

OLTRA Antoine
Université Toulouse Jean Jaurès
UFR Histoire, Arts et Archéologie
Master Histoire, civilisations, patrimoine 2ème année
Année universitaire 2017-2018

Les débuts du programme spatial français depuis les premières années du XX^e siècle jusqu'au début des années 50

Septembre 2018
Sous la direction de Monsieur Jean-Marc OLIVIER



OLTRA Antoine

**Les débuts du programme spatial français depuis
les premières années du XX^e siècle jusqu'au début
des années 50**

Septembre 2018
Sous la direction de Monsieur Jean-Marc OLIVIER

Remerciements :

Je tiens à remercier toutes les personnes et institutions qui m'ont permis de rédiger ce mémoire consacré aux premiers travaux en France dans le domaine des fusées et de l'aéronautique. Je remercie le Service Historique de la Défense de Vincennes de m'avoir permis de consulter un important fonds d'archives au sein de leurs locaux dans la salle de lecture Louis XIV.

Je remercie le service des archives départementales de la Haute-Garonne situé à Toulouse de m'avoir permis d'y consulter un autre fonds d'archives. Particulièrement Monsieur Pascal Gaste, qui a su me dénicher ce fonds d'archives.

Je remercie vivement Madame Floriane Germain de l'Observatoire de l'Espace du CNES situé à Paris, qui a eu la gentillesse de rassembler la collection Barré et plusieurs ouvrages qui s'y rapportent afin que je puisse les consulter au sein des locaux du CNES.

Merci aux personnels des bibliothèques de l'université Paul Sabatier et de l'Ecole nationale supérieure de l'aéronautique et de l'Espace de Toulouse pour m'avoir trouvé dans les réserves certains anciens ouvrages rédigés par des pionniers français.

Je remercie également mon directeur de recherche, Monsieur Jean-Marc Olivier, qui m'a largement inspiré le sujet de mon mémoire après discussion.

Un dernier remerciement pour mes camarades du parcours Histoire et patrimoine de l'aéronautique et de l'espace pour leur soutien et leur gentillesse au long de ces deux années de Master.

Introduction

En 1959, le journaliste français Louis Pauwels déclare « *la grande poésie est aussi dans la science et dans les machines. Ce sont les Français, on ne le sait pas assez, qui les premiers ont donné un nom et une forme au vieux rêve de s'éloigner de la Terre et d'aller explorer les autres planètes*¹ ». La France possède en effet un programme spatial, qui trouve ses racines dès le début du XX^e siècle, voire dès la fin du XIX^e siècle. Il est le fruit de nombreuses recherches, théories et expérimentations, nées sous la plume d'écrivains, dans la réflexion d'ingénieurs, scientifiques et techniciens. Ce programme spatial part d'un rêve, un vieux rêve de l'Humanité, qui trouve ses origines très loin dans le temps.

Ainsi le texte le plus ancien auquel est attribué le premier récit d'un voyage spatial fait partie d'une collection de cylindres d'argiles de la bibliothèque assyrienne du roi Assurbanipal. Le texte relate l'ascension du roi Etam en l'an 3200 avant Jésus-Christ. Roi qui monta « *si haut dans le ciel que terre et mer ne lui apparaissaient plus que comme un pain dans un panier*² ». Dans l'Antiquité, les romanciers grecs content eux aussi des voyages spatiaux à travers leurs œuvres. Il faut notamment citer l'exemple de Lucien de Samosate. Dans son œuvre *Histoires vraies* datée du II^e siècle après Jésus-Christ, il raconte l'histoire d'un navire qui vogue aux abords des colonnes d'Hercule. Le navire est alors emporté par un cyclone jusqu'à la Lune³. Cette œuvre est considérée par certains comme une des premières œuvres de science-fiction, notamment par l'écrivain français spécialiste de science-fiction Pierre Versins. Ce dernier répertorie *Histoires vraies* dans son *Encyclopédie de l'utopie, des voyages extraordinaires et de la science-fiction*, parue en 1972⁴.

Des siècles plus tard, ce rêve de voyage spatial se retrouve dans les écrits d'auteurs français. Par exemple Cyrano de Bergerac au XVII^e siècle. Il achève en 1649 un ouvrage publié en deux parties : *Histoire comique des Etats et Empires de la Lune* en 1656, et *Histoire comique des Etats et Empires du Soleil* en 1662. L'auteur y décrit le voyage qu'effectue son personnage, représentation de lui-même, vers la Lune et le Soleil. Y sont décrites huit techniques pour voyager vers l'astre lunaire et quatre pour voyager vers l'astre solaire. La plus connue est celle qui consiste pour le personnage à accrocher à sa ceinture des fioles contenant de la rosée. La chaleur du Soleil est alors censée transformer la rosée en vapeur et

¹ <http://www.ina.fr/video/CPF08008603>, 2016-10-03 11:08:26.

² Rapport de Jean-Jacques Barré, ingénieur militaire général de l'armement, cadre de réserve, Paris, « Fusées et satellites, instruments de la recherche spatiale ». Archives de l'Observatoire de l'Espace du CNES, Paris, fonds déposé par Bertrand Barré.

³ *Ibid.*

⁴ Pierre Versins, *Encyclopédie de l'utopie, des voyages extraordinaires et de la science-fiction*, Lausanne, L'Âge d'homme, 1972.

donc faire voler le personnage. L'auteur évoque également un procédé de fusées à poudre allumées successivement¹.

Dans la deuxième moitié du XIX^e siècle, d'autres auteurs français imaginent des histoires de voyages dans l'Espace. Ils rédigent des œuvres qui constituent un nouveau genre littéraire, la science-fiction. Le plus célèbre est Jules Verne. Il publie en 1865 *De la Terre à la Lune*, et sa suite *Autour de la Lune* en 1870. Dans ces deux œuvres, Verne conte le voyage d'un groupe d'hommes vers la Lune, ainsi que leur voyage de retour. Le voyage se fait à bord d'un obus aménagé tiré depuis le sol américain par un canon géant. D'autres ouvrages de science-fiction de sa part suivent, comme *Hector Servadac* en 1877, où il raconte le voyage à travers le système solaire d'un groupe de personnes emportées par une comète. Et dans *Les Cinq Cents millions de la Bégum* publié en 1879, l'auteur parle de l'utilisation d'un canon géant qui tire des obus à fusées².

L'écrivain Achille Eyraud raconte quant à lui un voyage spatial vers la planète Vénus, voisine de la Terre, dans son ouvrage au titre évocateur paru en 1865 *Voyage à Vénus*. Eyraud y propose un voyage en fusée, une nouveauté³. Dans son *Encyclopédie de l'utopie, des voyages extraordinaires et de la science-fiction*, Pierre Versins considère l'idée d'Eyraud comme une première⁴. Les auteurs français de science-fiction ne sont cependant pas les seuls à décrire de telles aventures. L'auteur britannique H. G. Wells par exemple propose dans son œuvre *Les premiers hommes dans la Lune* de 1901 un voyage vers la Lune, ainsi que la découverte d'une civilisation vivant dans les souterrains de l'astre lunaire⁵.

Les auteurs comme Eyraud voient la fusée comme l'engin idéal pour effectuer des voyages spatiaux. Le futur leur donne raison, mais avant que les ingénieurs français et étrangers ne s'intéressent à cet engin pour les possibilités qu'il offre dans le domaine spatial, la fusée avait une toute autre utilité. Il faut remonter dans la haute Antiquité pour l'invention des fusées volantes. D'abord simples accessoires de spectacles pyrotechniques et donc de feux d'artifice, les fusées sont rapidement utilisées comme des engins de guerre⁶. La fusée est introduite en Europe au XIV^e siècle par les Arabes, qui la rapportent eux-mêmes de

¹ https://www.esa.int/fre/ESA_in_your_country/France/Les_grands_noms, 2017-02-02 10:46:22.

² *Ibid.*

³ http://www.lesia.obspm.fr/perso/jacques-crovisier/JV/eyraud_venus.html, 2017-03-14 11:35:

⁴ Pierre Versins, *Encyclopédie...*, *op cit.*

⁵ Jacques Villain, *L'aventure millénaire des fusées*, Paris, Presses Pocket, 1993, coll. Explora, n°3620.

⁶ Rapport de Jean-Jacques Barré, chef de l'escadron d'artillerie, « Auto-propulseurs et propulseurs à tuyères aéro-thermiques, contribution à l'études des projectiles-fusées », 01/1945. Archives de l'Observatoire de l'Espace du CNES, Paris, fonds déposé par Bertrand Barré.

Chine¹. La fusée est utilisée comme engin incendiaire notamment à partir du XV^e siècle, comme par exemple au siège de Constantinople en 1453².

En France, les premières traces d'utilisation militaire de la fusée remontent également au XV^e siècle³. Ainsi lors de la guerre de Cent ans, l'un des compagnons de Jeanne d'Arc, Dunois, emploie des fusées incendiaires lors du siège de Pont-Audemer en 1449. Au XIX^e siècle, c'est lors de la guerre de Crimée que les troupes françaises emploient à nouveau des fusées de guerre, lors du siège de Sébastopol en 1855. Ils y utilisent des fusées chargées de quarante kilogrammes de poudre et capables d'atteindre une portée de 7000 mètres. Toujours au XIX^e siècle en Europe, les voisins de la France ont eux aussi recours aux fusées dans le cadre de la guerre. Par exemple le Britannique William Congreve les emploie en 1806 pour bombarder le Camp de Boulogne et en 1807 lors du siège de Copenhague où un tir de 40000 fusées force la flotte danoise à capituler. Enfin les Prussiens utilisent également des fusées contre la France lors de la guerre de 1870⁴.

En dehors de son utilisation militaire, la fusée demeure un objet de fantasmes du point de vue scientifique et surtout spatial. Jusqu'aux années 1920, peu de scientifiques osent aborder le sujet au risque de subir des moqueries. Les voyages spatiaux et les engins à réaction du type fusée restent donc du domaine de la littérature⁵. L'apparition d'une nouvelle science va permettre le développement de réflexions sérieuses quant à la fusée et aux possibilités qu'elle pourrait offrir, que ce soit dans le domaine militaire ou dans le but d'organiser le premier voyage spatial. Une nouvelle science qui peut trouver son origine dans une citation d'Isaac Newton : « *à l'action s'oppose toujours une réaction égale et opposée [...]. Tel est le principe qui permettra aux hommes des siècles futurs de voler un jour jusqu'aux étoiles*⁶ ».

Cette science, qui ne sera baptisée que bien plus tard en France, voit ses bases établies par un théoricien russe du XIX^e siècle, du nom de Konstantin Edouardovitch Tsiolkovski,

¹ Jacques Blamont, *Les débuts de la recherche spatiale française : au temps des fusées-sondes*, E-dite, 2007.

² Jacques Villain, *L'aventure...*, *op cit.*

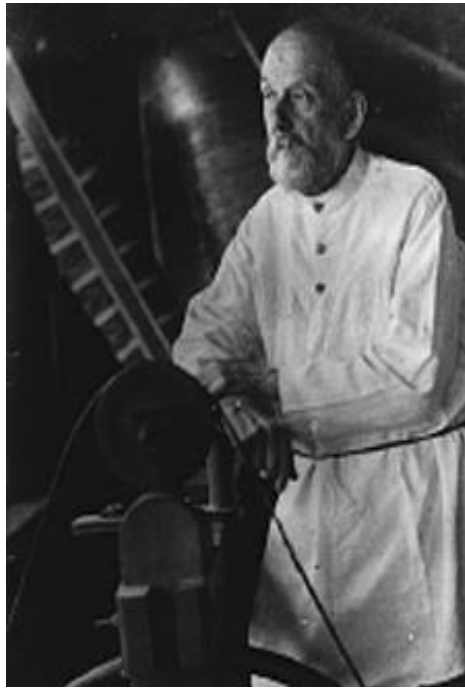
³ Jacques Blamont, *Les débuts de la recherche...*, *op cit.*

⁴ Rapport de Jean-Jacques Barré, chef de l'escadron d'artillerie, « Auto-propulseurs... », *op cit.*

⁵ Philippe Varnoteaux, La naissance de la politique spatiale française, *Vingtième siècle, revue d'Histoire*, 2003, n°77.

⁶ Rapport de Jean-Jacques Barré, ingénieur militaire général des fabrications d'armement, « Historique des études françaises sur les fusées à oxygène liquide », 1961. Archives de l'Observatoire de l'Espace du CNES, Paris, fonds déposé par Bertrand Barré.

né le 17 septembre 1857 et décédé le 19 septembre 1935¹ Grand connaisseur en mathématiques, physique et technologie, il s'intéresse en parallèle de sa fonction d'instituteur aux moyens de locomotions aériens. Il lit les œuvres de Jules Verne, qui l'inspirent pour ses recherches. Il s'essaye d'ailleurs à l'écriture d'histoires de science-fiction en y introduisant des éléments de la science et de la technologie, avec par exemple *Fantaisies de la Terre et du Ciel* en 1895 et *Au-delà de la Terre* en 1920².



Portrait de Konstantin Tsiolkovski ©
Collection Museum K. E. Tsiolkovski,
Kalouga, Russie

A la suite de premiers travaux sur des ballons dirigeables et des planeurs, il s'intéresse aux fusées et à l'exploration spatiale. Il étudie nombre de sujets qui sont la base de l'aéronautique. Il fait des recherches par exemple sur la vitesse d'évasion, vitesse minimale qu'un objet doit atteindre afin de pouvoir s'arracher à l'attraction terrestre. Egalement des recherches sur les propergols. Un propergol est un mélange de comburant et de combustible, les ergols, et qui permet au moteur d'une fusée de développer une force de propulsion. Selon Tsiolkovski, il vaut mieux employer des propergols liquides plutôt que des propergols solides comme la poudre. Il préconise d'ailleurs le mélange oxygène liquide et hydrogène liquide³.

¹ <https://www.nasa.gov/audience/foreducators/rocketry/home/konstantin-tsiolkovsky.html> 2017-07-13 22:46:49

² <https://www.universalis.fr/encyclopedie/konstantin-edouardovitch-tsiolkovski/>, 2016-10-04 15:44:02

³ *Ibid.*

Le Russe est aussi un précurseur dans le domaine des souffleries, installations utilisées pour étudier l'écoulement de l'air sur un corps. Il fait d'ailleurs construire la première soufflerie russe en 1897. En 1903, Tsiolkovski publie ses premiers travaux sous le titre *Exploration des espaces cosmiques par des engins à réaction*. Il y développe notamment des équations mathématiques dont la formule qui porte son nom, qui établit la relation entre la vitesse de la fusée, la vitesse du gaz à la sortie et la masse de la fusée et de son propulseur¹. Il demeure avant tout un théoricien et ne se livre pas à des expériences pratiques. Les idées développées par Tsiolkovski inspirent par la suite les pionniers de la nouvelle science des engins spatiaux, notamment les Français. Le Russe imagine d'ailleurs des concepts repris par ces mêmes Français, comme l'idée des satellites artificiels, des stations spatiales orbitales, des fusées à étage. Egalement l'idée de créer une gravité artificielle par la mise en rotation du vaisseau spatial. Tsiolkovski a également des projets concernant l'industrialisation de l'Espace et l'exploitation de ses ressources².

Les pionniers du futur programme spatial français vont s'inspirer, pour élaborer leurs travaux, des auteurs de science-fiction et des théoriciens comme le Russe Tsiolkovski. Il s'agit donc de découvrir qui sont ces pionniers, dans quelles conditions ont-ils réalisé ou tenté de réaliser leurs projets de recherches. Il faut savoir quels moyens, financiers, humains et matériels ils ont pu avoir à disposition. Quels sont donc les travaux qui constituent la base de l'actuel programme spatial français. Voir aussi le rôle de certains Français dans la diffusion auprès du grand public de cette nouvelle science. Il faut comparer de temps à autre les études des pionniers français avec celles des pionniers allemands, qui jouent eux aussi un rôle dans l'émergence de la science des engins spatiaux. Il s'agit notamment de s'attarder en particulier sur un engin allemand en particulier, qui va inspirer certaines fusées françaises d'après-guerre.

En parlant de la guerre, il faut voir ce que les ingénieurs français ont pu réaliser durant la Seconde guerre mondiale malgré la défaite de 1940 et l'Occupation qui en découle. Au lendemain de la guerre, des centaines d'ingénieurs et techniciens allemands sont recrutés par la France pour se reconstruire et surtout lancer des projets de fusées. Il sera donc intéressant de voir comment ce recrutement s'est effectué, qui l'a permis et quelles structures ont accueilli ces recrues particulières. Il y aura une distinction à faire entre les fusées à vocation scientifique et les fusées à vocation militaire. Enfin il s'agira d'étudier quelles structures sont

¹ Jacques Villain, *L'aventure...*, *op cit.*

² <https://www.universalis.fr/encyclopedie/konstantin-edouardovitch-tsiolkovski/>, *op cit.*

mises en place afin de lancer véritablement le futur programme spatial français, et sur quelles réalisations, notamment les engins, les Français vont pouvoir s'appuyer pour atteindre l'Espace et faire de la France une puissance spatiale. Bien sûr, les réalisations françaises sont marquées et par des réussites, et par des échecs.

D'un point de vue historiographique, l'Histoire du programme spatial français s'inscrit dans une historiographie contemporaine. Une historiographie marquée par une grande diversité de sources. Un mouvement lancé par la création de l'École des Annales en 1929 par Marc Bloch et Lucien Febvre. L'essentiel est alors le rapport de l'historien à son objet de recherche. Selon Febvre, « *l'historien, qui ne va pas rôdant au hasard à travers le passé, comme un chiffonnier en quête de trouvailles, mais part, avec, en tête, un dessein précis, un problème à résoudre, une hypothèse de travail à vérifier. [...] Elaborer un fait, c'est construire* ». La diversité des documents est alors reconnue aux dépens des seuls textes conservés dans les dépôts d'archives. Selon Bloch, « *l'incompréhension du présent naît fatalement de l'ignorance du passé. Mais il n'est peut-être pas moins vain de s'épuiser à comprendre le passé, si l'on ne sait rien du présent*¹ ».

Les Annales permettent donc une diversification des sources. Ce qui fait leur spécificité et leur force, c'est également leur ouverture aux différentes sciences de l'Homme. Elles privilégient une Histoire économique et sociale contrairement à l'Histoire dominante qui accorde plus d'importance aux enjeux politiques. Elles critiquent donc l'Histoire politique, qui se réduit à dérouler des événements. L'Histoire des Annales valorise les questions posées. Febvre dit d'ailleurs que l'Histoire est « *une science des problèmes à poser* ». L'équipe des Annales appelle à une ouverture documentaire au-delà des sources écrites. Une volonté qui reste d'actualité puisque l'élargissement documentaire n'en finit plus. Aujourd'hui, tout peut constituer une source, comme les vestiges archéologiques, les photographies, les graffitis, les archives orales et audiovisuelles par exemple².

Il y a une importance des sources orales. Dans son *Historiographie* de la collection *Que sais-je* en 1981, Charles-Olivier Carbonell parle de l'importance du discours, de « *l'histoire du discours [...] que les hommes ont tenu sur le passé, sur leur passé*³ ». Une importance que se traduit dans l'Histoire contemporaine. Dans les années 1950 et 1960, c'est une Histoire économique et sociale qui s'affirme, Histoire sociale quantitative et statistique.

¹ Philippe Poirrier, *Introduction à l'historiographie*, Paris, Belin, 2009, coll. Belin atouts, Histoire.

² Nicolas Offenstadt, *L'historiographie*, Paris, Presses universitaires de France, 2017.

³ *Ibid.*

Il y a une certaine importance du rôle des acteurs sociaux. Les historiens prônent alors une approche centrée sur la notion d'interaction. L'Histoire sociale se caractérise désormais par une meilleure prise en compte du rôle des acteurs. Cela se retrouve dans l'Histoire du temps présent, qui constitue une Histoire où les acteurs sont toujours en vie¹.

Deux balises existent dans ce type d'Histoire : la durée d'une vie humaine et la frontière entre le moment présent et l'instant passé. Une pratique historique dont la légitimité est renforcée par la création en 1978 de l'Institut d'Histoire du temps présent (IHTP). Les historiens du temps présent ont accordé dès le début une attention particulière aux événements traumatiques de l'Histoire européenne du XX^e siècle. Une Histoire sous surveillance des témoins vivants. Les historiens y préfèrent donc les sources orales car elles permettent un dialogue entre l'historien et le témoin. Elles permettent aussi de combler les lacunes des sources écrites et de résoudre des problématiques que les sources écrites ne peuvent résoudre elles-mêmes².

