques jeunes gens exigeait le soutien d'une base logistique solide comprenant un support administratif, un magasin et un atelier. Le tout allait nous faire défaut.

Du 15 au 20 juin 1958 une première mission à Colomb Bèchar me permit d'abord de faire connaissance avec le directeur du Centre Interarmées d'Etudes d'Engins Spéciaux (CIEES), le colonel Robert Aubinière, puis, grâce à lui, de définir l'implantation des sites d'observation des futurs nuages de sodium, formant un polygone d'environ cent kilomètres de côtés (Beni Abbès, Igli, CIEES-La Barga, CIEES-B1 Nord). Ils seraient synchronisés à la voix par un poste central relayé par les émetteurs récepteurs BLU (Bande Latérale Unique) en service dans l'Armée. C'est moi qui me chargerai de

commander les prises de vue simultanées pour les différents sites. Les équipements scientifiques autres que les caméras, seraient placés à La Barga, à l'entrée du CIEES. Je ne crois pas me tromper en affirmant que ma rencontre avec le Colonel Aubinière a eu des conséquences sur le développement de l'espace français et européen. Il était venu attendre à l'aérodrome militaire un professeur à la Sorbonne, qu'il imaginait un vieillard barbu comme Pasteur, et il vit arriver un galapiat aux cheveux en brosse, en manches de chemise, paraissant dix huit ans. Nous passons les soirées à discuter de l'avenir de l'espace. Ainsi se trouvaient réunis tous les soirs à la villa du Directeur les représentants des deux composantes qui allaient donner à la France le troisième rang dans l'espace mondial : un brillant colonel d'une armée dont les ambitions devaient se tourner vers la technique et l'avenir et un jeune produit du système universitaire français transformé par un an de séjour aux Etats-Unis. S'il m'accorda immédiatement un soutien complet pour l'accomplissement de ma mission, grâce aux puissants moyens dont il disposait (trois mille hommes au CIESS en 1960), les relations amicales qui s'établirent dès ce moment entre nous l'amèneront à me proposer lors de la fondation du CNES en 1961 comme directeur scientifique et technique, formant ainsi avec Michel Bignier l'équipe de direction qui devait imposer sa doctrine à la nouvelle Agence, doctrine qu'elle conserve encore bien qu'elle ait grandi de façon à devenir un des acteurs principaux de l'espace mondial. Quant à moi, je dois assurer que cette mission marque un tournant dans ma vie. Jusque là, mes patrons Alfred Kastler et Jean Coulomb voulaient que je me consacrasse à aider Anatole Abragam à mettre au point un instrument destiné à la mesure du champ magnétique terrestre, et, en plus, à dépanner Etienne Vassy englué dans le programme extrêmement opaque des fusées. Mais le CIEES me fit découvrir la possibilité de mettre au service de la science des moyens matériels énormes dans une problématique radicalement nouvelle. Comme je l'ai déclaré un jour, Hammaguir représentait le vingtième siècle dans toute sa splendeur. Il n'était plus question pour moi de laisser le programme spatial de la France dans des mains débiles ou des structures vermoulues. Tout en souhaitant continuer à aider Vassy, je le considérais comme trop fatigué, trop amer et trop peu influent pour mener un grand programme national.

Accablé par l'effort que représentait la préparation scientifique de trois tirs reposant entièrement sur mes épaules, j'avais compris que l'essentiel serait la création d'une structure administrative. Lors d'un congrès, sur je ne sais plus quel sujet, organisé à Gif par le CNRS en juin ou juillet 1958, j'exposai mes difficultés à

Notre envoyé spécial Jacques BERGEAL nous téléphone de Colomb-Béchar

J'ai vu lancer la première comète artificielle française à 19 h. 38

par les « Missiliers » du 1^{er} groupe français d'artillerie guidée au-dessus de la base secrète d'Hammaguir



- La fusée « Véronique » l'a emportée à 85 kilomètres au-dessus du Sahara
- Elle avait 40 km de long et brilla pendant 20 minutes