Les sources orales permettent aussi de résoudre la question de l'accès aux archives. En effet pendant longtemps, cette question est mise en avant pour souligner l'impossibilité de travailler sur les périodes les plus récentes. Depuis la loi du 3 janvier 1979, l'accès aux archives se fonde sur un délai trentenaire³. Par exemple au Service historique de la défense de Vincennes (SHD), la consultation de certains fonds d'archives sur les fusées et missiles français est soumise à une demande de dérogation et à un délai d'attente de plusieurs dizaines d'années. Les historiens du temps présent bénéficient tout de même d'une masse d'archives facilement accessibles. Les sociétés contemporaines fabriquent des documents de toutes sortes qui sont autant de sources pour les historiens. Dès lors c'est la pluralité des sources plutôt que l'absence de sources qui doit interroger le chercheur. Il faut donc croiser les sources écrites et orales et faire leur critique. Les archives ne sont rien sans leur questionnement, leur recoupement, la hiérarchisation des faits et la contextualisation élaborées par l'historien⁴.

Avec le début des années 1980, il y a un essoufflement de l'édition, moins de livres sont produits, ce qui limite alors la diffusion de l'Histoire et de certaines sources. La lecture devient plus fragmentée. Dans *L'édition en Histoire : anatomie d'une crise*, publié en 2005

¹ Philippe Poirrier, *Introduction...*, *op cit.*

² *Ibid.*

³ *Ibid.*

⁴ *Ibid.*

aux éditions *Vingtième siècle*, Sophie Barluet déclare « *on lit désormais comme on circule sur Internet : de manière éclatée et dispersée* ». L'Histoire reste tout de même l'un des genres les plus lus, mais cela concerne surtout des ouvrages de connaissances courts. Les revues scientifiques jouent un rôle important dans la diffusion des acquis de la recherche, avec des revues de vulgarisation comme *L'Histoire*¹.

L'Histoire est également transmise par les médias audiovisuels. A la radio par exemple avec *Les lundis de l'Histoire*, émission animée par Jacques Le Goff, Denis Richet et Pierre Sipriot à partir de 1968. Les trois animateurs y passent en revue les publications les plus récentes. La télévision joue aussi un rôle dans cette diffusion avec des émissions comme *Histoire parallèle*, présentée par Marc Ferro sur la Sept puis Arte de mai 1989 à juin 2001, ce qui représente environ 630 numéros. Il faut aussi citer la chaîne *Histoire* qui démarre en 1997 sur TPS, avant d'être reprise par TF1 en 2004. Une chaîne qui compte 4.5 millions d'abonnés. Les docu-fictions jouent aussi un rôle, avec des exemples comme *L'Odyssée de l'espèce* en 2003, et des feuilletons comme *Thierry la Fronde* en 1963 et *Jacquou le Croquant* en 1969².

L'Histoire des origines du programme spatial français s'inscrit plus précisément dans une Histoire militaire, puisqu'avant de devenir des engins pour la conquête de l'Espace et pour aider à la compréhension de ses phénomènes, les fusées sont avant tout conçues comme des engins à vocation militaire. L'Histoire militaire se concevait avant comme une Histoire de stratégie et de tactique. Les batailles et combats sont étudiés et analysés d'un point de vue d'ensemble, surtout celui du commandement. Les historiens s'intéressent donc aux objectifs des batailles, à la réalisation des opérations, à l'évaluation du résultat, donc savoir si une bataille est gagnée ou perdue, si elle est décisive ou non³.

Un type d'Histoire militaire qui se relie à une historiographie institutionnelle et politique. L'historien s'intéresse donc à l'Histoire « d'en haut », donc aux grands décideurs dans les cabinets de guerre, ou au commandement sur le champ de bataille. Une grande place est souvent accordée aux institutions et est souvent écrite par les militaires et d'anciens militaires devenus historiens⁴. La nouvelle Histoire bataille est plus attentive à une histoire de la guerre vue d'en bas, donc des soldats avec leur expérience du combat, leurs pratiques,

¹ Philippe Poirrier, *Introduction...*, *op cit.*

² *Ibid.*

³ Nicolas Offenstadt, *L'historiographie...*, *op. cit.*

⁴ *Ibid.*

leur manière de faire et de ressentir la guerre. Les historiens tentent alors de comprendre les motivations des combattants, leur comportement au combat comme les gestes techniques, les sentiments, les réactions psychologiques comme la peur, l'exercice de la violence. Les historiens valorisent donc les sources produites par les soldats eux-mêmes comme les lettres, les carnets¹.

L'Histoire du programme spatial français dispose de sources très diversifiées. Il y a bien sûr des sources écrites, comme des ouvrages rédigés par des historiens spécialistes du sujet. Des ouvrages qui couvrent la plupart du temps les événements qui surviennent à partir de la Seconde guerre mondiale. La naissance et la mise en place de la science des engins spatiaux, et donc les premières études françaises sont souvent occultées, ou alors présentées sous la forme de courts résumés. Il est donc souvent plus aisé de dénicher des ouvrages qui relatent les événements liés à la conquête spatiale au cours des années 1940 et 1950 que durant les décennies précédentes. Les titres des ouvrages ont souvent comme première borne chronologique 1945, donc la fin de la Seconde guerre mondiale.

Toutefois il est possible d'y trouver des sous-chapitres consacrés aux expérimentations françaises effectuées avant la guerre, sous-chapitres qui montrent bien que la France ne part pas de rien au moment de lancer son programme spatial. Certains ouvrages sont rédigés par les pionniers eux-mêmes, mais ce sont des ouvrages souvent très techniques qui se destinent à un public averti. Mais certains chapitres peuvent être tout public, notamment ceux qui décrivent les projets de voyages spatiaux, les problèmes que cela soulève et les moyens à mettre en œuvre pour y parvenir. Certains organismes spécialisés comme l'Association aéronautique et astronautique de France (3AF) proposent des articles sur Internet concernant certains pionniers français dont les travaux sont la base du programme spatial français.

Les sources peuvent aussi être des articles de journaux d'époques, ou des archives audiovisuelles comme des interviews d'acteurs de cette naissance du programme spatial français. Il peut y avoir des comptes-rendus de conférence sur des sujets qui y sont liés, des procès-verbaux d'essais de moteurs ou d'engins. Certaines archives sont d'ordre militaires car issues d'organismes de l'armée, comme les archives du SHD de Vincennes. Le Centre national d'études spatiales (CNES) et le musée de l'Air et de l'Espace du Bourget proposent également des archives consacrées à des pionniers français. Enfin il y a des articles de revues,

¹ Nicolas Offenstadt, *L'historiographie...*, *op cit.*

accompagnés de photos. Il faut signaler le problème de l'accès à certaines archives militaires. Comme le dit Gérard Bossuat, professeur d'Histoire à l'université de Cergy-Pontoise et spécialiste des relations franco-allemandes d'après-guerre, « *la dispersion des archives et leur fréquente classification militaire empêchent encore d'avoir une vision complète*¹ ».

Dans les ouvrages consacrés au sujet, les auteurs parlent de l'importance des sources orales et de la difficulté de dénicher des sources écrites. Souvent, les ingénieurs se débarrassaient des archives une fois qu'une expérience est achevée, n'imaginant pas qu'elles pourraient être susceptibles d'intéresser à l'avenir. C'est ce que fait remarquer l'ancien directeur général du CNES Michel Bignier à Philippe Varnoteaux dans l'ouvrage de ce dernier, *L'aventure spatiale française, de 1945 à la fusée Ariane*. Il déclare « *on ne pensait pas qu'un jour des historiens s'intéresseraient à nos recherches !*² ». Roger Marguet, ancien ingénieur à l'Office national d'études et de recherches aérospatiales (ONERA) ajoute dans le même ouvrage « *nous n'avions pas l'impression d'écrire l'histoire. Après une étude, on jetait tout !*³ ». Varnoteaux précise d'ailleurs dans son livre qu'un autre problème du manque de sources écrites provient du fait que « *beaucoup d'acteurs n'ont pas écrit leurs Mémoires*⁴ ».

Si Varnoteaux se réjouit que « *ces dernières années, les publications sur les fusées françaises se sont multipliées, notamment sous l'impulsion de l'Institut français d'Histoire de l'Espace (IFHE) et l'Association aéronautique et astronautique de France (3AF)* », il accorde une grande importance aux témoignages. Il déclare en effet « *les témoignages occupent ainsi une place particulière. Les réflexions des uns ou les analyses des autres ont rendu, je l'espère, l'analyse plus vivante, plus humaine et, dans certains cas, elles ont apporté des informations que l'on ne retrouvera nulle part dans les archives. Cependant, à chaque fois qu'il a été possible de le faire, les témoignages ont été confrontés entre eux et/ou avec des documents écrits lorsque ceux-ci existaient. La fragilité des sources orales ne doit pas être oubliée*⁵ ».

¹ Vincent Nouzille et Oliver Huwart, Comment la France a recruté les savants de Hitler, *L'Express*, n°2498, 1999.

² Philippe Varnoteaux, *L'aventure spatiale française, de 1945 à la naissance d'Ariane*, Paris, Nouveau Monde Editions, 2015, coll. Histoire des sciences.

³ *Ibid.*

⁴ *Ibid.*

⁵ *Ibid.*

Pour voir qui sont les premiers acteurs de l'ancêtre du programme spatial, quels sont leurs travaux, leurs moyens, leurs infrastructures, leurs méthodes, tout ce qui est à l'origine du lancement du programme spatial français, il faut faire une analyse en trois parties. Dans la première partie, il est question des premiers pionniers français, de leurs idées, leurs études théoriques et pratiques, quels sont leurs soutiens et moyens alloués, le débat entre les fusées militaires et les fusées scientifiques. Il faut comparer avec les études de leurs homologues allemands, qui progressent plus vite en raison de plusieurs facteurs. La volonté de promouvoir le voyage spatial auprès du plus grand nombre est aussi à analyser. Dans la deuxième partie, il faut voir quelles études les Français peuvent mener alors que la France est occupée par les Allemands en raison de la défaite de 1940. Et donc aussi voir à quoi ont mené les études allemandes, plus avancées. De ce fait, les ingénieurs et techniciens allemands ainsi que leurs engins et études attirent la convoitise des Français, qui se lancent dans une campagne de récupération de matériel allemand et dans le recrutement de ces individus. Avec la Libération, les essais d'engins français en vol peuvent débuter.

Enfin dans la troisième partie, il sera question des nouvelles infrastructures françaises, des nouvelles réalisations et surtout des engins qui vont permettre à la France de se rapprocher toujours plus près de l'Espace. Dans le même temps, les Français continuent leur entreprise de vulgarisation de la science des engins spatiaux. Cette dernière partie s'achève en 1952, une date symbole puisque le dernier grand pionnier français cesse malgré lui ses expérimentations alors qu'en parallèle, des ingénieurs français testent en vol la première fusée française qu'il serait possible de qualifier de fiable, et qui surtout permet à la France de franchir un grand pas dans le domaine spatial.

Première partie : naissance de l'astronautique française et premières expérimentations

Chapitre 1 : une nouvelle forme de science, l'astronautique

I. Les premières expérimentations françaises

A. La fusée, engin remis à l'honneur

A partir du début du XX^e siècle, une nouvelle discipline scientifique voit le jour. Cette discipline et science émergente, c'est l'astronautique. Celle-ci peut être définie comme étant l'ensemble des sciences, des techniques et des activités humaines rendant possible les vols spatiaux, ou rendues possibles par ceux-ci. L'astronautique et tout ce qui s'y rapporte, comme il a été vu en introduction, est d'abord évoquée dans les textes d'auteurs, et ce depuis l'Antiquité. Puis ce sont notamment les auteurs de science-fiction et principalement des auteurs français qui ont popularisé le concept d'astronautique.

Pour certains de ces initiateurs de l'astronautique, la fusée apparaît rapidement comme le fer de lance de cette science. C'est cet engin qui doit permettre aux hommes d'atteindre les astres. Cependant, la fusée est tombée en désuétude en France depuis la seconde moitié du XIX^e siècle. Pourtant peu après la défaite française face à la Prusse lors de la guerre de 1870, des études sur des fusées de guerre expérimentales sont menées à l'Ecole Centrale de Pyrotechnie de Bourges (ECP)¹. Cette école militaire se situait précédemment à Metz, où elle fut ouverte en 1824². Il faut ajouter qu'une commission existait déjà à Vincennes depuis 1810 et dont le but était d'étudier différents types de fusées³. Rapidement, les grands progrès faits dans le domaine de l'artillerie et donc des canons entraînent l'arrêt des études sur les fusées en 1872. En effet, le 8 juillet 1872, le ministre de la Guerre français décide qu'il n'y a pas lieu de conserver les fusées de guerre dans l'arsenal français⁴.

Durant la décennie suivante, les fusées sont à nouveau étudiées en France, mais pas dans un but militaire. Ceux qui les expérimentent ont pour objectif d'améliorer la poussée

¹ Philippe Varnoteaux, *L'aventure spatiale...*, op cit.

² Alexandre Ananoff, *Des premières fusées au V2 : quelles seront les utilisations pacifiques des fusées*, Paris, Elzévir, 1947, coll. Problèmes n°14.

³ Jacques Blamont, *Les débuts de la recherche...*, op cit.

⁴ Philippe Varnoteaux, *L'aventure spatiale...*, op cit.

des moteurs de divers véhicules. Ainsi le 3 août 1886, le Français Just Buisson et son ami le Roumain Alexandru Ciurcu réalisent des essais sur la Seine avec un bateau propulsé par moteur-fusée. Cela se solde par un succès, les deux inventeurs envisagent de ce fait l'idée que de tels moteurs pourraient être utilisés pour propulser des engins volants. Le 16 décembre de la même année, ils effectuent un essai similaire, à nouveau sur la Seine. L'essai se solde non seulement par un échec mais aussi par un drame puisque Buisson est tué au cours de l'essai. Cet événement marque la fin de cette étude¹.

En 1887, un autre moteur-fusée est testé à Sevran sur un véhicule monté sur rails. Là aussi, l'étude n'ira pas plus loin. De manière plus théorique entre 1883 et 1884, l'ingénieur français Alphonse Beau de Rochas, connu pour son invention du cycle moteur à quatre temps en 1862, imagine et dépose le principe de propulsion par réaction. Seulement il envisageait alors son utilisation pour les trains et navires, et non pas pour les machines volantes².

Il faut attendre la Grande Guerre pour que l'armée française daigne s'intéresser à nouveau aux fusées. En effet au cours du conflit, des militaires français emploient en de rares occasions des fusées incendiaires contre l'ennemi. Cette initiative est due au lieutenant Yves Le Prieur. Il étudie alors la possibilité de monter des fusées incendiaires sur des avions afin de les tirer en vol sur une cible aérienne. C'est au cours de la bataille de Verdun que le lieutenant teste ses fusées pour la première fois. Le 22 mai 1916, alors que les troupes au sol se préparent à reprendre le fort de Douaumont tombé aux mains des Allemands, une petite escadrille de Nieuport menée notamment par Charles Nungesser parvient grâce aux fusées incendiaires à abattre six ballons d'observation allemands « Drachen ». Au total, quatorze Drachen seront détruits au cours de la bataille³.

Le 29 juin de la même année, toujours à l'aide des fusées Le Prieur, une autre escadrille réalise une attaque air-sol contre un grand bivouac ennemi et provoque un important incendie. Ces succès valent à Le Prieur d'être félicité en personne par le président de la République Raymond Poincaré⁴. Les fusées en elles-mêmes sont fixées sur l'appareil et sont mises à feu électriquement. Le pilote peut les tirer simultanément ou par bordées. Les roquettes sont équipées d'un propulseur chargé de 200 grammes de poudre noire. Elles portent à l'avant un cône de pénétration en bois, lui-même équipé d'une lame de couteau

¹ <https://www.universalis.fr/encyclopedie/espace-conquete-de-l-des-pionniers-a-la-fin-de-la-guerre-froide/> 2016-10-14 16:39:02

² *Ibid.*

³ https://www.emia54.fr/images/actualites/Centenaire_des_-fusees_LE_PRIEUR.pdf 2017-08-28 18:56:28

⁴ *Ibid.*

triangulaire. Une fois que la roquette a pénétré l'enveloppe du Drachen, elle provoque l'incendie de celui-ci grâce aux jets de gaz incandescents qui jaillissent de l'arrière de la fusée¹.



Le commandant Le Prieur présente au président de la République Raymond Poincaré son système de fusées montées sur avion, Verdun 1916 © CNES, collection Barré

Les propulseurs des fusées sont fabriqués par la Maison Ruggieri, entreprise française créée en 1739 et dont la spécialité est à l'origine la conception de spectacles pyrotechniques². Finalement malgré ces succès, les autorités militaires françaises ne sont guère convaincues par l'efficacité des fusées du lieutenant Le Prieur et ne donnent pas suite à son invention³.

La fusée ne refait pas son apparition en tant qu'arme seulement. Elle revêt effectivement un intérêt dans le domaine de l'observation. Les armées de la Révolution avaient employé des aérostats, sortes de ballons d'observation, afin d'observer les mouvements ennemis. En 1888, l'artificier français Amédée Denisse étudie la possibilité de remplacer les aérostats par des fusées capables de prendre des clichés aériens et qui redescendent au sol à l'aide d'un parachute. Sa fusée est équipée de douze lentilles qui permettent de prendre des clichés à 360 degrés. En septembre de la même année, la

¹ https://www.emia54.fr/images/actualites/Centenaire_des_-fusees_LE_PRIEUR.pdf..., *op cit.*

² Rapport de Robert Esnault-Pelterie, « Atomiseurs pyrotechniques », 1932. Archives départementales de la Haute-Garonne, fonds déposé par l'Académie de l'Air et de l'Espace, AR.D.001 ESN, 206 J.

³ Jacques Blamont, *Les débuts de la recherche...*, *op cit.*

publication scientifique *La Nature* publie le projet de Denisse. L'article parle d'un « système qui permet d'obtenir une photographie à vol d'oiseau au moyen d'un appareil enlevé par une fusée volante, redescendant en parachute ». Ce moyen permettrait aux militaires d'observer l'ennemi sans risquer la vie de quelqu'un et de plus l'opération ne prendrait seulement que quelques secondes. Malgré des résultats positifs, le projet de Denisse n'est finalement pas poussé plus loin¹.

L'idée de Denisse est cependant reprise en 1896 par Alfred Nobel, qui dépose un brevet en Angleterre et en France (brevet numéro 258781 déposé le 11 août 1896) pour « l'amélioration du mode d'obtention de cartes photographiques et de mesures de la Terre ou du sol en utilisant un appareil photographique porté par un ballon, une fusée ou un missile² ».

Bien que l'idée de la photographie aérienne par fusée soit française, c'est finalement en Allemagne qu'elle est concrétisée en 1906 par l'ingénieur Alfred Maul. Dès 1903, il dépose un brevet concernant une fusée photographique à usage militaire. Trois ans plus tard, il réalise donc une démonstration avec une fusée de sa conception qui atteint une altitude d'environ 600 mètres, et qui parvient à prendre un cliché du village de Laussnitz. La fusée redescend grâce à un parachute. Mais à l'instar du projet de Denisse, celui de Maul n'est également pas poursuivi du fait que l'aviation militaire se montre très efficace pour la photographie aérienne³. Enfin aux Etats-Unis, le pionnier américain de l'aéronautique, Robert Goddard, dépose en 1914 un brevet concernant également une fusée photographique, mais le projet n'aboutira pas non plus malgré des résultats intéressants⁴.



La fusée photographique de Maul et ses accessoires © *L'Aérophile*, 1^{er} avril 1915

¹ http://basart.artillerie.asso.fr/article.php3?id_article=1447 2017-06-21 15:34:01

² *Ibid.*

³ Georges Besançon, Une fusée photographique militaire, *L'Aérophile*, n°78, avril 1915.

⁴ http://basart.artillerie.asso.fr/article.php3?id_article=1447..., *op cit.*

En ce début du XX^e siècle, il semble donc que la fusée intéresse à nouveau les inventeurs et scientifiques en France notamment pour une utilisation militaire, que ce soit dans le domaine de la photographie aérienne ou en tant qu'arme incendiaire. Malgré quelques résultats positifs et encourageants, les autorités militaires françaises abandonnent ces différents projets, préférant miser sur l'artillerie et l'aviation. La fusée va pourtant faire l'objet de travaux plus poussés en France.

B. L'émergence de pionniers français et étrangers

Le retour de la fusée en ce début du XX^e siècle, que ce soit dans le domaine scientifique ou dans le domaine militaire, conduit à une augmentation des expérimentations et essais. L'on assiste alors à l'émergence de pionniers, que ce soit en France ou dans le reste du monde.

En France, il faut citer l'exemple de René Lorin. Ce dernier ne mène pas d'études en rapport avec les fusées. Cependant ses études portent sur la propulsion, sujet qui se rattache au domaine de l'aéronautique et donc des fusées. Il s'intéresse tout d'abord à l'étude d'un nouveau type de moteur : le moteur à réaction. En 1907 dans la revue *l'Aérophile*, il décrit alors le principe d'un moteur à réaction qui fonctionne sans l'aide d'une hélice. Un tel mode de propulsion demanderait selon lui moins d'effort qu'une propulsion par hélice¹.

Il confirme sa théorie dans un nouvel article de *l'Aérophile*, intitulé « *Etude sur la propulsion des aéroplanes à grande vitesse*² ». Toujours dans *l'Aérophile*, Paul Popovatz, dans une note intitulée « *comparaison entre les propulseurs à réaction et les hélices* », analyse l'étude de Lorin. Selon lui, le propulseur à réaction consomme presque trente fois plus de combustible que l'hélice. Mais il a son lot d'avantages : il est moins lourd, moins encombrant et surtout permet de donner une bien plus grande vitesse aux véhicules aériens³.

Enfin dans un article de *l'Aérophile* titré « *une application de la propulsion par réaction directe : la torpille aérienne* », Lorin évoque enfin la fusée. Selon lui, la torpille

¹ René Lorin, Note sur la propulsion des véhicules aériens, *L'Aérophile*, n°11, novembre 1907.

² René Lorin, Etude sur la propulsion des aéroplanes à grande vitesse, *L'Aérophile*, n°5, mars 1908.

³ Paul Popovatz, Comparaison entre les propulseurs à réaction et les hélices, *L'Aérophile*, n°15, août 1908.

aérienne, qui est donc une torpille de lutte anti-sous-marine larguée par avion, fait partie de la même famille que les fusées, à savoir celle qu'il nomme la famille des « vitesses moyennes ». D'où, selon Lorin, « peuvent sortir d'intéressantes applications¹ ».

Finalement, Lorin finit par étudier un nouveau moyen de propulsion, un moteur appelé le statoréacteur. Moyen de propulsion utilisé bien plus tard et largement pour les missiles. Il commence ainsi l'étude de ce propulseur en 1913 mais doit bien vite l'abandonner. Il ne dispose en effet ni des moyens financiers pour la mettre en œuvre, et ne dispose pas non plus d'un engin capable d'atteindre la vitesse nécessaire au fonctionnement du statoréacteur. En effet, il n'existe aucun avion à l'époque capable d'être suffisamment rapide pour cela. Lorin se voit donc obligé d'abandonner son étude².

Il n'y a pas qu'en France que des inventeurs, ingénieurs, scientifiques se livrent à des expériences en lien avec l'aéronautique. Il faut par exemple citer l'exemple du Péruvien Pedro Paulet, qui se passionne dès l'enfance pour l'Espace. Paulet est un pionnier de l'aéronautique assez méconnu, ingénieur-chimiste de son état. Il est généralement reconnu comme étant le premier expérimentateur des moteurs-fusées à propergols liquides. Auparavant, les fusées fonctionnaient toujours à l'aide de propergols solides, généralement de la poudre³.

Mais Paulet pense que le carburant liquide serait une meilleure solution que les propergols solides en ce qui concerne les performances des fusées, notamment en raison du fait que la combustion des propergols liquides est plus longue. Installé à Paris, Paulet se lance donc dans la réalisation et les essais d'un moteur-fusée à propergols liquides de 1895 à 1897. L'opération est un succès mais il ne développe pas plus loin son concept⁴.

Des expérimentations plus modestes autour de la fusée ont lieu dans plusieurs autres pays du globe, comme par exemple au Japon, en Russie, au Danemark, en Australie, en Inde et en Tchécoslovaquie⁵. Aux Etats-Unis, un autre pionnier de l'aéronautique s'affirme, il s'agit de Robert Hutchings Goddard. Au début du XX^e siècle, il commence à s'intéresser à l'étude des fusées et aux moyens de propulsions. De 1915 à 1916, il expérimente des fusées

¹ René Lorin, Une application de la propulsion par réaction directe : la torpille aérienne, *L'Aérophile*, n°4, février 1910.

² Philippe Varnoteaux, *L'aventure spatiale...*, *op cit.*

³ R. Cargil Hall, *History of rocketry and astronautics : proceedings of the third through the sixth History Symposia of the International Academy of Astronautics*, San Diego, Univelt, 1986.

⁴ Jacques Villain, *L'aventure spatiale...*, *op cit.*

⁵ Alexandre Ananoff, *Des premières fusées...*, *op cit.*

à poudre, seul type de fusée disponible alors. Il est rapidement persuadé que l'utilisation de propergols liquides pourrait augmenter significativement l'altitude qu'une fusée pourrait atteindre¹.

L'US Navy se penche sur ses travaux et finance une étude de moteur-fusée à propergols solides destinés à propulser des projectiles. Mais Goddard choisit finalement de se tourner à nouveau vers la propulsion à liquides. Il choisit notamment d'employer le couple oxygène liquide et essence². En 1923, il expérimente au point fixe le premier autopropulseur à oxygène liquide. Et le 16 mars 1926, il fait voler la première fusée à propergols liquides de l'Histoire. Baptisée « Nell », elle fonctionne donc avec de l'essence et de l'oxygène liquide³. Ses performances sont modestes puisqu'elle n'atteint que douze mètres d'altitude à une vitesse de 100km/h. Mais cela reste tout de même une grande première, qui vaut à Goddard d'être toujours considéré comme l'un des pères fondateurs de l'aéronautique⁴.

Il faut aussi évoquer le pionnier allemand Hermann Oberth, dont le portrait sera développé plus loin. Il convient de revenir au pays le plus concerné par le sujet, la France. Le principal pionnier de l'aéronautique français apparaît en la personne de Robert Esnault-Pelterie. Né en 1881 et issu d'une grande famille d'industriels du textile, il se tourne vers des études scientifiques et fait preuve d'un certain talent pour les mathématiques. Passionné par les machines, il peut s'y consacrer grâce à la fortune de son père⁵.

Il s'intéresse de très près à l'aéronautique et ce dès 1903. Il établit des calculs et des dessins d'avions. Par ses calculs, il découvre ce qu'il manque le plus aux avions de l'époque : un moteur suffisamment léger et puissant. Il étudie ensuite les moyens de propulsion, d'abord le moteur à explosion, bien connu dans le domaine de l'automobile. Afin d'alléger les moteurs, il crée le moteur en étoile. Intéressé par les exploits des frères Wright, il ne parvient pas à comprendre comment les deux Américains font pour modifier la direction de leur machine. C'est ainsi que pour y remédier, il crée l'aileron⁶.

Ainsi, il met au point en 1907 l'avion baptisé REP 1, d'après ses initiales. Il s'agit là d'un monoplane à structure métallique, équipé du moteur en étoile et de l'aileron⁷. Il le

¹ Jacques Villain, *L'aventure spatiale...*, *op cit*.

² *Ibid*.

³ Rapport de Jean-Jacques Barré, « Historique des études »..., *op cit*.

⁴ Jacques Villain, *L'aventure spatiale...*, *op cit*.

⁵ <http://www.avionslegendaires.net/biographie/robert-esnault-pelterie/2/> 2017-10-12 00:26:53

⁶ *Ibid*.

⁷ *Ibid*.

perfectionne sans cesse et y ajoute sa dernière invention, le célèbre « manche à balai », qui permet de piloter instinctivement l'avion¹. Autre invention de sa part dans le domaine de l'aéronautique, la ceinture de sécurité élastique, qui lui sauve d'ailleurs la vie en 1908².

Grâce au REP 1, Esnault-Pelterie connaît un certain triomphe au premier salon de l'Aéronautique au Grand Palais. Il reçoit ensuite en 1908 la médaille d'or du prix des ingénieurs, et à l'honneur de recevoir la visite de Wilbur Wright. Cependant bien qu'il s'efforce d'améliorer sans cesse ses avions, il en vend finalement peu et malgré leur fiabilité. Malgré ses conférences, il ne parvient pas à faire décoller les ventes. En conséquence en 1913, il renonce à la création d'avions, d'autant qu'il y a perdu une bonne partie de la fortune familiale³.



Portrait de Robert Esnault-Pelterie ©
ESA

L'armée française achète tout de même quelques-uns de ses avions qui servent durant la Grande Guerre. Le ministre de la Guerre Alexandre Millerand lui confie de plus la construction d'une usine à Lyon afin d'y construire des avions mis au point par d'autres inventeurs, comme par exemple l'Italien Caproni. Une usine qui compte d'ailleurs plus de mille ouvriers en 1918. Après le conflit, Esnault-Pelterie décide finalement d'abandonner la construction d'avions et se tourne définitivement vers la voie de l'astronautique⁴.

¹ <http://www.ina.fr/video/CPF08008603...>, *op cit.*

² *Ibid.*

³ *Ibid.*

⁴ *Ibid.*

Le Français s'est affirmé comme un pionnier dans le domaine de l'aéronautique, et les connaissances qu'il y a amassé vont lui permettre de devenir également un pionnier de l'astronautique.

II. Le rêve du voyage spatial

A. *Les premiers travaux d'Esnault-Pelterie*

Robert Esnault-Pelterie, après avoir activement œuvré dans l'aéronautique, se consacre donc à l'astronautique. Selon lui, les progrès réalisés en aéronautique ne sont qu'une étape vers le vol spatial. C'est donc principalement l'idée du voyage interplanétaire qui le séduit, ce vieux rêve inspiré par les auteurs de science-fiction du XIX^e siècle comme il a été vu précédemment.

Ses premiers travaux en astronautique l'amènent à donner sa première conférence sur le sujet en février 1912 à Saint-Pétersbourg, puis en novembre de la même année à Paris. La conférence se tient alors lors de la réunion de la Société française de physique le 15 novembre 1912. Cette communication de l'ingénieur français s'intitule *Considérations sur les résultats d'un allègement indéfini des moteurs*, et est publiée dans *le Journal de physique* en mars 1913¹.

Sous ce titre, Esnault-Pelterie étudie les nouvelles possibilités qui seraient données à l'Homme grâce donc à un allègement plus poussé des moteurs. Il se pose la question de savoir si grâce à cela, on se contenterait de perfectionner l'aviation ou si cela peut ouvrir de nouveaux horizons. L'ingénieur pose ainsi la question du voyage de l'Homme dans l'espace, sujet des romans de science-fiction du XIX^e siècle. Comme une telle chose paraît impossible, il n'y avait jamais eu de recherches sur les exigences physiques et les phénomènes à mettre en jeu pour réaliser un voyage spatial. C'est donc le but de la conférence de l'ingénieur de répondre à ces questions².

¹ Compte-rendu de Robert Esnault-Pelterie, « Considérations sur les résultats d'un allègement indéfini des moteurs », 1913. Archives départementales de la Haute-Garonne, fonds déposé par l'Académie de l'Air et de l'Espace, AR.D.001 ESN, 206 J.

² *Ibid.*

La première difficulté que relève Esnault-Pelterie, c'est que dans l'espace, il n'y a pas d'atmosphère et donc pas d'appui pour un engin volant. Selon lui, un seul type de véhicule peut être équipé d'un moteur capable de le propulser sans point d'appui. Ce véhicule, c'est la fusée. Et non pas l'obus de Jules Verne que l'ingénieur juge farfelu car les passagers seraient écrasés au départ dans la réalité¹.

Pour Esnault-Pelterie, la fusée est avantageuse du fait qu'elle peut théoriquement se mouvoir aussi bien dans le vide que dans l'air. La propulsion est permise par la combustion des gaz qui sont émis d'une façon continue, ce qui permet une propulsion constante. Ce que démontre l'inventeur par une série de calculs au cours de sa conférence. L'idée est que la propulsion reste constante tandis que la masse de la fusée diminue au fur et à mesure de l'émission des gaz. L'accélération devrait ainsi augmentée. La propulsion dans le vide pourrait donc ne pas être impossible, mais il faut savoir diriger le véhicule².

Pour cela, il suffirait d'incliner le propulseur au cours du trajet ou d'installer un ou deux petits propulseurs auxiliaires. Une idée déjà innovante pour l'époque. Esnault-Pelterie tente de déterminer ensuite comment parvenir à éloigner un corps pesant du centre d'un astre. Pour cela il faudrait dépenser beaucoup d'énergies et atteindre une certaine vitesse. Il détermine qu'à partir de la surface d'un astre, si on imprime à un corps une vitesse suffisamment grande lui permettant de s'éloigner de l'astre, il s'en éloignerait indéfiniment. Selon l'ingénieur, la vitesse minimale à atteindre serait donc de 11280 mètres par seconde afin de s'arracher à l'attraction terrestre et s'en éloigner de manière indéfinie. En partant de la Terre, la fusée s'élèverait graduellement et augmenterait sa vitesse au fur et à mesure de la raréfaction de l'atmosphère, jusqu'au moment où la vitesse critique correspondant à l'altitude atteinte sera obtenue³.

L'ingénieur imagine donc bien vite la possibilité de réaliser le voyage Terre-Lune décrit et imaginé par Jules Verne. Pour cela, il imagine trois phases. L'engin doit d'abord accélérer jusqu'à atteindre la vitesse critique de libération de l'attraction terrestre. Ensuite le propulseur s'arrête et la fusée poursuit sa trajectoire grâce à la vitesse qu'elle a acquise durant son ascension. Enfin une fois qu'elle a atteint le point voulu, la fusée est retournée et

¹ Compte-rendu de Robert Esnault-Pelterie, « Considérations... », *op cit.*

² *Ibid.*

³ *Ibid.*

le moteur est remis en marche de façon à ralentir la vitesse de l'engin afin de le poser sur la surface lunaire¹.

Afin de réaliser ces trois phases, Esnault-Pelterie estime le voyage réalisable en 48 heures et 58 minutes. Il estime également que durant le vol, les propulseurs ne devraient fonctionner que durant 48 minutes. L'ingénieur ne se cantonne pas qu'au voyage Terre-Lune puisqu'il envisage des voyages vers d'autres astres bien connus. Il calcule donc le temps de voyage vers ces astres. En supposant que la fusée s'éloigne vers l'infini, et qu'une fois la vitesse critique atteinte, elle conserve une vitesse de 10 kilomètres par seconde après arrêt du moteur, il serait possible d'atteindre les astres voisins au moment de leur conjonction avec la Terre. Il serait donc possible d'atteindre Vénus en 47 jours et 20 heures, et Mars en 90 jours et 15 heures².

Dans sa communication, Esnault-Pelterie affirme que la quantité de travail à fournir pour effectuer le trajet vers un autre astre n'est pas plus considérable que le minimum nécessaire pour réussir à détacher l'engin de la Terre. En effet, une fois que l'engin est à une assez grande distance, il continue sa route par inertie, sans que l'attraction terrestre devenue très faible ne ralentisse sensiblement sa vitesse. La vraie difficulté est donc de vaincre l'attraction terrestre. Si ce défi est réussi, il ne serait pas plus difficile d'atteindre une planète très éloignée qu'une planète très proche de la Terre. Mais à condition bien sûr de parvenir à rendre habitable pendant un temps suffisant un engin exigü et hermétiquement clos³.

L'inventeur rappelle donc au cours de sa communication que la possibilité de développer un engin capable de se déplacer entre la Terre et la Lune n'est qu'un des problèmes soulevés par la question de savoir si l'Homme pourrait quitter ou non la Terre pour explorer d'autres mondes. Il faudrait en effet remplir certaines conditions physiologiques pour que la vie soit compatible avec les conditions qu'implique un tel voyage⁴.

Esnault-Pelterie note que les progrès réalisés avec les sous-marins prouvent que la régénération d'une atmosphère confinée durant une centaine d'heures pourrait être tout à fait possible. La question de la température se pose également puisque la température régnant dans les espaces interplanétaires est estimée à zéro degré. Et l'atmosphère est marquée par

¹ Compte-rendu de Robert Esnault-Pelterie, « Considérations... », *op cit.*

² *Ibid.*

³ *Ibid.*

⁴ *Ibid.*

des températures élevées. Pour pallier ce problème, l'ingénieur estime que la fusée devrait être constituée à moitié de métal poli isolé calorifiquement de l'intérieur et à moitié de cuivre oxydé¹.

Esnault-Pelterie songe à un autre problème, celui de l'absence de pesanteur dans l'espace et donc aux phénomènes que subirait l'organisme humain, et notamment la sensation d'écrasement au décollage. Pendant l'accélération et jusqu'à une distance de 5780 kilomètres de la surface terrestre, les voyageurs pèseraient plus lourds, d'où la sensation d'écrasement. Mais le phénomène le plus inquiétant interviendrait au moment où la propulsion cesse. Les voyageurs cesseraient alors de peser et auraient la sensation de tomber dans le vide. Si l'organisme ne peut supporter de tels phénomènes, ce qui serait très probable, il faudrait donc mettre en place une accélération artificielle constante produite par le moteur. En étant réglée de manière à être égale à celle de la pesanteur, le voyageur aurait ainsi l'impression de peser son poids normal, qu'il soit ou non dans la zone d'attraction d'un astre².

Dans de telles conditions, Esnault-Pelterie estime qu'il faudrait maintenir une vitesse constante de 643 kilomètres par seconde pour atteindre Vénus et 883 kilomètres par seconde pour atteindre Mars. Seulement il estime ces vitesses invraisemblables, précisant que le seul corps céleste capable d'atteindre de telles vitesses est la célèbre comète de Halley³.

Dans la dernière partie de sa communication, l'ingénieur s'intéresse à l'énergie atomique, autre point innovant pour l'époque. Selon ce dernier, si l'on parvient à créer effectivement une vitesse constante satisfaisante, il suffirait de 400 kilogrammes de radium pour fournir à la fusée l'énergie nécessaire pour effectuer un aller-retour vers Vénus ou vers Mars, toujours avec une accélération constante. A condition évidemment de savoir extraire l'énergie du radium dans le temps qui convient. Ainsi un tel réservoir d'énergie permettrait donc à l'Homme de visiter les astres voisins de la Terre⁴. De plus, un combustible nucléaire comme le radium permettrait une accélération longue⁵.

Durant les années qui vont suivre, Esnault-Pelterie va poursuivre ses études sur les fusées et la possibilité des voyages spatiaux, qu'il va s'efforcer de promouvoir.

¹ Compte-rendu de Robert Esnault-Pelterie, « Considérations... », *op cit.*

² *Ibid.*

³ *Ibid.*

⁴ *Ibid.*

⁵ <http://www.avionslegendaires.net/biographie/robert-esnault-pelterie/2/...>, *op cit.*

B. *Le voyage spatial, un rêve à concrétiser*

Robert Esnault-Pelterie voit donc dans la fusée un moyen d'atteindre enfin d'autres astres que la Terre, notamment son satellite naturel, la Lune. C'est dans ce sens qu'il prononce une nouvelle conférence le 8 juin 1927 lors de l'assemblée générale de la Société Astronomique de France (SAF), intitulée *L'exploration par fusées de la haute atmosphère et la possibilité des voyages interplanétaires*¹. Le titre de sa communication annonce cette fois-ci clairement ses idées. Il y réaffirme la nécessité d'employer les fusées afin de réaliser un voyage interplanétaire, ainsi que celle d'utiliser l'énergie atomique, ce qui permettrait un voyage plus court où les organismes des voyageurs seraient moins chahutés².

L'ingénieur rappelle aussi qu'elles sont selon lui les conditions d'un tel voyage. Pour cela, une grande puissance explosive est nécessaire, ce qui est alors impossible à réaliser en l'état actuel des choses car même le mélange d'ergols le plus puissant qui existe ne se montrerait pas assez efficace. D'où l'intérêt de maîtriser l'énergie atomique et donc de recourir au radium, ce que préconise également l'auteur Eugène-Henri Weiss dans *La France de Bordeaux et du Sud-Ouest* en 1928. Seulement un gramme de radium pourrait suffire selon ce dernier³.