COLOMB-BÉCHAR, 11 mars. — A France a créé hier, au crépuscule, sa première comète artificielle. Sur une petite colline dominant l'entrée du désert, l'attente à 19 h. 38. A ces pieds, la nuit faisait de la palmeraie silencieuse un champ de grosses fleurs noires et l'ombre donnait à Colomb-Béchar un aspect de paysage lunaire. Le soleil se couchait au-dessus de la base secrète d'Hammaguir, sur le plateau de Hammaguir, dans le « CIP » (Centre d'Essais de Projections) français. Elle avait environ 40 kilomètres de long. Pendant vingt minutes, elle descendait, un instant avant de disparaître et d'être remplacée par la fusée française « Véronique ». Elle avait été lancée à l'ouest, à une distance de 400 kilomètres.

« L'œil » des radars U. S. — D'après des renseignements reçus par nos services, les radars américains, dans l'attente de la fusée française, ont pu observer la trajectoire de la fusée française et observer lui-même la comète artificielle.

Des hommes qui portent une comète d'or sur leurs revers de veste

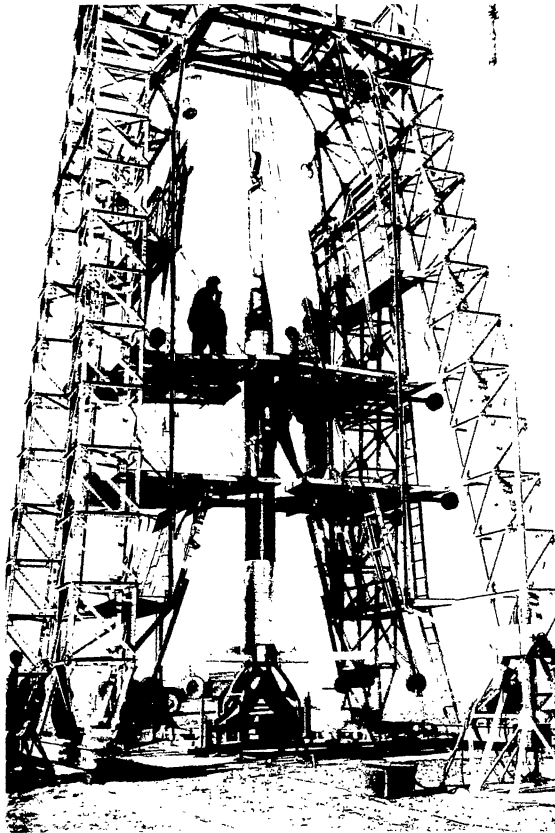
A la base d'Hammaguir, l'opération de lancement vient de se dérouler dans la perfection. Dans l'attente de la fusée « Véronique » avait été dressé un dispositif de lancement qui était relié à la base d'Hammaguir par un câble optique. Ce dispositif de tir permet de guider la fusée jusqu'à une altitude de 85 kilomètres. Les hommes de France sont ceux de la mission.

Le premier tir de « Véronique », qui a battu le record du monde de sa catégorie (250 km. d'altitude), quelques instants après la mise à feu.

Combat, 11 mars 1959, première page.
914

Article publié par Combat le 11 mars 1959 sur le lancement de Véronique la veille.

Messieurs André Danjon et Jean Coulomb, respectivement directeur de l'Observatoire de Paris et directeur général du CNRS, assis entre eux deux sur un canapé Louis XV. Une série de décisions furent prises sur-le-champ : le CNRS créerait un Laboratoire propre, qui devait devenir dès sa naissance, le Service d'Aéronomie du CNRS. L'aéronomie est l'étude des propriétés physiques et chimiques de la haute atmosphère, c'est-à-dire de la partie de cette atmosphère où l'action directe du rayonnement solaire est la source principale d'énergie, alors que la météorologie est l'étude de la partie de l'atmosphère à basse altitude, où la source principale d'énergie est le rayonnement de la Terre elle-même. Le domaine de l'aéronomie est donc relativement peu défini et l'on s'accorde habituellement à lui donner pour frontière inférieure la stratosphère vers dix à vingt km d'altitude. Le problème que se pose l'aéronomie est donc de connaître et de comprendre, en premier lieu,



Une fusée Véronique AGI sur la rampe de lancement à Hammaguir en 1960.

l'action chimique de l'énergie solaire, constituée de rayonnement électromagnétique et de particules énergétiques, sur l'oxygène et l'azote raréfié, puis, en second lieu, l'effet de cette action sur l'état et les mouvements de l'atmosphère. L'aéronome doit donc au moins connaître le soleil, la photochimie, les plasmas et la dynamique des fluides. A haute altitude, lorsque le rayonnement solaire n'a pas encore subi un début d'absorption, il contient tout un domaine ultraviolet de longueurs d'onde. Le rayonnement contenu dans cette partie du spectre étant très énergétique, dissocie toutes les molécules et crée ainsi un milieu chimiquement très actif. D'autre part, les particules accélérées par le soleil, protons et électrons, après interactions avec le champ magnétique terrestre bombardent la haute atmosphère, où elles sont absorbées, et modifient donc ses propriétés chimiques.

Dans notre esprit, le nouveau laboratoire propre serait l'inspirateur de la politique scientifique spatiale du pays. Il fallait un chef à ce laboratoire. Ce ne pouvait être moi, beaucoup trop jeune (trente et un ans), ni Vassy, mal vu par l'establishment sorbonique. J'essayai d'en recruter un : l'astronome Daniel Barbier me répondit qu'il n'utiliserait jamais de fusées françaises, car elles ne marcheraient pas ; Jean Bricard refusa pour cause d'ulcère à l'estomac ; Yves Rocard répondit qu'à mes projets il donnait la priorité zéro. Heureusement Alfred Kastler accepta d'être directeur du nouveau laboratoire, à condition que j'en soie le

directeur adjoint et fasse tout le travail, dont il n'avait pas le temps de se charger. J'ai conservé une lettre manuscrite du 22 juillet 1958, signée par Jean Coulomb, m'annonçant l'acceptation de Kastler.

La seconde décision prise sur le canapé fut de mettre à ma disposition cent vingt mètres carrés dans le bâtiment tout neuf du Service International de l'Heure, à peine terminé au fond du parc de l'Observatoire de Meudon, et que les occupants présumés n'étaient pas encore en mesure d'utiliser. Le transfert de mon groupe de l'ENS à Meudon se ferait après le tir.

La troisième décision fut d'ouvrir des postes CNRS pour le futur laboratoire, avec passage à l'acte immédiat

par l'embauche d'une secrétaire administrative. Tranquillisé par l'appui vigoureux que m'avaient apporté les deux grands chefs, je laissai d'août à octobre mes jeunes collaborateurs continuer la mise au point des instruments déjà bien avancés pour aller apprendre à l'Université de Minnesota la technique des ballons stratosphériques en polyéthylène, inventée par Jean Piccard au début des années 1950 avec l'appui de l'Office of Naval Research et transformée en outil d'exploration scientifique par Ed Ney et ses élèves. Je voyais dans les ballons, si on pouvait imiter les Américains en Europe, la possibilité de développer des véhicules peu coûteux qui, dans l'état de faiblesse de notre science atmosphérique et aéronomique, permettraient de préparer l'ère des satellites, et j'avais même réussi à convaincre (je le croyais) le sceptique Yves Rocard de l'intérêt d'un tel programme.



L'équipe scientifique de la campagne de mars 1959 à Hammaguir : de gauche à droite : assis au premier rang : J. Maguery, F. Roddier, P.Y. Gal ; debout au second rang : J. Blamont, C. Cohen-Tannoudji, J.P. Schneider, G. Courtès, M.L. Lory Chanin, P. Léna, P. Delache.