Esnault-Pelterie met en lumière le fait qu'afin d'assurer le bon déroulement du voyage et le rendre le plus agréable possible aux voyageurs, la fusée doit bénéficier de certains équipements. Par la même occasion, ceci pourrait permettre d'effectuer des sorties extravéhiculaires dans l'espace, une nouvelle idée de l'ingénieur français. Autre idée de l'ingénieur afin de vérifier l'exactitude de ses calculs quant à la vitesse à atteindre et le temps de trajet, il propose une expérience qui consisterait à envoyer vers la Lune une fusée qui éjecterait une charge de magnésium à l'arrivée. Cette dernière prendrait alors feu et le phénomène serait alors observable au télescope⁴. Il souligne tout de même un point primordial : pour permettre la construction de la fusée et donc rendre possible le voyage spatial, il est nécessaire de bénéficier d'un important financement. Il sera vu plus loin qu'il

¹ Rapport de Jean-Jacques Barré, « Historique des études... », *op cit.*

² <https://www.universalis.fr/encyclopedie/robert-esnault-pelterie/> 2016-09-25 10:23:49

³ A. Colombani, Un voyage interplanétaire dans un obus-fusée, *L'Echo d'Alger*, n°6716, 29/02/1928.

⁴ *Ibid.*

s'agit là d'un point qui gêne souvent les pionniers français de l'astronautique dans la bonne conduite de leurs travaux.

Esnault-Pelterie commence dans les années qui suivent sa conférence de 1927 à faire part de son idée de voyages interplanétaires à la presse. Il parle ainsi en 1928 de ses prévisions quant à la vitesse à atteindre avec une fusée pour rejoindre la Lune et la durée que mettrait un tel trajet. Il le fixe à trois heures et 27 minutes, à une vitesse de 220000 kilomètres/heures¹.

L'ingénieur rappelle qu'une aide financière importante est absolument vitale pour réaliser ce projet. Il déclare notamment à ce sujet « *il ne dépend maintenant que d'un facteur, la découverte du mécène qui consacrera les millions nécessaires à la construction et à la mise au point de l'appareil de transport interplanétaire*² ». Esnault-Pelterie déclare également que le voyage vers la Lune sera possible d'ici quinze ans, pronostique partagé par son confrère allemand Hermann Oberth. Ce dernier proclame en effet « *je serai prêt dans une quinzaine d'années [...]. A cette époque-là, je partirai pour la Lune et pour une planète de notre système, Mars, probablement* ». Esnault-Pelterie pense d'abord en 1931 à cinq ans, « *à la condition qu'on me donne deux millions de dollars pour mettre mes études au point*³ ».

Quelques années plus tard en 1936, l'ingénieur français fixe finalement la possibilité du voyage spatial dans quinze ans : « *dans quinze ans, si les moyens matériels nécessaires pouvaient être réunis, le rêve du voyage de la Terre à la Lune serait bien près d'être réalisé*⁴ ». Esnault-Pelterie prévient aussi de la nécessité de réaliser des batteries de tests afin que les futurs pilotes des fusées s'habituent à la sensation de chute libre. Ils doivent d'ailleurs à son avis se montrer insensibles au mal de mer, car il existerait très certainement un phénomène similaire dans l'espace, qu'il nomme « *mal de l'éther* ». Un autre problème qui se pose pour l'ingénieur est celui de l'atterrissage sur la Lune, mais il se montre optimiste pour le voyage en lui-même. Il précise d'ailleurs à ce sujet que le chemin de fer était à ses débuts « *considéré comme une utopie simplement amusante*⁵ ».

Les projets de voyages interplanétaires d'Esnault-Pelterie trouvent grâce aux yeux de certains journalistes. Ainsi Bernard Gervaise du *Quotidien de Montmartre* écrit avec

¹ A. Colombani, Le voyage dans la Lune sera-t-il réalisé, *L'Echo d'Alger*, n°6695, 08/02/1928.

² Bernard Gervaise, Les gaîtés de la semaine, *Le Quotidien de Montmartre*, n°36, 11/05/1930.

³ Charles Franc, Le temps, le nombre et l'Espace, *L'Echo d'Alger*, n°7797, 08/02/1931.

⁴ Le voyage dans la Lune, *L'Echo d'Alger*, n°9321, 11/02/1936.

⁵ *Ibid.*

enthousiasme en 1930 « *selon Jules Verne, le meilleur moyen pour aller dans la Lune était de s'y faire expédier par un canon géant, à l'intérieur d'une sorte d'obus de gros calibre. M. Robert Esnault-Pelterie estime qu'il vaut mieux s'y rendre à bord de la fusée-dirigeable inventée il y a deux ou trois ans par le professeur allemand Hermann Oberth. C'est ce merveilleux engin qui nous permettra d'aller nous promener un jour dans l'éther comme on se promène actuellement dans les airs*¹ ».

En 1930, Esnault-Pelterie décide de publier un ouvrage qui lui permet d'être considéré depuis comme un des pères fondateurs de l'astronautique. Il intitule d'ailleurs son ouvrage *L'Astronautique*. Un livre très théorique et scientifique dont le but est de faire le point sur les connaissances acquises à l'époque dans le domaine astronautique. Ouvrage qui comporte des séries de calculs ainsi que des planches et schémas qui illustrent les formules développées. Esnault-Pelterie ne le juge pas à la portée des profanes, il leur conseille d'ailleurs à travers une note de sauter plusieurs chapitres dont la compréhension pourrait se montrer difficile².

Dans son livre, il prend le temps de faire le point sur les publications de ses confrères étrangers de l'astronautique, notamment l'Américain Goddard et l'Allemand Oberth. Dans certains chapitres, il décrit la structure et les mouvements de la fusée, que ce soit dans l'air ou dans le vide, des sujets déjà abordés lors de sa conférence de 1912. Il est également question de la densité et de la composition de la très haute atmosphère, de la combustion et des pièces de fusées entre autres³.

Il développe bien entendu à nouveau ses idées sur l'utilisation possible de la fusée dans le but de réaliser des voyages interplanétaires. Et il émet aussi des hypothèses sur la possibilité de trouver de la vie ailleurs que sur Terre. De plus dans *L'Astronautique*, l'ingénieur jette les bases de la navigation interplanétaire dans le domaine de la propulsion et la navigation par inertie, des thèmes qu'il avait déjà abordé dans ses conférences de 1912 et 1927⁴. L'Américain Robert Goddard publie dès 1919 un ouvrage qui parlait déjà du voyage vers la Lune : « *A method of reaching extreme altitudes* (une méthode pour atteindre des altitudes extrêmes)⁵. *L'Astronautique* quant à lui s'affirme donc comme un ouvrage de première importance dans le monde de l'astronautique, reconnu par les spécialistes en la

¹ Bernard Gervaise, *Les gaîtés...*, *op cit*.

² Robert Esnault-Pelterie, *L'Astronautique*, Paris, Imprimerie A. Lahure, 1930.

³ *Ibid*.

⁴ *Ibid*.

⁵ Jacques Villain, *L'aventure spatiale...*, *op cit*.

matière dans le monde entier, à cette époque et dans les décennies à suivre. Dans *L'Astronautique*, Esnault-Pelterie aborde la possibilité de construire dans un futur proche des satellites artificielles et des stations spatiales. Il émet aussi l'idée qu'il serait certainement plus judicieux de lancer les fusées en direction de l'Est afin de bénéficier de la vitesse de rotation de la Terre¹.

Henri Moureu, chimiste français membre de l'Académie des Sciences et directeur du Laboratoire Municipal de Paris, acteur de l'astronautique française des années plus tard, lui rend hommage en déclarant « *mais nos regard doivent rester fixés vers l'avenir, car il est immense cet avenir qui s'attache aux recherches spatiales et à cette jeune science de l'astronautique dont l'un des fondateurs, on n'a que trop tendance à l'oublier, est l'éminent ingénieur français Esnault-Pelterie, qui fit honneur à notre Compagnie*² ». Durant les années 1930, Esnault-Pelterie obtient une certaine reconnaissance grâce à *L'Astronautique*, ce qui lui vaut d'être élu membre de l'Académie des Sciences en 1936³. Son ami banquier André Hirsch reconnaîtra en lui lors d'une interview le 14 mai 1959 qu'il a créé l'aviation et l'astronautique grâce à ses inventions pour l'un et ses idées et théories pour l'autre⁴.

En plus de rêver du voyage interplanétaire, Esnault-Pelterie participe à un mouvement de vulgarisation de l'astronautique dans les années 1920 et 1930.

C. Une volonté de vulgariser l'astronautique

Si les Français jouent un rôle important dans l'émergence de l'astronautique, grâce aux théories et travaux de certains d'entre eux comme Esnault-Pelterie, ils aident également à faire connaître la discipline au grand public et aux personnes compétentes, afin de susciter l'enthousiasme pour le voyage spatial et d'éveiller la curiosité des scientifiques et ingénieurs.

Dès la fin du XIX^e siècle, des Français s'efforcent de promouvoir l'astronomie, c'est-à-dire la science de l'observation. En effet, Camille Flammarion fonda la Société

¹ Robert Esnault-Pelterie, *L'Astronautique...*, *op cit*.

² Remerciements de Henri Moureu, membre de l'Académie des sciences, directeur du laboratoire municipal de Paris. Archives du SHD, fonds déposé par Roland Hautefeuille, 1 K 898, Al Z 32605.

³ https://www.esa.int/fre/ESA_in_your_country/France/Les_grands_noms..., *op cit*.

⁴ <http://www.ina.fr/video/CPF08008603...>, *op cit*.

astronomique de France (SAF) en 1887 dans le but de populariser et de développer l'astronomie¹.

Robert Esnault-Pelterie finit par s'intéresser à cette volonté de faire découvrir l'astronomie au grand public et décide donc de créer en 1927 en compagnie de son ami André Hirsch un comité d'aéronautique. L'objectif de ce comité est de centraliser les travaux en lien avec les futurs voyages spatiaux. C'est d'ailleurs au cours de la première réunion de ce comité en 1927 que le mot « aéronautique » est créé, afin de donner un nom à cette science nouvelle. C'est le président de l'académie Goncourt, l'écrivain Rosny aîné, qui a l'idée de baptiser ainsi la discipline².

Esnault-Pelterie souhaitait effectivement trouver un nom pour cette science. Il propose au départ le mot « sidération », afin de faire un parallèle avec l'aviation. L'idée est cependant jugée ridicule et c'est le mot « cosmonautique » qui est ensuite proposé. Finalement, Rosny aîné propose « aéronautique », qui est cette fois adopté à l'unanimité. L'expression se répand ainsi dans le monde entier, et montre que les Français ont laissé une empreinte indélébile sur cette science³.

Lors d'une réunion en décembre 1927, le comité décide de créer un prix, baptisé prix d'aéronautique Robert Esnault-Pelterie – Hirsch. Il s'agit d'un prix annuel d'une dotation de 5000F, dont le but est de récompenser chaque année les travaux les plus remarquables dans le domaine aéronautique⁴. De son propre avis dans *L'Aéronautique*, Esnault-Pelterie a souhaité créer ce prix afin de « *provoquer dans le monde un mouvement d'intérêt et de susciter le progrès dans cette voie nouvelle* ». Il espère de plus que ce prix va stimuler des recherches sérieuses et faire avancer l'aéronautique. Le premier lauréat de ce prix est l'Allemand Hermann Oberth, pour son ouvrage *Die Rakete zu den Planetenraümen* (*La fusée*

¹ Pierre-François Mourieux et Philippe Varnoteaux, *Alexandre Ananoff, l'astronaute méconnu*, Paris, Ed2A, 2013, coll. Histoire.

² A. Colombani, *Le voyage...*, *op cit*.

³ <http://www.ina.fr/video/CPF08008603...>, *op cit*.

⁴ A. Colombani, *La navigation interplanétaire*, *L'Echo d'Alger*, n°6821, 13/06/1928.

dans les espaces interplanétaires). Ce qui montre bien qu'en Allemagne, certains rêvent aussi de voyages spatiaux¹.



Création du comité du prix d'astronautique REP-Hirsch, Paris décembre 1927. Esnault-Pelterie et Hirsch sont assis au premier rang, Rosny aîné est la deuxième personne debout en partant de la gauche © CNES, collection Barré

Esnault-Pelterie s'efforce donc de provoquer un engouement pour l'astronautique. Un autre Français du nom d'Alexandre Ananoff s'évertue quant à lui à faire connaître la discipline au plus grand nombre. Il né le 7 avril 1910 en Géorgie, et s'installe en France avec sa famille en raison de la Grande Guerre et de la Révolution bolchévique de 1917. Là, les ouvrages de Flammarion l'amènent à s'intéresser à l'astronomie, puis certains textes de Constantin Tsiolkovski, un des pères de l'astronautique, le conduisent à s'intéresser à cette nouvelle science².

Ces textes sont notamment *Exploration des espaces cosmiques au moyen des appareils réactifs* (1926) et *La fusée cosmique* (1927). C'est un déclic pour lui, il a désormais le désir de sensibiliser le grand public aux voyages interplanétaires et à l'astronautique. Il veut faire en sorte que des personnes compétentes s'y intéressent, et surtout de doter la France de sa propre astronautique. Il souhaite également mettre en place une astronautique internationale et pacifique, afin de permettre des échanges mutuels d'informations et d'organiser des visites réciproques³. Une initiative de ce type pourrait aussi entraîner la multiplication d'ouvrages et d'articles qui informent le public des prouesses astronautiques.

¹ Robert Esnault-Pelterie, *L'Astronautique...*, *op cit.*

² Pierre-François Mourieux et Philippe Varnoteaux, *Alexandre Ananoff...*, *op cit.*

³ *Ibid.*

Diffuser et partager le rêve de l'espace pourrait aussi contribuer à masquer les difficultés économiques et politiques du moment.

Dès 1928, Ananoff a pour projet de reconstituer un voyage interplanétaire et d'examiner tous les problèmes qu'une telle entreprise soulève. Il échange à partir de là avec Camille Flammarion, la secrétaire générale de la SAF, afin d'organiser des causeries autour du thème de l'astronautique¹. Il est ainsi invité à s'exprimer sur la navigation interplanétaire le 26 mars 1929. Mais sa communication est moquée car en effet, l'opinion publique est encore peu familiarisée avec ce sujet².

Ananoff ne se décourage pas pour autant et commence à échanger avec des spécialistes de l'astronautique comme Goddard et Oberth. Egalement avec André Hirsch, l'ami d'Esnault-Pelterie, qui devient un grand soutien pour lui. Cela lui permet de s'affirmer, au point qu'il devient le 5 novembre 1930 le nouveau secrétaire de la SAF. Dès lors il multiplie les communications. Il est par exemple invité à s'exprimer lors d'une conférence à l'occasion de l'éclipse de Lune du 2 avril 1931³.

Ananoff utilise plusieurs supports pour ses communications. Il donne des conférences, comme par exemple sa conférence du 26 mars 1934 *Le problème des voyages interplanétaires*. Il s'exprime également à la radio, notamment le 25 octobre 1935 lorsqu'il est invité dans l'émission *La Voix de Paris* sur *Radio-Cité*, afin de répondre à la question *Pourrons-nous atteindre les autres planètes* ». Et il multiplie bien entendu les articles dans les revues. Citons par exemple son article *Le problème des voyages interplanétaires* dans le numéro 53 de la revue *Le Génie Français* de mai 1934 ou bien *La navigation interplanétaire* dans *L'Astronomie* de juillet et août 1935⁴.

Son supposé premier article est celui paru dans le numéro 63 de la revue *Hebdo* du 22 juin 1934 et intitulé *Irons-nous bientôt dans les autres astres*. Il y fait l'éloge du voyage spatial, en introduisant d'ailleurs son article par la phrase suivante : « *de toutes les idées émises au cours du temps, idées fantastiques ou audacieuses, celle qui a retenu l'être humain en haleine, sans jamais le lasser, est incontestablement le désir des communications interplanétaires*⁵ ». Il revient aux origines du voyage spatial avec l'idée de Jules Verne dans

¹ Pierre-François Mourieux et Philippe Varnoteaux, *Alexandre Ananoff...*, *op cit*.

² Alexandre Ananoff, *Navigations interplanétaires : allons-nous voir les premiers voyages interaeraux*, Paris, Elzévir, 1946, coll. Problèmes, n°6.

³ Pierre-François Mourieux et Philippe Varnoteaux, *Alexandre Ananoff...*, *op cit*.

⁴ *Ibid.*

⁵ Alexandre Ananoff, *Irons-nous bientôt dans les autres astres*, *Hebdo*, 22/06/1934.

son roman *De la Terre à la Lune*. C'est selon lui une idée impossible à mettre en œuvre en raison du problème de la taille du canon, de l'atmosphère et de l'attraction terrestre. Selon Ananoff, le canon de Verne aurait « *immanquablement tué sur le coup les voyageurs interplanétaires*¹ ».



Carton d'invitation pour deux conférences d'Ananoff en 1935 © Musée de l'Air et de l'Espace du Bourget, collection Ananoff

Pour réaliser ce voyage, il lui paraît évident que seule la fusée peut réaliser une telle prouesse. En effet, c'est selon lui le seul engin qui pourrait circuler facilement dans les différentes couches atmosphériques car il peut augmenter et diminuer sa vitesse à volonté en fonction de la raréfaction de l'air. Elle peut ainsi atteindre et dépasser la fameuse vitesse préconisée par Esnault-Pelterie, qui est de l'ordre de 11180 mètres par seconde. Ananoff répond aux critiques dans son article : « *l'idée qu'il puisse exister une force capable de nous faire quitter la Terre est considérée comme une flagrante utopie par beaucoup de personnes qui supposent que tout objet lancé de sa surface doit fatalement y retomber. Ceci n'est exact qu'en partie, car tout dépend de la force avec laquelle a été lancé le dit objet*² ».

Ananoff juge la vitesse de 11180 mètres par seconde insuffisante pour que la fusée puisse s'arracher à l'attraction terrestre et aller vers d'autres astres. Pour atteindre l'orbite de Mercure, il faudrait selon lui atteindre une vitesse de 11.4 kilomètres par seconde, 11.6 pour Vénus et 11.5 pour Mars. Les connaissances de l'époque permettent déjà de déterminer que Mars n'a pas d'atmosphère, au contraire de Vénus qui ressemble à la Terre sur certains points³. Ainsi le départ depuis Mars serait sans doute bien plus facile que depuis la Terre.

¹ Alexandre Ananoff, *Navigation interplanétaire...*, *op cit.*

² Alexandre Ananoff, *Irons-nous bientôt...*, *op cit.*

³ *Ibid.*

Ananoff songe d'ailleurs au fait que dans l'avenir, les satellites et astéroïdes pourraient servir de bases de relais pour les voyages spatiaux car leur faible masse faciliterait les départs et les arrivées. Il donne l'exemple de Phobos et Deimos, les satellites de Mars, pour lesquels il suffirait d'une vitesse de 20 mètres par seconde pour s'en éloigner¹.

Ananoff estime donc que la fusée est « *le seul engon susceptible de nous faire quitter la Terre* ». Elle doit comporter un moteur à réaction car il provoquerait l'avancement de la fusée tout le temps de la combustion des propergols. Il ajoute que la vitesse dépend d'ailleurs du propergol utilisé. Mais qu'à son époque, il n'existe pas de produit qui permette de développer une vitesse de 11180 mètres par seconde².

Il note que la poudre la plus puissante ne permettrait de développer une vitesse de seulement 2500 mètres par seconde. Et le mélange le plus violent, à savoir le couple hydrogène-oxygène, ne permettrait d'atteindre que 4000 mètres par seconde. Selon Ananoff, la solution serait de parvenir à produire de l'hydrogène liquide, qui devrait constituer un très puissant explosif. Pour conclure son article, il laisse « *aux physiciens et aux chimistes le soin d'éclaircir ce point délicat et essentiel du problème astronautique*³ ». Pour faire valider ses théories et discuter de ses idées, Ananoff cherche à rencontrer Esnault-Pelterie. Il y parvient enfin le 20 septembre 1936 à l'atelier de ce dernier à Boulogne-sur-Seine. L'entrevue n'est pas très concluante pour Ananoff car l'ingénieur lui souhaite à l'issue de leur rencontre « *bonne chance avec ses illusions et ses erreurs* ». Ananoff déclare, amer, à ce sujet « *j'avais voulu connaître l'homme, ce fut tant pis pour moi*⁴ ».