Pendant mon absence, malgré les qualités exceptionnelles de mon adjoint le jeune Cohen-Tannoudji, lucidité, connaissance de la physique, travail et courage, nos affaires tournèrent mal. Voici des extraits de la lettre que m'envoya Yves Rocard à Minneapolis le 14 septembre 1958, trois mois avant la date prévue des tirs.

"... Surtout veillez bien à vous assurer le maximum de locaux chez M. Danjon, parce que j'ai besoin de donner une priorité au laboratoire à d'autres affaires qu'aux vôtres.

Je ne demande pas mieux que de voir vous développer scientifiquement, mais surtout pas au détriment de

qui que ce soit. Vous avez le même genre de difficultés avec tout le monde [...] on est vaguement séduit par vos programmes mais une fois échaudé on se retire.

[...] Bonne chance avec les gens du Minnesota mais pour simplifier la situation, je renonce à proposer un programme de ballons.

J'ai bloqué à l'ENS l'accès du magasin et de l'Atelier aux gens de votre équipe tout en autorisant Pebay à résoudre sous sa responsabilité de petites questions qui lui serait soumises [...] Ceci pour avoir un contrôle et une limitation."

(Les passages soulignés l'ont été par M. Rocard)

Tel est le soutien dont disposait la science spatiale en France, dix mois après le lancement de Sputnik I. Je ne vois pas en quoi M. Rocard avait été "échaudé" puisque nous commençons à peine notre travail. Il nous fallut désormais aller acheter nos vis de 3 chez Touzard et Matignon, le quincaillier du coin. Que les gens qui se plaignent aujourd'hui de ne pas recevoir un appui suffisant des institutions telles que le CNES et le CNRS sachent que la manne qui leur est aujourd'hui dispensée a été engendrée dans la douleur par certains de leurs prédécesseurs !

La campagne de tirs de mars 1959 a marqué dans l'Histoire de l'espace. Trois Véronique à sodium furent lancées. Etienne Vassy et sa femme étaient présents avec une petite équipe. Mon groupe comptait douze jeunes gens dont mon ami l'astronome Georges Courtès entraîné dans cette aventure à son corps défendant. Cinq sont aujourd'hui membres de l'Académie des Sciences (Claude Cohen-Tannoudji, Georges Courtès, Pierre Lena, Marie-Lise Chanin – correspondante – et moi-même). L'un d'entre nous, le technicien Fraysse disparut le jour du premier tir, atteint d'une crise de démence et rapatrié d'urgence dans une camisole de force. Les destins sont divers dans les recherches spatiales : nous ne devenons pas tous fous de la même façon.

La préparation des tirs était confiée à trois ingénieurs allemands : Wolfgang Pilz, Nettersheim et un troisième dont je n'ai jamais su le nom, peut-être Karl Bringer. Comme je l'ai dit en constatant les cocoricos poussés par la presse française après la campagne "Véronique, un grand succès français... Comment se fait-il qu'on parlait allemand sur la rampe ?"

Le 9 mars, la première fusée n'atteignit que 33 km d'altitude, mais le 10 mars la deuxième forma un très beau nuage, entre 90 et 130 km, suivi d'un autre le 12 mars, de 90 à 180 km.

Deux résultats scientifiques furent atteints. D'abord une grande découverte, la démonstration que la haute atmosphère doit être découpée en deux zones, l'une depuis le sol jusqu'à environ 100 km d'altitude, où le mélange des constituants est total et la composition chimique constante, l'autre, au-dessus de 100 km où les constituants se sédimentent chacun selon sa propre loi barométrique, c'est-à-dire sa masse. La nouveauté était que la frontière entre les deux, qu'on a dès alors appelée turbopause, était très étroite, de l'ordre de la centaine de mètres. Disons qu'avec la mesure des vents, des paramètres définissant la turbulence et de la diffusion, la science de la dynamique de la haute atmosphère était créée. Quant à l'objectif principal des tirs, la détermination de la température, il n'était pas atteint parce que, nos instruments le montrèrent, le sodium projeté était beaucoup trop abondant et que le phénomène de diffusion multiple de la lumière augmentait artificiellement comme nous l'avions prévu la largeur de la raie émise. Les tirs avaient ainsi démontré que la méthode permettrait effectivement la mesure de la température, à la simple condition de diminuer la quantité de sodium éjectée. Il était facile d'y parvenir et, en fait, la méthode que nous adopterons consistera à éjecter un mélange de sodium, qui formera un nuage observable, et de potassium en faible quantité, donc créant un nuage optiquement mince, sur lequel nous déterminerons la température avec précision.



*L'équipe française pendant la campagne de septembre 1961 à Wallops Island.
De gauche à droite : Jacques Blamont, Georges Courtès, Marie-Lise Lory
(plus tard Chanin), Jean-Paul Schneider.*

L'importance scientifique de ces expériences amènera le Comité des Recherches spatiales, qui prend la suite du CASDN au début de 1959, à financer plusieurs campagnes de tirs à métaux alcalins, non seulement avec des Véronique mais aussi, à partir de 1961, avec la nouvelle famille de fusées sondes à combustible solide développée par Sud-Aviation sous l'impulsion du CNET, les Béliet, Centaure et Dragon. En février-mars 1960, trois Véronique à sodium sont lancées avec succès, puis, en juin, deux Véronique à sodium et deux Véronique emportant une charge d'explosif de 75 kg (18 et 220). Cette expérience met au point une nouvelle méthode de mesure de la température

utilisant les spectres de vibration et de rotation de l'oxyde d'aluminium, abondant dans le nuage lumineux ainsi créé.

Les éjections de divers produits, si elles avaient revêtu un intérêt scientifique inattendu, ne constituaient qu'une étape très modeste dans la conquête de l'espace. Dès le 22 mars 1960, je propose au Centre des Recherches Spatiales, d'une part avec Jean-Claude Pecker des expériences de physique solaire au moyen d'un pointeur à embarquer sur Véronique, et d'autre part le développement de fusées plus puissantes dites "Super Véronique", conçues dans des discussions avec l'ingénieur principal Jean Corbeau, du LRBA, et qui deviendra le Vesta, précurseur de Cora et Coralie futur second étage d'Europa I.

En juillet 1960, des éminences rejoignent le Comité Spatial du CASDN : André Danjon, Jean Coulomb, Maurice Roy, Pierre Marzin, Pierre Tardi, André Viaut... et Yves Rocard ! Il n'y a pourtant eu jusqu'à présent que des tirs de sodium. En novembre, le médecin général Henri Grandpierre, directeur du Centre d'Etudes et de Recherches de Médecine Aéronautique (CERMA) propose de placer un animal sur un tir de Véronique. Ce sera le "ratonaute" Hector du 21 février 1961.

L'année 1961 voit une rapide expansion de la méthode d'éjection. Non seulement trois campagnes sont organisées en février, juin et décembre avec des Véronique, des Béliet et des Centaure, simultanément à Reggan, Hammaguir et l'Ile du Levant, pour étudier l'extension spatiale des ondes de gravité découvertes sur les premiers nuages, mais surtout la NASA met à notre disposition une fusée à quatre étages Javelin, tirée de Wallops Island, qui permet d'étendre les mesures de température jusqu'à 400 km d'altitude, et des Aerobee tirées de Fort Churchill qui mettent en évidence la température élevée rencontrée dans la haute atmosphère lors de tempêtes géomagnétiques créées par l'activité solaire. Tout n'a pas été parfait et il ne faut pas croire que la manipulation des fusées sondes était de tout repos : pendant la campagne de juin 1961, deux Véronique sur trois ont échoué, toutes deux équipées d'explosif. La seconde tentative a failli mal se terminer lorsque avec l'agent technique du LRBA Bougrain, je découvre une fuite d'acide sur l'engin, alors que les sécurités ont été désarmées. On ne peut plus tirer... mais on ne peut non plus envoyer des hommes pour rendre la fusée inoffensive. Heureusement le sang froid de l'ingénieur allemand Nettersheim permet de trouver une solution "A Peenemünde, ça arrivait tout le temps... on réglait le problème à la mitrailleuse". Le Colonel Marchal se range à cette idée. Les dragons d'Abadla sont alertés, Charles Bigot mon adjoint et moi-même, dans un hangar

ouvert, à soixante mètres de la rampe, entendent les balles siffler dans le crépuscule au-dessus de nos têtes. La fusée touchée, brûle et tombe. Un mot de moi au mess fera le tour d'Hammaguir "La prochaine fois nous nous en tirerons à l'arme blanche...".