Ananoff ne se laisse toutefois pas démonter et poursuit son travail de vulgarisation. Il s'intéresse alors aux expositions, qui pourraient lui permettre d'attirer plus facilement les curieux et leur faire découvrir l'astronautique. Il a en effet l'idée d'organiser la première exposition astronautique au mois de juillet 1937 lors de l'exposition universelle de Paris⁵. Il faut noter que d'avril à juin 1927, la première exposition au monde sur les moyens de réaliser les voyages interplanétaires s'était déroulée à Moscou⁶. En dehors de ça, il s'intéresse aux expériences menées à l'étranger. Il publie à ce sujet un article dans la revue L'Astronomie

¹ Alexandre Ananoff, *Irons-nous bientôt...*, *op cit.*

² *Ibid.*

³ *Ibid.*

⁴ Pierre-François Mourieux et Philippe Varnoteaux, *Alexandre Ananoff...*, *op cit.*

⁵ *Ibid.*

⁶ [https://www.universalis.fr/encyclopedie/espace-conquete-de-l-des-pionniers-a-la-fin-de-la-guerre-froide/...](https://www.universalis.fr/encyclopedie/espace-conquete-de-l-des-pionniers-a-la-fin-de-la-guerre-froide/), *op cit.*

de mai 1937, intitulé « *les expériences sur les fusées à travers le monde* ». Et le 16 septembre 1938, toujours dans le souci de vulgariser l'astronautique, il publie un article dans la revue *L'Aéro* un article nommé « *De la Terre à la Lune* », à l'image du roman de Verne¹.

Il faut noter que malgré les efforts d'Ananoff, il n'y a pas de véritable groupe fédéré de scientifiques, ingénieurs qui se forme en France pour travailler sérieusement autour de la question de l'astronautique. En effet, la communauté scientifique française n'y voit pas un très grand intérêt². En 1938, Ananoff propose tout de même la création d'une section astronautique au sein de la SAF afin de stimuler davantage la recherche³. Il est conscient que l'astronautique demeure, selon ses dires, « *une question obscure, utopique et la plupart du temps incomprise* ». Finalement le 9 mai 1938, un Groupement Astronautique est créé. Son but est de réunir toutes les personnes qui travaillent sur l'astronautique, ou qui peuvent théoriquement ou pratiquement collaborer au perfectionnement des moteurs-fusées et à l'évolution des fusées d'altitude. Ce comité se réunit à l'occasion de réunions bimensuelles⁴.

Malgré ce faible engouement de la part du monde scientifique français, sous l'impulsion d'Ananoff, l'astronautique obtient tout de même un succès de plus en plus important auprès du public. Les communications sur le sujet continuent de se multiplier. Par exemple en 1934 en France, une trentaine environ d'articles furent publiés et six conférences eurent lieu. Et entre 1935 et 1936, il s'agit d'environ 42 articles et conférences⁵.

Ainsi les années 1920 et 1930 ont vu la création officielle en France de la science de l'astronautique et d'une volonté de la promouvoir et de la faire connaître à tous, tout en sensibilisant la population au rêve du voyage spatial. Mais l'astronautique ne fait pas encore l'unanimité. Ces décennies sont également marquées par des innovations françaises en termes d'astronautique.

¹ Pierre-François Mourieux et Philippe Varnoteaux, *Alexandre Ananoff...*, *op cit.*

² Jacques Blamont, *Les débuts de la recherche...*, *op cit.*

³ Pierre-François Mourieux et Philippe Varnoteaux, *Alexandre Ananoff...*, *op cit.*

⁴ Alexandre Ananoff, L'évolution des recherches sur les fusées à travers le monde, *L'Aérophile*, n°4, avril 1940.

⁵ [https://www.universalis.fr/encyclopedie/espace-conquete-de-l-des-pionniers-a-la-fin-de-la-guerre-froide/...](https://www.universalis.fr/encyclopedie/espace-conquete-de-l-des-pionniers-a-la-fin-de-la-guerre-froide/), *op cit.*

Chapitre 2 : innovations françaises et visions d'avenir

I. De nouvelles contributions françaises

A. *Autres études françaises en astronautique*

En dehors des travaux d'Esnault-Pelterie à propos du voyage de la Terre à la Lune, d'autres études sont menées en France au niveau astronautique. Ces autres études ne tournent cependant pas forcément autour de la fusée. Au milieu des années 1930, le physicien Etienne Vassy et son épouse Arlette mènent des recherches dans un premier temps sur la luminescence du ciel nocturne, ou plus précisément de la faible émission de lumière générée par l'atmosphère terrestre. Cette lumière est causée par des phénomènes physiques qui trouvent leur origine dans la haute atmosphère¹.

Le couple mènent ensuite s'intéresse particulièrement par la suite à la haute atmosphère, à l'ozone stratosphérique et à l'optique stratosphérique. Recherches qu'ils conduisent au laboratoire d'enseignement de physique de la faculté des sciences de Paris². Autre étude française, celle des statoréacteurs. Il a été vu précédemment que René Lorin y avait consacré quelques études. Dans les années 1930, René Leduc, ingénieur aéronautique, se lance dans la conception de tuyères expérimentales en 1935. C'est en réalisant ses tuyères qu'il redécouvre les travaux de Lorin³. Il présente son projet au salon de l'Aéronautique de 1936⁴.

Esnault-Pelterie s'est intéressé à l'énergie atomique en tant que moyen de propulsion pour les fusées. C'est ainsi qu'il avait suggéré dans ses travaux l'usage de radium comme combustible dans le but de provoquer une propulsion nettement plus puissante qu'avec les produits habituellement utilisés. D'autres études françaises furent justement menées en matière d'énergie atomiques dans les années 1920 et 1930. Le personnage le plus

¹ Jacques Blamont, *Les débuts de la recherche...*, *op cit.*

² *Ibid.*

³ Philippe Varnoteaux, *L'aventure spatiale...*, *op cit.*

⁴ Alexandre Ananoff, *L'évolution des recherches...*, *L'Aérophile...*, *op cit.*

remarquable est le physicien en énergie atomique et nucléaire Pierre Auger. Né en 1899, il s'intéresse donc rapidement à la physique atomique¹.

Lors de la présentation de sa thèse de physique le 16 juillet 1923, il fait part d'une découverte qu'il a fait au cours de ses expériences. Il s'agit d'un phénomène de physique connu sous l'appellation d'effet Auger, qui consiste en l'émission d'électrons par des atomes excités, ce qui provoque des rayonnements². Certains physiciens français menaient donc déjà des recherches en matière atomique durant les premières décennies du XX^e siècle.

En matière de propulsion de projectiles, chose liée indirectement à l'aéronautique, l'armée française effectue elle-aussi des recherches. Tout particulièrement dans le domaine des poudres, donc des propergols solides. Ces recherches sont menées au départ par le Service des poudres et salpêtres, créé en 1775. En 1816, le service est rattaché à l'artillerie. Puis en 1873, il est rattaché au ministère de la Guerre et prend le nom de Service des poudres. Et finalement le 18 avril 1935, il est renommé Direction des poudres et devient donc une direction technique de l'armée³.

Son objectif est l'étude et la fabrication de poudres, surtout à usage militaire. Après la Grande Guerre, la Direction des poudres cherche à développer des poudres pour les engins autopropulsés. Poudres qui sont utilisées ensuite par les pionniers français de l'aéronautique pour la réalisation de leurs fusées, du moins pendant un temps. Ce choix de l'armée illustre bien le fait que la France croit à ce moment-là davantage aux propergols solides qu'aux propergols liquides⁴.

Malgré cela, certains organismes scientifiques cherchent à mettre au point des propergols liquides pouvant être utilisés pour la propulsion d'engins autopropulsés. Dès 1931 par exemple, Henri Moureu apporte son aide au Comité scientifique des poudres et explosifs afin de créer un produit capable si besoin de remplacer la nitroglycérine, jugée trop instable, dans la fabrication de propergols liquides⁵.

¹ https://www.esa.int/fre/ESA_in_your_country/France/Les_grands_noms..., *op cit.*

² Olivier Hardouin Duparc, Pierre Auger et Lise Meitner : comparaison de leurs contributions à l'effet Auger, *Reflets de la physique*, n°18, mars 2010.

³ Philippe Varnoteaux, *L'aventure spatiale...*, *op cit.*

⁴ *Ibid.*

⁵ Déclaration de J. Sorlet, ingénieur général et directeur de la DEFA. Archives du SHD, fonds déposé par Roland Hautefeuille, 1 K 898, AI Z 32605.

Plusieurs branches de l'astronautique bénéficient donc de recherches menées dans les décennies qui précèdent la Seconde Guerre mondiale. Ces recherches s'accompagnent également d'idées innovantes des membres de l'astronautique française.

B. L'astronautique dans le futur

Les recherches en astronautique en ce début du XX^e siècle sont marquées par des idées et théories innovantes de la part des ingénieurs, inventeurs et scientifiques français. Certains d'entre eux imaginent à terme quelles pourraient être les utilisations futures des fusées et autres engins spatiaux, que ce soit du point de vue des transports ou des recherches scientifiques par exemple.

C'est notamment le cas encore une fois de Robert Esnault-Pelterie. Sa vision de l'astronautique ne s'arrête pas seulement aux voyages interplanétaires. Il voit en effet à travers la fusée non seulement un moyen d'atteindre d'autres mondes dans l'Espace, mais aussi un moyen de révolutionner le domaine des transports aériens, alors que l'aviation commerciale commence peu à peu à s'imposer.

L'ingénieur considère d'ailleurs l'astronautique « *non pas comme un mythe Julesvernien* » mais comme un prolongement de l'aviation ». Afin de donner une certaine utilité aux fusées, il y met quelques conditions. Il faut bien sûr régler le problème de la propulsion, afin de pouvoir atteindre la fameuse vitesse initiale de 11180 mètres par seconde. Il compte aussi sur l'énergie atomique qui pourrait selon lui jouer très prochainement un rôle dans la propulsion des fusées, mais il faut pour cela que les physiciens parviennent à apprivoiser cette énergie¹.

A l'aide des fusées, Esnault-Pelterie prévoit leur utilisation pour effectuer des sondages dans l'atmosphère afin de l'étudier plus en profondeur et surtout de mieux adapter les fusées à la haute-atmosphère, pour y faciliter leur circulation. Il parle ainsi de « *fusées météorologiques*² ». L'inventeur voit également le potentiel des fusées dans le domaine des

¹ L'avenir des communications interplanétaires, *L'Echo d'Alger*, n°7547, 08/06/1930.

² *Ibid.*

communications et des transports, ils les destinent d'ailleurs comme remplaçantes des avions¹.

Il voit encore plus loin puisqu'il imagine de futurs tours du monde records rendus possibles par les fusées. Il déclare d'ailleurs à ce sujet : « *j'ai foi dans l'utilisation des fusées dans un avenir qui ne serait pas très lointain même pour les entreprises de circumnavigation terrestre*² ». Grâce à la fusée et en comparaison avec les performances des avions, les trajets seraient radicalement réduits. Esnault-Pelterie calcule ainsi que le tour du monde à bord d'une fusée serait réalisable en une heure et 26 minutes. Marseille-Alger serait possible en trois minutes, Paris-Alger en six minutes, Paris-New-York en 23 minutes. Enfin, le voyage Terre-Lune aurait une durée de 96 heures aller et retour. Il proclame d'ailleurs la phrase suivante : « *la Lune à 48 heures de Paris*³ ».

En dehors du transport, Esnault-Pelterie perçoit tout le potentiel scientifique d'un engin comme la fusée. Au cours d'une interview accordée à un grand journal américain en 1930, il déclare que sa future fusée emportera avec elle un certain nombre d'instruments scientifiques qui, selon lui, « *n'enregistreront pas seulement l'altitude et le degré de chaleur et de précision, mais qui prendront des films et photographieront le côté de la Lune que nous ne connaissons pas*⁴ ».

L'ingénieur se montre donc très intéressé par la perspective de découvrir la face cachée de la Lune, qui pourrait être enfin rendue visible grâce à une fusée équipée comme il se doit. Pour le premier voyage vers la Lune, il songe à une fusée sans pilote afin de réaliser toute une série d'expériences pour permettre le premier vol habité et donc grandement limiter les risques pour les futurs voyageurs⁵.

La fusée est peut-être aussi amenée à l'époque à jouer un rôle dans la distribution du courrier, puisque des projets de postes aériennes à l'aide de fusées postales sont imaginés, ceci afin d'accélérer la distribution du courrier dans le monde entier⁶. Autre idée qui sort de l'imagination des pionniers de l'astronautique, c'est la réalisation d'une future station spatiale permanente en orbite autour de la Terre. Une idée au départ du Russe Tsiolkovski

¹ Au comité de l'Astronautique, *L'Echo d'Alger*, n°7507, 29/04/1930.

² *Ibid.*

³ L'avenir des communications interplanétaires, *L'Echo d'Alger...*, *op cit.*

⁴ Voyage circulaire autour de... la Lune, *L'Echo d'Alger*, n°7794, 10/02/1931.

⁵ *Ibid.*

⁶ Alexandre Ananoff, *Des premières fusées...*, *op cit.*

et reprise par l'Allemand Oberth en 1923 dans sa thèse *Die Rakete zu den Planetenräumen*¹. Une idée analysée par Ananoff dans son article « *Les stations cosmiques sont-elles possibles ?* », publiée dans la revue *L'Aéro* du 23 septembre 1938. Ce dernier développe aussi l'idée des routes interplanétaires avec son article « *La planète Mars et la signalisation interplanétaire* », publié dans *Jeunesse Magazine* le 23 juillet 1939².

L'entre-deux guerres est donc marqué par une myriade d'idées et théories en matière astronautique, notamment de la part des chercheurs français. Plusieurs utilisations possibles de la fusée sont donc envisagées. Un autre chercheur français va également apporter une importante innovation dans le domaine des fusées et de l'astronautique.

II. Les travaux de Louis Damblanc

A. Un pionnier novateur

Les pionniers français de l'astronautique se montrent certes innovants, du moins dans la théorie. Mais les essais en vol de fusées se font attendre dans les décennies qui précèdent la Seconde Guerre mondiale. En effet avant les années 1930, aucune fusée française n'a encore décollé. Chose qui va être corrigée par un ingénieur français qui expérimente seul de son côté des modèles expérimentaux de petites fusées. Il s'agit de l'ingénieur Louis Damblanc, né à Lectoure dans le Gers le 29 juin 1889³, et qui effectue ses études supérieures à l'Institut Electrotechnique de Grenoble (IEG) dont il sort diplômé en 1910⁴.

Avant de réaliser des travaux dans le domaine de l'astronautique, il se distingue dans un premier temps en aéronautique. C'est ainsi qu'en 1915, il crée un cabinet d'ingénieurs au sein de l'Institut des recherches aéronautiques, après avoir été mobilisé à la Direction des inventions⁵. Au lieu d'étudier de nouveaux modèles d'avions, il s'intéresse plutôt aux voilures tournantes, aux autogires et aux hélicoptères. Il travaille d'ailleurs sur un prototype

¹ Kenneth Gatland, *Encyclopédie visuelle de l'exploration de l'Espace*, Bordas, 1982, coll. Encyclopédie visuelle.

² Pierre-François Mourieux et Philippe Varnoteaux, *Alexandre Ananoff...*, *op cit*.

³ Henri Altaribo et Pierre Leoutre, Louis Damblanc, scientifique, élu politique et publiciste, *Bulletin de la société archéologique, historique, littéraire et scientifique du Gers*, avril 1998.

⁴ <http://www.3af.fr/article/culture/louis-damblanc-pere-des-fusees-etages-0> 2016-12-01 10:26:48

⁵ *Ibid*.

d'hélicoptère à partir de 1917 à la demande du gouvernement français, pour le compte du ministère de la Guerre¹. Il réalise à cette occasion un moteur rotatif. Il effectue tout de même quelques recherches sur la propulsion pour avion et les moteurs à réaction².

Très impliqué dans l'aéronautique, Damblanc est aussi un homme de presse. Il est par conséquent l'auteur de nombreux articles en lien avec cette discipline. Il fonde également des hebdomadaires comme *L'aviation française* en 1926. En 1929, il reprend le mensuel *La vie aérienne et sportive*. Il fusionne ces deux revues pour créer *La vie aérienne*. L'ingénieur vient s'exprimer à la radio au sujet de l'aviation. Il anime en effet l'émission *Le quart d'heure de l'aviation française* sur Radio Vitus en 1931³.

Au cours de ses travaux en aéronautique, il présente en 1928 devant la Société des ingénieurs civils un brevet pour un moteur à compression variable⁴. C'est finalement à partir de 1929 que Damblanc se tourne vers l'astronautique et se consacre à l'étude des fusées. Sujet qu'il avait déjà abordé une fois en 1921 dans la revue *Flight*. Il y avait en effet consacré un article au sujet des torpilles aériennes⁵. Ses premiers travaux sur les fusées concernent la propulsion. Il rédige à ce sujet deux mémoires sur *Les fusées auto-propulsives à explosifs*, édités par l'Office national des recherches scientifiques et industrielles et des inventions, fondé en 1922, un précurseur du futur Centre national de la recherche scientifique (CNRS)⁶.

Lorsqu'il commence ses travaux sur les fusées, Damblanc voit dans cet engin l'occasion de mettre au point un engin utilitaire aux multiples fonctions. Il envisage ainsi plusieurs applications possibles pour les fusées. Il serait alors possible de créer des fusées postales, idée déjà existante. Autre piste possible : créer des fusées à signaux ou des fusées lance-amarre afin de venir plus facilement en aide aux navires en difficulté. Damblanc prévoit aussi l'utilisation des fusées pour effectuer des sondages dans l'atmosphère et la stratosphère, idée qu'il partage avec Esnault-Pelterie⁷. Il a également l'idée de fusées d'assistance au décollage ou des fusées qui ont pour fonction de soutenir les troupes en cas

¹ Henri Altaribo et Pierre Leoutre, Louis Damblanc..., *op cit.*

² Philippe Varnoteaux, *L'Aventure spatiale...*, *op cit.*

³ <http://www.3af.fr/article/culture/louis-damblanc-pere-des-fusees-etages-0...>, *op cit.*

⁴ Henri Altaribo et Pierre Leoutre, Louis Damblanc..., *op cit.*

⁵ <http://www.3af.fr/article/culture/louis-damblanc-pere-des-fusees-etages-0...>, *op cit.*

⁶ *Ibid.*

⁷ *Ibid.*

de guerre. Donc des fusées de ravitaillement, que ce soit en vivres, munitions et matériels médicaux, et qui seraient récupérées grâce à des parachutes¹.

A côté de ces projets de fusées utilitaires, Damblanc réalise surtout des études fondamentales sur le fonctionnement des fusées à poudre. C'est en effet au début des années 1930 à l'Institut aérotechnique (IAT) de Saint-Cyr puis à l'Ecole centrale de pyrotechnie (ECP) de Bourges qu'il oriente ses recherches sur les moteurs-fusées à propergols solides. Il privilégie ces derniers aux propergols liquides car à son sens, il n'y a pas de perte de temps au moment des essais avec le remplissage du réservoir. Les propergols solides étant déjà stockés dans la fusée avant l'essai, la fusée est disponible de suite. Il faut ajouter que de plus, la France est à la pointe de la recherche sur les propergols solides, surtout les poudres, depuis le XIX^e siècle².



Louis Damblanc (à droite) présentant une de ses fusées © 3AF

Dans l'objectif de réaliser ses études sur le fonctionnement des fusées à poudre, Damblanc développe un banc d'essais statiques qu'il fait installer sur le terrain de l'IAT. Ce banc d'essai révolutionnaire lui permet ainsi de déterminer la poussée d'une fusée en mesurant l'écrasement d'un ressort à l'issue de l'essai. Le banc d'essai est équipé d'autres instruments. En effet l'évolution de la poussée en fonction du temps est mesurée au moyen d'un bras qui transmet le déplacement du ressort à une aiguille. Aiguille qui inscrit ces variations sur un tambour entraîné par une horloge. Un repère mobile prend lors de l'écrasement maximal une position qu'il conserve³.