Les tirs de sodium deviennent un moyen de s'initier aux techniques spatiales pour les pays qui ont des ambitions dans ce domaine : ainsi après l'Argentine qui tire plusieurs Centaure à sodium en 1962-63 dans un effort brisé par la conjoncture politique ; ainsi surtout l'Inde pour laquelle nous lançons dès janvier 1964 plusieurs Centaure à sodium à Thumba, première base, équipée par le CNES, du sous-continent, puis, en 1967, au Pakistan. Les deux opérations entraînent d'importantes commandes de matériel français de la part de ces deux pays et l'organisation de stages en France pour des ingénieurs indiens qui grâce à eux créeront le lanceur de satellites SLV. Les recherches sur la température se poursuivent lors de plusieurs campagnes de 1962 à 1965, aboutissant à l'établissement du modèle international d'atmosphère du COSPAR. Enfin mon amitié avec Reimar Lüst, Professeur à l'Université de Munich, m'amène à lui proposer de placer sur des Centaure des éjecteurs de baryum qui ont l'intérêt de créer à la fois des atomes et des ions visibles par résonance optique, ce qui permet d'étudier la physique des ions atomiques dans le champ magnétique terrestre. L'expérience réussira(2), elle a connu depuis de nombreux prolongements et conserve aujourd'hui encore de l'actualité.

Ainsi, en peu d'années et avec des équipements dérisoires a été défrichée une zone de l'atmosphère (entre les altitudes de 90 à 300 km) que les satellites ne peuvent atteindre. Notre intérêt se porte maintenant vers des programmes plus diversifiés et beaucoup plus complexes techniquement, l'emploi des ballons, fabriqués d'abord à l'ETAG par les jeunes ingénieurs du Service d'Aéronomie et devenus opérationnels dès 1963 grâce encore une fois à l'aide du CASDN, celui de fusées sondes munies d'une capacité raisonnable de télémétrie qui nous permet d'attaquer le problème de l'hydrogène atomique dans l'atmosphère terrestre et celui de satellites aussi bien américains (les premières expériences françaises embarquées sur des satellites américains en 1965 sont des photomètres dévolus à l'étude des émissions du ciel nocturne) que français (Fr-1 et D -2), toutes expériences nées au Service d'Aéronomie.

Dépassant leur intérêt scientifique, l'importance des expériences d'aéronomie des années 1959-65 est double. D'une part une communauté scientifique a été formée. Non seulement les jeunes gens que j'ai déjà cités sont devenus plus tard les cadres de la recherche spatiale française, les Georges Courtès, fondateur et longtemps Directeur du Laboratoire d'Astronomie Spatiale de Marseille, feu Philippe Delache, Directeur de l'Observatoire de Nice, Pierre Léna, Professeur à l'Université de Paris VII et Responsable du DEA d'astronomie spatiale de Meudon, Marie-Lise Chanin, Directrice de Recherches au CNRS, inspiratrice de l'étude de la dynamique atmosphérique par lidar, mais aussi Charles Bigot, mon adjoint technique pendant trois ans à la Direction du Service d'Aéronomie avant de devenir Directeur des lanceurs au CNES puis finalement Président Directeur Général d'Arianespace, Jean-Marie Luton, Directeur Général de l'Agence Spatiale Européenne et aujourd'hui Président Directeur Général d'Arianespace, successeur de Charles Bigot, Roger Bonnet, Directeur scientifique de l'Agence Spatiale Européenne, et j'en passe. L'aéronomie étudiée par fusées sondes a été la discipline formatrice de ces hommes devenus les dirigeants de l'espace européen.