¹ https://www.esa.int/fre/ESA_in_your_country/France/Les_grands_noms..., *op cit.*

² Philippe Varnoteaux, *L'aventure spatiale...*, *op cit.*

³ <http://www.3af.fr/article/culture/louis-damblanc-pere-des-fusees-etages-0...>, *op cit.*

Toujours sur le banc, une caméra enregistre les déplacements du ressort. Afin de repérer les temps sur le film, une pendule battant les secondes et visible à grande distance est associée au montage. Grâce au film, il est possible d'avoir des informations sur les phénomènes qui accompagnent la combustion, notamment l'allure des flammes et l'intensité sonore du jet incandescent. Autre innovation de Damblanc, un dispositif qui permet d'opérer en plein air avec des charges importantes tout en se tenant à distance de la fusée. Ce dispositif fait l'objet d'un brevet déposé en 1936 (N° 802.422)¹.

En plus de ces travaux sur le banc d'essai, l'ingénieur publie une étude sur les essais au point fixe, intitulée *Essais au point fixe – Applications des résultats expérimentaux à l'étude du mouvement*, en avril 1935. Cette étude lui vaut d'ailleurs deux mois plus tard, le 19 juin, le prix d'astronautique Robert Esnault-Pelterie-Hirsch dont il a déjà été question². Au sujet de la propulsion à l'aide de poudre, il publie en janvier 1938 *Recherches sur les vitesses de propagation de la chaleur développée au cours de la combustion de la poudre*³.

Damblanc s'établit un véritable programme de recherche. Il compte tout d'abord travailler sur la fabrication de nouvelles poudres plus performantes en leur procurant un effort maximal. Il compte ensuite augmenter ce niveau maximal dans de fortes proportions tout en évitant une hausse trop sensible de la vitesse de combustion. L'ingénieur prévoit d'employer des enveloppes métalliques capable de résister à la chaleur tout en ayant un faible poids. Il souhaite également conduire une étude expérimentale des trajectoires de fusées puissantes basée sur l'observation directe⁴.

Il y a une dernière étape qui sera commentée plus tard. Damblanc effectue donc ses essais au point fixe avec des fusées équipées de charges de poudre allant de 375 grammes à quatre kilogrammes, toujours à l'IAT⁵. Ces essais débutent donc en mars 1932, sur différents types de fusées chargées en poudre noire. Il s'agit encore de fusées utilitaires puisqu'il s'agit de fusées lance-amarre de et de fusées paragrêles, une fabriquée par la Maison Ruggieri et l'autre fabriquée par l'ECP⁶. Ces expérimentations vont être l'occasion pour Damblanc de mettre en œuvre de nouvelles innovations très importantes dans l'Histoire de l'astronautique.

¹ <http://www.3af.fr/article/culture/louis-damblanc-pere-des-fusees-etages-0...>, *op cit*.

² Louis Damblanc, Les fusées autoproductives à explosifs. Essais au point fixe – Applications des résultats expérimentaux à l'étude du mouvement, *L'Aérophile*, n°7, juillet 1935.

³ <http://www.3af.fr/article/culture/louis-damblanc-pere-des-fusees-etages-0...>, *op cit*.

⁴ Alexandre Ananoff, *Des premières fusées...*, *op cit*.

⁵ *Ibid*.

⁶ <http://www.3af.fr/article/culture/louis-damblanc-pere-des-fusees-etages-0...>, *op cit*.

B. Les fusées à étages de Damblanc

Louis Damblanc s'est donc établi un programme de recherches pour ses fusées. Il reste cependant une étape dans ce programme qui demeure la plus innovante. Il envisage en effet la multiplication des étages de combustion, de manière à prolonger très sensiblement la durée de combustion totale¹. L'idée est donc de concevoir des engins qui larguent leurs réservoirs de carburants vides au fur et à mesure de leur trajet².

Une idée révolutionnaire, mais ce n'est cependant pas Damblanc qui y a pensé le premier. En effet, cette idée de fusée à étages, dit fusée-gigogne, est une idée très ancienne. Il faut remonter pour cela au X^e siècle après J.-C, où un poète persan du nom de Ferdousi imagine un engin gigogne. Son héros lance une flèche qui se sépare en plusieurs parties au fur et à mesure de sa trajectoire³.

Des siècles plus tard en 1676, une figure extraite du Grand art d'artillerie de Simienowicz présente une fusée-gigogne⁴. En 1774, la Grande Encyclopédie évoque une fusée-gigogne. Pourtant au cours du XIX^e siècle qui voit la renaissance des fusées de guerre de tous calibres, le concept de la fusée à étage est complètement oublié⁵. Vers la fin de ce siècle, le Russe Tsiolkovski, grand théoricien de l'astronautique, imagine à nouveau le concept des fusées à étages. Il s'agirait déjà de fusées qui se débarrassent de leurs réservoirs lorsqu'ils sont vides au cours de leur trajet⁶.

Au XX^e siècle en 1911, l'idée refait son apparition. L'ingénieur français André Bing remet au goût du jour l'usage de la fusée à étages. Il affirme en effet dans un brevet « *qu'un dispositif gigogne était seul à même de permettre à une fusée de s'échapper avec plus de facilité de l'attraction terrestre* ». Aux Etats-Unis, l'Américain Goddard travaille aussi sur les fusées à étage. Il dépose en 1914 un brevet pour une fusée photographique propulsée à poudre. Cette fusée comporte deux étages. Goddard précise dans son brevet qu'il est possible de rajouter autant d'étages que l'on souhaite. En 1919, il conçoit et expérimente une fusée-

¹ <http://www.3af.fr/article/culture/louis-damblanc-pere-des-fusees-etages-0...>, *op cit*.

² Henri Altaribo et Pierre Leoutre, Louis Damblanc..., *op cit*.

³ Rapport de Jean-Jacques Barré, ingénieur militaire général de l'armement, cadre de réserve, Paris, « Fusées et satellites »..., *op cit*.

⁴ *Ibid*.

⁵ Alexandre Ananoff, Reparlons des fusées-gigognes, *L'Aérophile*, n°7, avril 1947.

⁶ Pierre de Latil, Hommage à Louis Damblanc, *Le Figaro*, 27/09/1967.

gigogne à poudre¹. Esnault-Pelterie se montre d'ailleurs intéressé par l'expérience de Goddard².

En Allemagne à partir de 1924, l'Allemand Oberth étudie à son tour le concept de la fusée à étages. Il établit un projet théorique sur une fusée de type gigogne qui se divise en plusieurs fusées qui s'encastrent les unes dans les autres. La fusée ferait alors cinq mètres de hauteur, son plus grand diamètre mesurerait 55.6 centimètres et elle pèserait 554 kilogrammes. Elle fonctionnerait avec un mélange d'alcool et d'eau et avec de l'hydrogène liquide. Oberth prévoit qu'elle atteigne une altitude de 1960 kilomètres et que le dernier étage redescende à l'aide d'un parachute. Toutefois, il ne met pas son projet en pratique³.

Damblanc s'intéresse donc à ce concept de fusée à étages et va devenir le premier à mettre en pratique l'idée de Tsiolkovski. Il débute ses recherches sur le sujet en mars 1932 sur des fusées chargées en poudre noire. Il y a d'abord une fusée lance-amarre capable de traîner un filin jusqu'à 400 mètres de distance pour établir une liaison entre un navire naufragé et la côte. Elle comporte deux étages mais qui ne sont pas conçus pour se séparer en vol. Vient ensuite une fusée paragrêle fabriquée par la Maison Ruggieri puis une fusée du même type fabriquée par l'ECP de Bourges. Cette dernière comprend quatre blocs de poudre comprimée. Toutes ces fusées sont stabilisées à l'aide d'une baguette latérale⁴. Le 6 mars 1932, la plupart des essais sont enregistrés sur film sonore⁵.

Les résultats de ces expériences sont publiés en avril 1935 dans la revue *Recherches et innovations* de l'Office national des recherches scientifiques et industrielles et des inventions. A partir de ces résultats d'essais au banc, Damblanc établit des lois sur le comportement des fusées, notamment leurs performances en altitude zénithale⁶. Le but de ces expériences est donc la construction, l'expérimentation et la mise au point de fusées à explosifs capables d'atteindre de grandes hauteurs zénithales, notamment la stratosphère, ainsi qu'une longue portée de plusieurs dizaines de kilomètres. Malgré le fait que ces expérimentations soient encourageantes, Alexandre Ananoff pense en 1940 que les fusées

¹ Alexandre Ananoff, *Reparlons des fusées-gigognes...*, *op cit.*

² A. Colombani, *Un voyage interplanétaire...*, *op cit.*

³ Alexandre Ananoff, *Reparlons des fusées-gigognes...*, *op cit.*

⁴ <https://www.3af.fr/article/culture/louis-damblanc-pere-des-fusees-etages-0...>, *op cit.*

⁵ Alexandre Ananoff, *Des premières fusées...*, *op cit.*

⁶ <https://www.3af.fr/article/culture/louis-damblanc-pere-des-fusees-etages-0...>, *op cit.*

de Damblanc ne pourraient pas dépasser une portée au-dessus de 25 kilomètres, même parfaitement au point¹.

Damblanc avait prévu de travailler sur l'amélioration des poudres. Cependant il ne peut développer ce point-là de son programme de recherche en raison du fait que la fabrication des poudres constitue un monopole de l'Etat. De plus, les travaux sur leur adaptation à la propulsion sont classifiés. L'ingénieur se voit donc obligé de se cantonner à la poudre noire que l'ECP de Bourges lui fournit. Il développe par-contre les autres points. Ainsi il décide d'utiliser pour la fabrication de ses fusées des enveloppes en alliage léger, et il favorise bien sûr la multiplication des étages².

Damblanc travaille également sur une autre innovation : la séparation en vol des étages de la fusée. Dans son étude d'avril 1935, il n'est pas question d'étages séparables, seulement de fusées à plusieurs charges de poudre. Mais le 17 mars 1936, il dépose un brevet (N°803.021) concernant une cartouche de projectile qui « *aille en se raccourcissant au fur et à mesure de la combustion de la charge propulsive* ». Un brevet déjà déposé en Belgique le 9 mars 1935³. Damblanc déposera ce brevet aux Etats-Unis le 12 avril 1938⁴.

Pour les fusées de Damblanc, la séparation des étages est assurée par l'emploi d'alliages fusibles à base d'étain, de plomb et de bismuth afin de réaliser des jonctions qui fondent lorsque le flux de chaleur les atteint. Donc un système de boulons explosifs, système très novateur. L'ingénieur se lance donc dans des recherches sur la propagation de la chaleur dans les fusées, recherches qu'il regroupe dans un mémoire qu'il publie en janvier 1938⁵.

A partir de 1937, Damblanc compte démarrer les essais en vol de fusées à plusieurs charges de poudres, d'abord sans séparation des étages. Les résultats de ces essais restent inconnus plusieurs années, l'occupation allemande durant la guerre empêcha leur publication. Ils ont toutefois pu être reconstitués à partir des comptes-rendus d'essais de l'étude ECP n°617 sur les fusées et engins automoteurs. Les essais en vol furent en effet réalisés sous le contrôle de l'ECP au champ de tir du polygone de Bourges⁶.

¹ Alexandre Ananoff, *L'évolution des recherches...*, *op cit.*

² <https://www.3af.fr/article/culture/louis-damblanc-pere-des-fusees-etages-0...>, *op cit.*

³ *Ibid.*

⁴ Henri Altaribo et Pierre Leoutre, *Louis Damblanc...*, *op cit.*

⁵ <https://www.3af.fr/article/culture/louis-damblanc-pere-des-fusees-etages-0...>, *op cit.*

⁶ *Ibid.*

Damblanc conçoit intégralement les fusées qu'il teste. Elles sont fabriquées à partir de tubes en acier vissés les uns aux autres et dont le diamètre est compris entre 35.5 et 38.5 millimètres. Les fusées sont chargées de blocs de poudre comprimée. L'étage inférieur est équipé d'une tuyère. Toutes les fusées sont stabilisées par une baguette de 1800 millimètres de long fixée sur le côté. Le chercheur se lance ainsi dans trois campagnes de tir successives de septembre 1937 à janvier 1938. Le premier essai a lieu le 23 septembre 1937. La campagne de 1937 porte sur trois fusées bi-étages et trois fusées tri-étages. Les fusées atteignent une portée de 1650 mètres mais Damblanc ne juge pas satisfaisant le mode de stabilisation. La seconde campagne débute le 4 janvier 1938 avec deux fusées bi-étages et deux fusées tri-étages. La baguette de stabilisation est cette fois-ci positionnée de manière axiale, mais elle cède souvent. La troisième campagne de tirs démarre le 31 janvier 1938. Une fois de plus, les baguettes de stabilisation ne donnent pas une entière satisfaction¹.



Essai en vol d'une fusée Damblanc. La fusée se sépare en deux comme prévu © *L'Aérophile*, avril 1947

Damblanc décide donc de modifier ses fusées à l'issue de ces trois campagnes de tirs. Il choisit d'augmenter la longueur des propulseurs et met au point une technique d'assemblage des étages à l'aide de manchons taraudés. Technique utilisée selon le chercheur pour « *assembler entre eux certains éléments d'une fusée à étages interchangeables en vol* ». Cette technique fait l'objet d'un brevet (N°859.352) que Damblanc dépose le 11 mai 1939. Il retravaille également la méthode de stabilisation en mettant au point un empennage doté de trois longues ailettes. Toutes ces améliorations sont

¹ <https://www.3af.fr/article/culture/louis-damblanc-pere-des-fusees-etages-0...>, *op cit.*

testées sur une fusée monoétage en avril 1939 qui mesure 750 millimètre de hauteur. Sa trajectoire est jugée bonne mais l'altitude atteinte n'est toutefois pas mesurée¹.

Après avoir validé ces solutions, Damblanc se lance dans une nouvelle campagne de tirs à partir du 24 avril 1939 avec onze fusées dont deux monoétages, sept biétages et deux tri-étages. Les monoétages pèsent 1900 grammes, les biétages entre 2645 et 2790 grammes, et les tri-étages 3680 grammes. Certains tirs sont filmés. Cette campagne de tirs est marquée par plusieurs échecs et les fusées n'atteignent une altitude maximale que de 1161 mètres².

Le 24 août 1939, l'ECP elle-même effectue trois tirs de fusées monoétages équipées d'un empennage conçu par Damblanc. L'une emporte une charge utile simulant une mine aérienne. Elle mesure alors 1.9 mètre et pèse 5120 grammes. A partir du 30 août de la même année, Damblanc réalise une nouvelle campagne de tirs. Cinq fusées, quatre biétages et une tri-étage, toujours équipées de tubes en acier. Sept autres, une monoétage, quatre biétages et deux tri-étages, comportent des tubes en alliage de magnésium. Les fusées en acier pèsent 2720 grammes (biétages) ou 3390 grammes (tri-étages). Celles en magnésium pèsent 1790 grammes (monoétage) ou 2190/2320 grammes (biétages) ou 2980 grammes (tri-étages). Les résultats de ces essais sont mitigés, la hauteur d'ascension ne dépassant pas les 1250 mètres³.

Le 7 octobre 1939, l'ingénieur teste deux nouvelles fusées biétages dont le premier étage est en acier et le deuxième en alliage de magnésium. Les fusées qui mesurent 1.10 mètre fonctionnent correctement mais n'atteignent pas la hauteur espérée. Le 31 octobre, il en teste encore une avec un seul étage en acier. Elle mesure 1.51 mètre et pèse 10.85 kilogrammes. Son fonctionnement est correct et elle s'élève à 940 mètres d'altitude. Au total, Damblanc effectue 360 tirs de fusées dont 150 sont de sa conception⁴. 120 de ces tirs sont réalisés à Bourges⁵.

Bien des années plus tard en 1967, Damblanc dévoile au Congrès mondial d'aéronautique qu'il avait tiré d'autres fusées en juillet 1938, dont une tri-étage en alliage de magnésium de 220 mètres, et une biétage. Il évoque également d'autres fusées tirées en 1939. Selon lui, ces fusées sont « *les plus puissantes construites en France à cette époque, dont la structure était obtenue en tronçonnant un corps d'obus. Capable de transporter de*

¹ <https://www.3af.fr/article/culture/louis-damblanc-pere-des-fusees-etages-0...>, *op cit*.

² *Ibid.*

³ *Ibid.*

⁴ *Ibid.*

⁵ Le Fleurantin Louis Damblanc, inventeur de la fusée à étage, *La Dépêche du Midi*, 01/11/2009.

lourdes charges, sa dérive ne dépassait pas 2%. Elle comportait trois étages qui se séparaient automatiquement après complète combustion de l'étage inférieur, grâce à un procédé de mon invention¹ ». Cette fusée faisait d'ailleurs 133 millimètres de diamètre².

Fin 1939, il revient sur ses premiers projets de fusées utilitaires en déposant un brevet (N°684.212) sur des torpilles aériennes. Il associe la propulsion de la fusée à une technique d'atterrissage à la verticale à l'aide d'un hélicoptère-parachute de type autogire. Il n'envisage pas ces torpilles aériennes pour un usage militaire mais pour le transport de vivres, de munitions, de courriers postaux ou de marchandises vers des endroits difficilement accessibles. Egalement pour le transport de personnes³. En plus du prix d'astronautique Esnault-Pelterie-Hirsch de 1935, Damblanc a également été récompensé par l'Office national des recherches scientifiques et par la Société d'encouragement au progrès pour ses travaux sur les fusées auto-propulsives à explosifs⁴.

Finalement durant les années 1930, Louis Damblanc a beaucoup contribué aux progrès des moyens d'essais en vol grâce à son banc d'essai révolutionnaire, capable donc d'enregistrer un grand nombre de variables⁵. Il est aussi le premier à utiliser des matériaux modernes supportant des pressions soixante fois supérieures à celles connues jusqu'alors⁶. Surtout, Damblanc est reconnue bien des années plus tard comme le père des fusées à étages. C'est ainsi que par exemple, Alexandre Ananoff le considère en 1990 comme le véritable père des fusées à étages⁷. Les historiens de la recherche spatiale du CNES le considèrent comme le créateur des « systèmes de séparation d'étages des fusées à poudre expérimentés à l'IAT de Saint-Cyr puis à l'ECP de Bourges⁸ ». Il faut également ajouter que Damblanc a la plupart du temps travaillé seul, ce que souligne en 1967 la Société nationale d'étude et de construction de moteurs d'aviation (SNECMA) : « Louis Damblanc a pratiquement seul étudié, fabriqué et expérimenté en laboratoire et en vol les premières fusées à étage du monde⁹ ». Damblanc a donc beaucoup apporté à la jeune astronautique française, bien que

¹ <https://www.3af.fr/article/culture/louis-damblanc-pere-des-fusees-etages-0...>, *op cit.*

² Le Fleurantin Louis Damblanc..., *op cit.*

³ <https://www.3af.fr/article/culture/louis-damblanc-pere-des-fusees-etages-0...>, *op cit.*

⁴ Henri Altaribo et Pierre Leoutre, Louis Damblanc..., *op cit.*

⁵ https://www.esa.int/fre/ESA_in_your_country/France/Les_grands_noms..., *op cit.*

⁶ Le Fleurantin Louis Damblanc..., *op cit.*

⁷ Alexandre Ananoff, *La Dépêche du Midi*, 29/03/1990.

⁸ Claude Carlier et Marcel Gilli, *Les trente premières années du CNES*, La Documentation française, 1994.

⁹ *Le journal de la SNECMA*, n°137, décembre 1967.

son mérite ne soit reconnu que bien plus tard. Il sera pourtant rendu compte plus loin qu'il est le seul Français à avoir fait voler des fusées avant le début de la Seconde guerre mondiale.

Chapitre 3 : la fusée comme arme de guerre

I. Les pionniers français au service de l'armée

A. Esnault-Pelterie et le potentiel militaire des fusées

En dehors de ses rêves de voyages spatiaux, Esnault-Pelterie se rend peu à peu compte que la fusée peut servir la cause d'un autre domaine : celui du monde militaire. Il voit en effet le potentiel militaire des fusées et tente ainsi d'en convaincre l'armée. Pourtant certains militaires travaillaient déjà sur l'utilisation de fusées dans l'armée, mais en tant qu'arme. Il est possible de citer l'exemple du capitaine Lepinte. Ce dernier envisage en 1924 la possibilité d'accroître la sécurité des avions par le biais d'un dispositif réactif¹.

Ce dispositif fonctionne à l'aide d'une ou plusieurs petites fusées auxiliaires qui sont fixées sur l'avion. Ainsi en cas de chute libre, le pilote peut activer les fusées pour ralentir la chute et donc se sauver la vie. Et en cas de perte de vitesse, il les active pour pouvoir réaccélérer. Lepinte préconise l'emploi de poudre pour le fonctionnement des fusées. Son projet est soumis à la Section technique de l'Aéronautique (STAé). Il est jugé possible en théorie et en pratique, mais il n'y a cependant pas eu de suite².

Quelques années plus tard en 1936, l'ingénieur Camille Rougeron pense quant à lui utiliser les fusées comme projectiles armés. Il présente donc un projet de bombe-fusée qui ne convainc cependant pas l'armée³. Esnault-Pelterie donc voit à travers la fusée l'arme du futur. A partir de 1927 déjà, peu après sa conférence du 8 juin, il reprend ses études sur les fusées, patronné par son ami personnel le général Ferrié⁴. Convaincu de son idée de fusées militaires, il établit un rapport secret avec ses collaborateurs qu'ils remettent au général

¹ Alexandre Ananoff, *L'évolution des recherches...*, *op cit.*

² *Ibid.*

³ Philippe Varnoteaux, *L'aventure spatiale...*, *op cit.*

⁴ Rapport de Jean-Jacques Barré, ingénieur militaire général de l'armement, cadre de réserve, Paris, « Fusées et satellites »..., *op cit.*

Ferrié, qui représente le ministère de la Guerre, le 20 mai 1928¹. Le rapport s'intitule *Les possibilités de bombardement à longue distance par fusées*².

Esnault-Pelterie devient donc également un pionnier dans l'utilisation des fusées à des fins militaires et stratégiques³. En introduction de son rapport, il déclare « *au cours de mes études sur ces engins, j'ai été amené à m'apercevoir de la possibilité qu'ils donnent, d'effectuer des bombardements à plusieurs centaines de kilomètres avec une rapidité de tir telle que le transport de plusieurs milliers de tonnes de projectiles serait possible en quelques heures. De plus, les installations nécessaires à terre n'entraîneraient pas de dépenses considérables et seraient sans aucun doute infiniment moins onéreuses que s'il s'agissait d'effectuer le même transport par avions ; je ne parle même pas des canons qui ne sauraient avoir une telle portée*⁴ ».

Dans son rapport, l'ingénieur signale qu'à l'étranger, des études sur les fusées sont déjà en cours. Il mentionne notamment Goddard pour les Etats-Unis, Valier, Hohmann et Oberth pour l'Allemagne ainsi que von Pirquet pour l'Autriche. Toujours dans son rapport, Esnault-Pelterie démontre qu'avec une vitesse d'éjection des gaz de l'ordre de 3000 mètres par seconde, il serait possible pour une fusée d'atteindre une portée de 2270 kilomètres. A la fin du rapport, il fait une étude comparative entre les bombardements par avions et ceux par fusées⁵.

Selon lui, les fusées présentent bien plus d'avantages que les avions. Elles sont en théorie beaucoup plus rapides, donc elles seraient quasiment impossibles à intercepter. La seule parade possible contre de telles armes serait de posséder des armes du même style, afin de menacer l'ennemi de représailles⁶. Esnault-Pelterie a donc le premier l'idée de la mise en place d'une force de dissuasion basée sur des missiles stratégiques, vision qui ne sera matérialisée que bien des décennies plus tard⁷. Il faut dire que l'ingénieur s'inquiète des

¹ Rapport de Jean-Jacques Barré, ingénieur militaire général des fabrications d'armement, « Historique des études »..., *op cit.*

² <https://www.universalis.fr/encyclopedie/espace-conquete-de-l-des-pionniers-a-la-fin-de-la-guerre-froide/>..., *op cit.*

³ *Ibid.*

⁴ Rapport de Jean-Jacques Barré, ingénieur militaire général des fabrications d'armement, « Historique des études »..., *op cit.*

⁵ *Ibid.*

⁶ *Ibid.*

⁷ <https://www.universalis.fr/encyclopedie/espace-conquete-de-l-des-pionniers-a-la-fin-de-la-guerre-froide/>..., *op cit.*

travaux allemands sur les fusées, d'autant que le traité de Versailles de 1919 ne leur interdit pas de faire de telles recherches¹.

En 1930, l'auteur Bernard Gervaise perçoit également le potentiel destructeur des fusées, qu'il considère comme une menace. Dans un article qu'il publie au *Quotidien de Montmartre*, il déclare au sujet de ce nouvel engin qu'est la fusée « *puisse-t-il ne jamais servir à autre chose, mais hélas ! n'y comptons pas trop. Jusqu'ici, toutes les inventions primitives destinées à faire le bonheur du genre humain ont été tour à tour mises au service de l'art militaire. [...] Nous verrons bientôt la fusée se substituer à l'obus dans les applications ordinaires de la balistique*² ». Alexandre Ananoff avait lui aussi perçu le potentiel militaire des fusées, chose qu'il analyse dans un article paru dans le numéro 104 de la *Revue de l'Armée de l'Air* de mars 1938, « *La fusée de guerre (son histoire, son évolution, son avenir)*³ ».

En tout cas, l'armée se montre intéressée par le rapport d'Esnault-Pelterie, ce qui vaut à ce dernier une subvention mensuelle. A partir de novembre 1930, l'ingénieur travaille sous contrat avec le ministère de la Guerre pour mener en premier lieu des recherches expérimentales sur les moteurs-fusées à liquides⁴. Il mène ses travaux à son laboratoire de Boulogne-sur-Seine et demande le détachement officiel auprès de lui du lieutenant Jean-Jacques Barré de la Section technique de l'artillerie (STA), avec lequel il travaillait déjà à titre privé depuis 1927. Ils s'étaient en effet rencontrés à la conférence d'Esnault-Pelterie cette année-là⁵. Barré doit l'aider à réaliser une fusée capable d'atteindre cent kilomètres d'altitude. Le détachement ne prend effet que le 25 septembre 1931⁶ alors qu'Esnault-Pelterie a débuté dès janvier la mise au point d'un moteur-fusée à oxygène liquide et hydrocarbure⁷.

¹ <http://www.avionslegendaires.net/biographie/robert-esnault-pelterie/2/...>, *op cit.*

² Bernard Gervaise, *Les gaîtés...*, *op cit.*

³ Pierre-François Mourieux et Philippe Varnoteaux, *Alexandre Ananoff...*, *op cit.*

⁴ Jacques Blamont, *Les débuts de la recherche...*, *op cit.*

⁵ Rapport de Jean-Jacques Barré, ingénieur militaire général des fabrications d'armement, « Historique des études »..., *op cit.*

⁶ Jacques Villain, *Jean-Jacques Barré, pionnier français des fusées et de l'aéronautique*, 1993.

⁷ Kenneth Gatland, *Encyclopédie visuelle...*, *op cit.*

Durant leurs travaux, Esnault-Pelterie mène des recherches sur les propergols liquides. Selon l'ingénieur, les propergols liquides sont plus dangereux que les propergols solides, mais ils offrent plus de puissance. Et de plus, les fusées fonctionnant aux propergols liquides seraient plus faciles à contrôler que si elles fonctionnaient aux propergols solides. Ces derniers se consomment trop vite et propulsent l'engin trop violemment¹. L'ingénieur semble donc faire confiance aux propergols liquides. Pourtant en 1928, il déclarait que le mélange de liquides le plus puissant (oxygène liquide et hydrogène liquide) ne produisait pas le quart de l'énergie nécessaire pour s'arracher de l'attraction terrestre et aller sur la Lune. C'est pourquoi il préconisait alors la maîtrise de l'énergie atomique et notamment le radium².

Si Esnault-Pelterie mise beaucoup sur les propergols liquides, c'est également en raison de la thèse de l'Allemand Oberth qui lui avait valu de remporter le prix Esnault-Pelterie-Hirsch. A la lecture de cette thèse, l'ingénieur français s'était aperçu de l'avance que les Allemands possèdent sur les Français en matière de combustibles liquides, notamment l'oxygène et l'hydrogène³. Autre raison qui motive le choix d'Esnault-Pelterie, c'est le fait que c'est le Russe Tsiolkovski qui fut le premier en 1903 à évoquer l'idée d'utiliser plutôt des propergols liquides pour la propulsion des fusées, notamment de l'oxygène liquide. Or, le chercheur russe est une source d'inspiration pour l'ingénieur français. Et les expériences de l'Américain Goddard qui le conduise à faire voler le premier en 1926 une fusée fonctionnant à l'essence et à l'oxygène liquide achèvent de conforter Esnault-Pelterie dans son choix⁴. Alexandre Ananoff semble lui aussi pencher en faveur des propergols liquides, comme en témoigne son article paru dans *L'Aéro* de juin et juillet 1938 « *Comment fonctionne une fusée à combustible et comburant liquides*⁵ ».

L'ingénieur hésite pourtant encore sur les ergols liquides à employer pour réaliser une fusée stratosphérique. Il se base sur les études théoriques de son ouvrage *L'Astronautique*. Il envisage dans un premier temps l'emploi d'oxygène liquide puis de tétranitrométhane liquide dont lui avait parlé l'ingénieur général Muraour⁶. Mais à cause de cet ergol, Esnault-Pelterie est victime d'un accident. Le produit provoque une explosion,

¹ Philippe Varnoteaux, *L'aventure spatiale...*, *op cit*.

² A. Colombani, *Un voyage interplanétaire...*, *op cit*.

³ <http://www.avionslegendaires.net/biographie/robert-esnault-pelterie/2/...>, *op cit*.

⁴ Rapport de Jean-Jacques Barré, ingénieur militaire général des fabrications d'armement, « Historique des études »..., *op cit*.

⁵ Pierre-François Mourieux et Philippe Varnoteaux, *Alexandre Ananoff...*, *op cit*.

⁶ Alexandre Ananoff, *L'évolution des recherches...*, *op cit*.

dont est témoin Barré, qui fait perdre quatre doigts à Esnault-Pelterie. Cet incident lui fait préférer l'oxygène liquide, plus sûr¹.

Finalement, Esnault-Pelterie choisit le couple d'ergols liquides suivant : oxygène liquide et éther de pétrole. En janvier 1932, il reçoit du ministère des armées une subvention pour la réalisation d'une fusée militaire à propulsion à liquides. Cette subvention s'élève alors à 500000F (environ 335000€)². Un financement sous-dimensionné, qui traduit bien le peu de soutien de la part des autorités militaires. En septembre 1932, l'inventeur refait des essais d'ergols solides avec la collaboration de la Maison Ruggieri. Il teste deux compositions, d'abord de la poudre noire et de l'oxalate d'ammonium le 1^{er} août, et de la poudre noire comprimée à la presse le 18 août. Dans les deux cas, la combustion est trop rapide et ne provoque qu'une faible poussée. Un ultime essai a lieu le 1^{er} septembre pour le même résultat. La Maison Ruggieri lui suggère de cesser les recherches sur les propergols solides et de se focaliser sur les propergols liquides. Esnault-Pelterie est pourtant inquiet, il craint que les propergols liquides ne dégradent la chambre de combustion et la tuyère, et donc de provoquer une obstruction qui pourrait causer l'explosion de l'appareil. Il décide par conséquent de reprendre son étude d'un jet central à haute pression qui permettrait d'éviter l'extinction de l'appareil en cas d'allumage brutal des réactifs liquides³.

Toujours en septembre 1932, le détachement de Barré auprès d'Esnault-Pelterie doit déjà prendre fin, malgré une bonne entente et collaboration, parfois marquée par quelques tensions⁴. En effet, l'administration militaire estime que l'étude des fusées ne peut absorber l'activité d'un officier. L'équipe d'Esnault-Pelterie se réduit alors qu'elle est déjà composée de peu de personnes, seulement six maximums dont un ingénieur des Arts et Métiers, Savalle et un mécanicien, Trouvenin⁵. De plus en raison des retards, des coûts des recherches et des échecs, les crédits sont suspendus⁶.

Toutefois Barré annonce juste avant son départ à son désormais ex-collaborateur que le général Weygand est tout de même disposé à doubler et même tripler les subventions accordées à ses travaux pour créer une fusée militaire à propulsion à liquides. A la condition

¹ Au cours d'une expérience, le savant Esnault-Pelterie est grièvement blessé, *L'Echo d'Alger*, n°8039, 13/10/1931.

² Philippe Varnoteaux, *L'aventure spatiale...*, *op cit.*

³ Rapport de Robert Esnault-Pelterie, *Atomiseurs pyrotechniques...*, *op cit.*

⁴ Jacques Villain, *Jean-Jacques Barré...*, *op cit.*

⁵ Rapport de Jean-Jacques Barré ingénieur militaire général des fabrications d'armement, « Historique des études »..., *op cit.*

⁶ Philippe Varnoteaux, *L'aventure spatiale...*, *op cit.*

toutefois d'obtenir des résultats d'ici trois ans¹. En 1934, le 25 mai, Esnault-Pelterie donne une nouvelle conférence à la Société des ingénieurs civils de France. Il y est essentiellement question de la détente des gaz dans les tuyères, de la combustion et de la propulsion nucléaire². Cette conférence éveille à nouveau l'intérêt du ministère de la Guerre qui accepte de nouveau de subventionner l'ingénieur dans le but de réaliser une fusée de cent kilogrammes, capable d'exercer une poussée de 300 kilogrammes et d'atteindre une portée de 300 kilomètres. Esnault-Pelterie s'installe près de Versailles, à Satory. Grâce à ses subventions, il fait construire un nouveau banc d'essai³.

Pour la réalisation de cette fusée, l'ingénieur est sous contrat avec la Direction des études et fabrication d'armement (DEFA), créée en 1933. Ses études sont alors supervisées par l'ingénieur général Desmazières et l'ingénieur principal Tercé, qui étudient tous deux les fusées à poudre⁴. Esnault-Pelterie démarre donc à Satory toute une série d'essais au point fixe. Le ministère de la Guerre lui adjoint à ses côtés un certain Monsieur Montagne pour l'assister et surtout l'aider pour les calculs⁵.

L'ingénieur fait des expérimentations sur les tuyères et la vitesse d'éjection des gaz. Il se demande par exemple pourquoi la pression à la sortie de la tuyère doit être au moins égale à la pression ambiante. Selon lui, si le rapport est exagéré, il devrait se produire un choc avant la sortie. Pourtant l'ingénieur remarque que les pionniers étrangers, comme par exemple Goddard, opèrent à très haute pression ou à pression modérée⁶. En août 1935, un moteur-fusée de sa conception parvient à délivrer une poussée d'environ 130 kilogrammes, mais cela reste bien loin des 300 kilogrammes visés⁷.

L'inventeur travaille également sur la réalisation de tuyères « ultra-réfractaires ». Ceci afin d'éviter le problème du refroidissement de l'oxygène liquide. Esnault-Pelterie émet le désir de travailler avec les savants allemands, ou du moins de pouvoir utiliser leurs connaissances. Il souhaiterait également recevoir certains matériaux que les Allemands

¹ Jacques Villain, *Jean-Jacques Barré...*, *op cit.*

² Alexandre Ananoff, *L'évolution des recherches...*, *op cit.*

³ Jean-Louis Moineau, *Les premiers de l'aventure spatiale française 1959-1979*, Editions de l'Officine, 2015.

⁴ Rapport de Jean-Jacques Barré, ingénieur militaire général des fabrications d'armement, « Historique des études »..., *op cit.*

⁵ Rapport de Robert Esnault-Pelterie, « Caractéristiques d'une tuyère et vitesse d'éjection ». Archives départementales de la Haute-Garonne, fonds déposé par l'Académie de l'Air et de l'Espace, AR.D.001 ESN, 206 J.

⁶ *Ibid.*

⁷ <https://www.universalis.fr/encyclopedie/espace-conquete-de-l-des-pionniers-a-la-fin-de-la-guerre-froide/...op cit.>

possèdent au contraire des Français afin de mener des expérimentations avec, comme le thorium¹.

En janvier 1936, il parvient à obtenir une vitesse d'éjection des gaz de l'ordre de 2400 mètres par seconde, objectif qu'il s'était fixé. Les essais de moteurs-fusées se poursuivent avec différents couples d'ergols liquides. Sont ainsi testés le couple oxygène liquide et benzine, oxygène liquide et méthane liquide, et enfin oxygène liquide et hydrogène liquide, qui demeure le plus efficace².

En mai 1936, il réussit enfin le premier essai au banc d'un moteur-fusée à liquides. Une réussite qui attire les plus hauts responsables de l'armée, qui jusque-là ne croyaient que moyennement à l'avenir des missiles autopropulsés, comme le maréchal Pétain et le général Maurin. L'armée exige alors d'assister au lancement d'une fusée le plus rapidement possible afin de juger de la viabilité de l'engin. Esnault-Pelterie souhaiterait pourtant avancer petit à petit et perfectionner le moteur et le guidage³. Les militaires se montrent pourtant impatient, le général Estienne va jusqu'à déclarer « *réaliser, c'est accepter de faire œuvre imparfaite* »⁴.

Pressé par le temps et l'armée, Esnault-Pelterie se voit obligé de renoncer à l'étude d'un guidage gyroscopique. Il consent à commencer un projet de fusée empennée qu'il baptise, en raison de son désarroi, NIC (« N'importe comment »)⁵. Finalement en décembre 1936, il parvient à faire fonctionner un moteur-fusée qui développe une poussée de 125 kilogrammes durant 60 secondes⁶. Malgré ce succès, l'ingénieur éprouve toujours certaines difficultés quant à certaines pièces, notamment la tuyère. Le 15 mars 1938, il effectue un essai avec une tuyère incomplète de sa conception, afin de voir comment se présenterait la pièce après quarante secondes sur un réacteur de cent kilogrammes. L'essai se déroule

¹ Rapport de Robert Esnault-Pelterie, « Réalisations de tuyères ultra-réfractaires ». Archives départementales de la Haute-Garonne, fonds déposé par l'Académie de l'Air et de l'Espace, AR.D.001 ESN, 206 J.

² [https://www.universalis.fr/encyclopedie/espace-conquete-de-l-des-pionniers-a-la-fin-de-la-guerre-froide/...](https://www.universalis.fr/encyclopedie/espace-conquete-de-l-des-pionniers-a-la-fin-de-la-guerre-froide/) *op cit.*

³ [http://www.avionslegendaires.net/biographie/robert-esnault-pelterie/2/...](http://www.avionslegendaires.net/biographie/robert-esnault-pelterie/2/), *op cit.*

⁴ Rapport de Jean-Jacques Barré, ingénieur militaire général des fabrications d'armement, « Historique des études »..., *op cit.*

⁵ *Ibid.*

⁶ <http://calm.sopixi.fr/louis-mouillard1.htm> 2017-01-02 14:48:50

normalement mais est arrêté au bout de 37 secondes au lieu des quarante prévues en raison d'une erreur de lecture du chronomètre¹.

Finalement à la veille de la Seconde guerre mondiale, l'ingénieur obtient avec un nouveau moteur-fusée la poussée de 300 kilogrammes tant espérée. Il n'a cependant pas le temps de procéder au lancement d'une seule fusée avant le début du conflit². Il a toutefois beaucoup apporté à la jeune astronautique française grâce à ses recherches et expériences. Son ancien collaborateur, Barré, va lui aussi apporter sa pierre à l'édifice.

B. Les travaux de Jean-Jacques Barré

Barré a donc collaboré avec Esnault-Pelterie, d'abord en privé de 1927 à 1930 puis de manière officielle de 1931 à 1932 et a mené une « *carrière brillamment consacrée à l'astronautique* ». Il né en 1901 et se passionne dès sa jeunesse pour l'astronomie et l'astronautique, qui tient alors du domaine de la science-fiction³. Il entre en 1923 à l'école de pyrotechnie. Il en sort en 1924 et choisit l'armée. Il est alors affecté le 1^{er} octobre à l'école d'artillerie de Fontainebleau, où il poursuit à titre personnel l'étude de sujets astronomiques comme par exemple le rayonnement solaire. De 1923 à 1934, il publie d'ailleurs sept articles sur le domaine de l'astronomie⁴.