Et cependant l'impact principal des tirs Véronique est ailleurs. La campagne de mars 1959, a fait sortir de l'ombre les fusées du LRBA grâce à une extraordinaire couverture médiatique dont, je dois l'avouer, j'avais prévu l'impact en proposant le programme : j'affirmai alors que si l'expérience réussissait, elle serait vue à mille kilomètres de là. Je n'ai pas de doute qu'elle convainquit tous les décideurs en France que nous possédions des équipes assez fortes pour passer de la simplicité des fusées sondes à la complexité des lanceurs de satellites et des engins. Comme l'a dit le Général Aubinière "Il est certain que les premiers tirs de Véronique AGI ont fait bouger les choses". Dès le début de 1960 se manifeste un puissant intérêt chez les

grands dirigeants aussi bien civils que militaires pour la création d'une activité balistique et spatiale répondant aux ambitions du chef du gouvernement, alors que la conquête de l'espace s'accélère chez les grandes puissances. Mars 1959 marque le passage du temps des comités au temps des programmes.

En mai 1960 le Ministre des Affaires Etrangères et le Premier Ministre approuvent la coopération européenne à condition que le Comité Français des Recherches Spatiales en soit le leader. Le 10 octobre, le Ministre des Armées organise une réunion interministérielle afin de définir une participation plus importante des Armées au programme du Comité des Recherches Spatiales. Sont présents entre autres Pierre Guillaumat, Ministre d'Etat délégué pour la Recherche Scientifique, Pierre Piganiol, Délégué Général à la Recherche Scientifique et Technique, Pierre Auger, Président du Comité des Recherches Spatiales, le Général Lavaud, Chef d'Etat Major des armées, le Général Guérin, Président du CASDN, M. Blancard, Délégué Ministériel de l'Armée de l'Air, le Général Renault, Inspecteur des Fabrications et des Programmes des Armées, le Général Aubinière, Directeur de la DTIA... Tous les assistants sont convaincus que la mise au point d'un lanceur de satellites (dont le premier étage sera une extrapolation de la Véronique) est faisable à brève échéance. Blancard est chargé d'établir un rapport sur la question. Les ingénieurs de la SEREB (Société d'Etudes et de Recherches d'Engins Balistiques) Bernard Dorléac et Charley Attali se sont aperçus au début de 1960 que les véhicules d'essai nécessaires au développement des vecteurs de la force de frappe permettent de placer 50 kg sur une orbite circulaire de 300 km d'altitude. Et comme les ingénieurs de la SEREB aiment l'espace, ils poussent l'idée, qui convient au chef de l'Etat. C'est le futur Diamant. Pour en tirer parti, il faut une Agence. Et dans l'été 1961, le Président de la République, sur proposition de Pierre Auger, décide, dans un Conseil Ministériel, de créer le CNES.

En conclusion je voudrais reprendre une déclaration que j'ai faite à Philippe Varnoteaux et que j'ai retrouvée dans sa thèse, alors que je l'avais oubliée. Elle résume l'essentiel :

“Le CASDN, un petit groupe qui avait, par ses officiers un peu à part, financé cette affaire de Véronique AGI, l'a sortie de l'obscurité pour la projeter dans une lumière de sodium jusqu'au Général de Gaulle.”

RÉFÉRENCES

- (1) Jacques Blamont, *Alkali Metal Cloud Experiments in the Upper Atmosphere*, à paraître dans *The Century of Space Science*, 2000, Kluwer ed.
- (2) Jacques Blamont, *The Beginning of Space Experiments in Munich*, in *Topics in Plasma, Astro- and Space Physics*, a volume dedicated to Reimar Lüst, ed. Gerhard Haerendel and Bruce Battrock published by the Max-Planck-Institut für Physik und Astrophysik, Garching bei München, 1983, 161-164