Le 8 juin 1927, il est nommé lieutenant d'artillerie. Cette même année, il assiste à la conférence d'Esnault-Pelterie *L'exploration par fusées de la haute atmosphère et la possibilité des voyages interplanétaires*. C'est pour lui un déclic, cette conférence est probablement à l'origine de sa vocation pour l'étude des fusées⁵. Il consacre alors ses loisirs à l'étude de la propulsion des fusées⁶. Barré écrit à Esnault-Pelterie pour lui faire part de ses réflexions sur la propulsion. C'est le début d'une correspondance qui va durer six ans,

¹ Rapport de Robert Esnault-Pelterie, « Essais de convergents métalliques réfractaires », 15/03/1938. Archives départementales de la Haute-Garonne, fonds déposé par l'Académie de l'Air et de l'Espace, AR.D.001 ESN, 206 J.

² <https://www.universalis.fr/encyclopedie/espace-conquete-de-l-des-pionniers-a-la-fin-de-la-guerre-froide/>... *op cit.*

³ « L'ingénieur militaire général Jean-Jacques Barré (1901-1978) ». Archives de l'Observatoire de l'Espace du CNES, Paris, fonds déposé par Bertrand Barré.

⁴ Jacques Villain, *Jean-Jacques Barré...*, *op cit.*

⁵ *Ibid.*

⁶ L'ingénieur militaire général Jean-Jacques Barré..., *op cit.*

marquée par plus de 300 lettres dont 102 pour la seule année 1929. Dans ces lettres, les deux ingénieurs parlent notamment de moteurs-fusées, de combustion et d'ergols¹.

Barré se trouve affecté à la STA au fort de Vincennes le 11 juillet 1927². Sur place, il débute la rédaction d'un projet de navigation interplanétaire en imaginant un engin habité susceptible de s'arracher à l'attraction terrestre. Il le nomme « éthernonef » puisque l'Espace est alors nommé « Ether³ ». Toujours en 1927, Barré commence à collaborer en privé avec Esnault-Pelterie. A partir de 1929, il s'intéresse aux travaux réalisés à l'étranger en astronautique, notamment ceux de l'Allemand Oberth⁴.

En 1930, l'artilleur étudie la combustion du méthane. En plus de cela, il apporte une aide inestimable à Esnault-Pelterie dans ses études théoriques. L'ingénieur apprécie d'ailleurs les idées originales de Barré. Ce dernier l'aide également à préparer ses conférences puisqu'il corrige ses textes. Enfin, il l'aide notamment dans la rédaction de *L'Astronautique*, le célèbre ouvrage d'Esnault-Pelterie⁵. C'est donc ainsi que l'ingénieur demande à la STA le détachement de Barré auprès de lui, ce qui est chose faite en 1931.

Au sein de la petite équipe d'Esnault-Pelterie, Barré poursuit des études théoriques et commence à mettre au point des composants de moteurs⁶. Mais en 1932, Barré est rappelé puisque l'administration militaire estime qu'un officier ne doit pas consacrer trop de son temps aux études sur les fusées. En 1933, l'officier est affecté à la Commission des poudres de guerre de Versailles (CPGV) où il ne peut consacrer que peu de temps à la poursuite de ses études sur les fusées⁷.

A partir de là, de 1935 à 1940, Barré conçoit pour la CPGV des obus-fusées propulsés par peroxyde d'azote. En effet en novembre 1935, il est autorisé par le président de la CPGV, le lieutenant-colonel Puig, ainsi que par le directeur de la STA, le général Dufrenois, à

¹ Jacques Villain, *Jean-Jacques Barré...*, *op cit.*

² Philippe Varnoteaux, *L'aventure spatiale...*, *op cit.*

³ Jacques Villain, *Jean-Jacques Barré...*, *op cit.*

⁴ *Ibid.*

⁵ *Ibid.*

⁶ *Ibid.*

⁷ Rapport de Jean-Jacques Barré, ingénieur militaire général des fabrications d'armement, « Historique des études »..., *op cit.*

entreprendre hors de son service courant des essais sur les propergols à base de peroxyde d'azote et sur les obus-fusées¹.

Barré publie donc un rapport d'études sur la combustion des propergols liquides et solides afin de comparer les deux. Les propergols liquides lui paraissent beaucoup plus efficaces. Le 8 décembre de la même année, il publie cette fois un compte-rendu où il compare les vitesses des obus de DCA existant et celles supposées des obus-fusées. Pour lui, le résultat est théoriquement sans appel. L'obus-fusée possède une vitesse bien supérieure à celle d'un obus modèle 1928 et il peut atteindre une altitude bien plus élevée².

Barré travaille beaucoup sur les propergols liquides. Selon lui, un projectile tel que l'obus-fusée doit pouvoir être tiré à tout instant et sans aucun retard. C'est pourquoi il choisit de ne pas utiliser d'oxygène liquide contrairement à Esnault-Pelterie car ce produit ne peut être introduit dans l'appareil qu'au dernier moment sous risque de complications. Il fait donc le choix d'un mélange à base de peroxyde d'azote nommé panclastite. Ce mélange s'obtient par synthèse à partir de l'air, donc il est relativement facile à fabriquer sur place. C'est aussi un produit intermédiaire dans la fabrication de l'acide azotique, il est donc facile de se le procurer³.

Dans le mélange se trouve également du benzène car sa réaction à l'oxydation est moins violente. Il y a de plus du toluène. Les proportions du mélange sont donc les suivantes : 32.2% de benze-toluène et 67.8% de peroxyde d'azote. Ceci constitue le mélange BTF. Selon Barré, le transport de projectiles chargés de ce mélange pourrait présenter des risques. En effet, s'il y a une fuite accidentelle d'un liquide dans l'autre, cela pourrait provoquer une explosion car la panclastite fermée est très sensible aux chocs⁴. Pour l'officier, il faut donc opérer comme pour les bombes des avions chargées en panclastite durant la Grande Guerre. La fusée serait donc stockée et transportée avec comme seul chargement le peroxyde d'azote. Le benze-toluène ne serait alors introduit dans la fusée qu'au pas de tir. Par-contre, si le projectile n'est finalement pas utilisé, il faut le vidanger avant de le transporter ailleurs⁵.

¹ Rapport du capitaine Jean-Jacques Barré, « Section technique de l'artillerie, Commission des poudres de guerre de Versailles, obus-fusées, propulseurs », 01/36-06/37. Archives de l'Observatoire de l'Espace du CNES, Paris, fonds déposé par Bertrand Barré.

² Jacques Villain, *Jean-Jacques Barré...*, *op cit*.

³ Rapport du capitaine Jean-Jacques Barré, « Section technique de l'artillerie »..., *op cit*.

⁴ *Ibid*.

⁵ *Ibid*.

L'artilleur étudie aussi le choix des matériaux pour la conception de la fusée. Certains aciers spéciaux qui offrent une grande résistance retiennent son attention. Ils permettraient de réaliser une fusée légère mais résistante. Son choix porte notamment sur le duralumin pour la plupart des pièces, notamment les tuyères et les enveloppes cylindriques extérieures. Barré juge le duralumin comme étant un bon conducteur de chaleur et un acier qui résiste bien au « coup de chalumeau », c'est-à-dire la période très courte de fonctionnement du propulseur¹.

Autre avantage du duralumin : il est très simple à usiner. Egalement en cas d'excès de peroxyde d'azote, ce qui sera inévitable à force de faire des essais, la flamme oxydante brûlera nettement moins des parois en duralumin que des parois en acier. Par raison d'économie, l'aluminium pur du commerce peut être utilisé pour certaines pièces, tout comme le plomb pour certains joints et l'acier ordinaire pour certaines pièces servant à raccorder l'appareil au point fixe².

Barré établit donc un programme d'essais préliminaires. Pour le peroxyde d'azote, il s'agit de rechercher un fournisseur et un transporteur. Il faut ensuite étudier sa manipulation et sa corrosivité. Pour le benze-toluène, il s'agit de trouver un mélange qui ne se congèle pas à moins dix degrés. Il faut également trouver le dosage optimal du mélange BTF. Pour les essais au point fixe, Barré prévoit un banc d'essai avec un enregistreur, un système de remplissage et de vidange, ainsi qu'un poste de commande qui fait aussi office d'abri. Pour l'appareil d'essai, il est nécessaire d'établir sa description définitive et de débiter son usinage. Enfin il faut régler les gicleurs. Au final, Barré déclarera que ce programme a été rempli de manière incomplète et que donc des essais complémentaires s'imposent avant d'effectuer le moindre essai balistique en plein vol³.

En 1937, l'artilleur reçoit de la part du ministère de la Guerre une prime de 6000F (environ 3420€) pour la qualité de ses recherches⁴. Durant l'année 1937, il effectue quatre essais au point fixe. Au premier, le démarrage n'a pas lieu. Pour les trois autres, le propulseur a bien démarré mais le fonctionnement s'est arrêté dès le début pour diverses avarices. Le premier essai a lieu le 9 février. Sont présents Barré, le lieutenant-colonel Puig, Baratier, Hamard et Lécivain du CPGV. Le remplissage se fait sans incident mais à la mise à feu, les

¹ Rapport du capitaine Jean-Jacques Barré, « Section technique de l'artillerie »..., *op cit.*

² *Ibid.*

³ *Ibid.*

⁴ Jacques Villain, *Jean-Jacques Barré...*, *op cit.*

liquides ne s'enflamment pas. La vidange se fait aussi sans incident. Aucune pression et poussée n'ont été exercées et donc pas d'allumage. Et au rinçage après la vidange, de l'acide nitrique s'est formée et a détérioré tout ce qui n'était pas en duralumin, ce qui prouve bien la fiabilité de cet acier¹.

Le deuxième essai a lieu le 3 mars. Sont présents les capitaines Barré et Gratsac, le lieutenant Garnier et Baratier et Hamard. Cette fois les liquides s'enflamment, de la fumée s'échappe de la tuyère mais disparaît aussitôt. La fin de la combustion est marquée par une détonation sourde. Des traces de pression sont constatées après démontage. Le troisième essai se déroule le 19 mars avec les mêmes personnes à part Gratsac. Le démarrage est bon et la flamme régulière. Mais la combustion cesse aussitôt, recommence mais est alors très faible. Il y a encore des traces de pression. Enfin le dernier essai a lieu le 16 avril avec une tuyère modifiée. Dès la mise à feu, l'appareil saute et les ingénieurs se rendent compte après démontage qu'un joint a été oublié. Ce qui a causé l'apparition d'une petite poche de mélange qui s'est enflammée à la mise à feu et a fait sauter l'engin. Il est probable que le peroxyde d'azote ait légèrement débordé au moment du remplissage².

A l'issue de ce dernier essai, l'appareil est irréparable. L'expérimentation est au final incomplète mais il y a des résultats. Certaines pièces ont pu être perfectionnées. Un propulseur assez léger pour permettre la construction d'une fusée de 120 millimètres a été réalisé. L'allumage est mis au point. Egalement la possibilité de faire brûler des mélanges auto-combustibles à base de peroxyde d'azote. Barré est convaincu qu'un tel mélange peut être utilisé sans danger à condition de prendre quelques précautions élémentaires³.

L'officier établit les essais complémentaires à réaliser. Il souhaite déjà obtenir au point fixe un fonctionnement durable du propulseur et pas simplement le démarrage. Il souhaite continuer à perfectionner d'autres pièces, reprendre les recherches sur le dosage optimal des liquides. Il compte surtout tester dans un avenir proche un prototype principalement alimenté en benze-toluène. Pour ces essais, Barré a bénéficié de l'aide de la société des produits azotés, l'Aluminium Français, le capitaine Texeraud qui a organisé le point fixe. Il y a aussi le capitaine Garnier qui l'a aidé à organiser les tirs, Monsieur Giret qui est le chef d'équipe de l'atelier du CPGV et qui a beaucoup aidé pour les travaux d'usinage. Il y a enfin Baratier et Hamard qui se portaient volontaires pour les opérations

¹ Rapport du capitaine Jean-Jacques Barré, « Section technique de l'artillerie »..., *op cit.*

² *Ibid.*

³ *Ibid.*

déliçates et le personnel du laboratoire qui a fourni tous les renseignements demandés par Barré¹.

Finalement après ces essais, Barré choisit de revenir au mélange préconisé par Esnault-Pelterie : l'oxygène liquide et l'éther de pétrole². L'officier poursuit ses expérimentations. Le 6 juin 1938, il tente un nouvel essai au point fixe d'un obus-fusée, l'essai se solde par l'explosion de l'engin. En 1939, il reçoit une nouvelle prime du ministère de la Guerre, cette fois-ci de 2000F (environ 960€), toujours pour la qualité de ses recherches. Le 8 juillet, il publie un rapport sur l'intérêt d'utiliser des projectiles tubulaires. Il démontre qu'en théorie, un projectile de ce type et de calibre 240 tiré à 1100 mètres par seconde pourrait avoir une portée de 101 kilomètres, alors qu'un obus classique n'atteint que 53 kilomètres³.

Barré a donc lui aussi grandement contribué à l'astronautique française, notamment en ce qui concerne les fusées à usage militaire. Mais à l'image de son ancien mentor, Esnault-Pelterie, il n'a pu procéder au moindre essai en vol de fusées avant le début de la Seconde guerre mondiale. Finalement, seul Damblanc a fait voler des fusées en France avant 1939. Pourtant chez le voisin allemand, les progrès en astronautique ont été beaucoup plus rapides et concluants...

II. De l'autre côté du Rhin

A. Structuration de l'astronautique allemande

La France n'est pas la seule puissance européenne à s'intéresser de près à l'astronautique et donc aux fusées. Le voisin et rival allemand éprouve également un vif intérêt pour ces engins, et ce depuis le tout début du XX^e siècle. Il a en effet été dit précédemment que l'Allemand Alfred Maul avait fait fonctionner en 1906 une fusée équipée d'un appareil photo. Fusée qui lui avait donc permis de prendre un cliché depuis les airs d'un

¹ *Ibid.*

² Rapport de Jean-Jacques Barré, ingénieur militaire général des fabrications d'armement, « Historique des études..., *op cit.*

³ Jacques Villain, *Jean-Jacques Barré..., op cit.*

village allemand¹. Il est donc intéressant de jeter un œil aux progrès allemands dans le domaine de l'astronautique.

Le projet de Maul ne va pas plus loin en raison de l'aviation jugée plus efficace dans le domaine de la photographie aérienne. En dehors de l'expérience de Maul, un autre personnage s'intéresse beaucoup à l'astronautique : Hermann Oberth. Au même titre qu'Esnault-Pelterie, il est considéré comme l'un des pères de l'astronautique. Très tôt, il s'intéresse à la physique et aux techniques, et prend connaissance des travaux de Tsiolkovski. A partir de 1911, il élabore ses premières théories en matière d'astronautique².

Il se rend rapidement compte qu'il serait tout à fait possible de transformer les fusées en armes balistiques à longue portée afin de supplanter les canons. C'est pourquoi en 1917, il propose au ministère de la Guerre allemand d'entreprendre l'étude d'un missile balistique à longue portée. Son idée est cependant rejetée, ce qui le conduit à s'intéresser plutôt aux possibilités que la fusée offre en matière d'exploration spatiale³.

Malgré le refus du gouvernement, Oberth poursuit ses travaux en matière d'astronautique. A cette occasion, il publie en 1923 sa thèse *Die Rakete zu den Planetenräumen (La fusée dans les espaces interplanétaires)*. Il y expose ses idées de voyages interplanétaires et de la réalisation d'une station spatiale, idée qu'il reprend à Tsiolkovski. Oberth évoque aussi l'idée de satellites artificiels en orbite autour de la Terre, et il décrit également les conditions d'un voyage spatial. Il imagine d'ailleurs une fusée à deux étages, où le premier étage comporte un réservoir à alcool et oxygène liquide, tandis que le second a un réservoir à hydrogène et oxygène liquide. L'Allemand préconise donc l'emploi de propergols liquides plutôt que solides. Enfin il imagine le guidage de la fusée par gyroscope⁴.

Cette thèse permet à Oberth d'être lauréat du prix d'astronautique Esnault-Pelterie-Hirsch. Ses projets de fusées intéressent le réalisateur de films Fritz Lang, qui l'engage en 1928 comme conseiller scientifique de son nouveau film *La femme sur la Lune*. Pour les besoins publicitaires du film, il est censé concevoir une fusée mais le temps lui manque pour l'achever⁵. En 1929, il publie un nouvel ouvrage, *Wege zur Raumschiffahrt (Les routes des*

¹ Georges Besançon, *Une fusée photographique...*, *op cit.*

² Jacques Villain, *L'aventure millénaire...*, *op cit.*

³ Kenneth Gatland, *Encyclopédie visuelle...*, *op cit.*

⁴ Jacques Villain, *L'aventure millénaire...*, *op cit.*

⁵ *Ibid.*

voyages spatiaux)¹. Oberth conçoit par la suite un projet de fusée pour atteindre la Lune². A l'image de son confrère français Esnault-Pelterie, il estime en 1931 que le voyage vers la Lune sera possible d'ici quinze ans³.

Un autre pionnier de l'astronautique allemande, Walter Hohmann, définissait en 1925 les principes des mouvements d'une fusée dans l'espace dans *Die Erreichbarkeit der Himmelskörper (Comment atteindre les corps célestes)*⁴. L'astronautique semble donc se populariser en Allemagne au cours des années 1920 sous la République de Weimar⁵. Les fusées ne sont pas seulement envisagées pour les voyages spatiaux, mais aussi pour l'automobile. En la personne de Max Valier, la firme Opel réalise plusieurs prototypes de voitures propulsées par des fusées. Avec l'une d'elles, Valier atteint le 23 mai 1928 une vitesse de 170 kilomètres à l'heure. Ces expériences ne conduisent cependant à aucune production en série, d'autant que Valier décède en 1930 à la suite de l'explosion d'un moteur-fusée à liquides monté sur voiture⁶.

L'intérêt grandissant des ingénieurs allemands pour l'astronautique se matérialise notamment en 1927 avec la création d'un club de passionnés de l'astronautique à Breslau par Johannes Winkler et Willy Ley : la *Verein für Raumschiffahrt (Association pour les voyages dans l'espace)*. Le groupe compte notamment dans ses rangs Valier, Oberth et un certain Wernher von Braun, appelé à jouer un grand rôle dans l'Histoire de l'astronautique⁷. Bien qu'elle ait des ressources financières limitées, la VfR est tout de même très active et multiplie les publications, en particulier celle d'un journal, *Die Rakete (La fusée)*⁸.

La même année, Oberth expérimente un moteur-fusée *Kegeldüse* à la *Chemist-Technische Reichsanstadt (Bureau des normes de spécification)*. Le moteur fonctionne durant 90 secondes et consomme de l'oxygène liquide et de l'essence⁹. En juin, les membres de la VfR testent une première fusée appelée *Mirak I (Minimumsrakete)*, d'une masse de trois kilogrammes, et qui est dotée du moteur conçu par Oberth. Elle est expérimentée en vol mais

¹ Pierre Kohler et Jean-René Germain, *Von Braun contre Korolev : duel pour la conquête de l'Espace*, Plon, 1994, coll. Non Fiction.

² Bernard Gervaise, *Les gaîtés de la semaine...*, *op cit.*

³ Charles Franc, *Le temps, le nombre et l'Espace...*, *op cit.*

⁴ Kenneth Gatland, *Encyclopédie visuelle...*, *op cit.*

⁵ André Sellier, *Histoire du camp de Dora*, Paris, La Découverte, 2001, coll. La Découverte-poche Sciences humaines et sociales.

⁶ Jacques Villain, *L'aventure millénaire...*, *op cit.*

⁷ <https://museum-peenemuende.de/> 2017-03-24 16:33:47

⁸ Jacques Villain, *L'aventure millénaire...*, *op cit.*

⁹ <http://www.capcomespace.net/> 2016-10-18 08:33:09

sans grand succès¹. En septembre 1930, la VfR loue un grand terrain de 150 hectares dans la banlieue de Berlin à Reinickendorf. Les membres de la VfR le nomment Rakettenflugplatz (site d'envol des fusées)².

Sur ce site, les problèmes de la VfR restent les mêmes. Il y a toujours un certain manque d'argent, d'organisation. Il faut également pouvoir maîtriser simultanément un certain nombre de technologies³. Malgré cela, les essais de fusées se poursuivent. En 1931, Winkler teste une fusée HW1 (Hückel-Winkler N°1) qui fonctionne au méthane et à l'oxygène liquide. Elle ne s'élève cependant qu'à trois mètres du sol. Lors d'un deuxième essai, la fusée est cette fois-ci équipée d'ailerons stabilisateurs et monte à 90 mètres d'altitude et retombe à 200 mètres de son point de départ⁴.

Klaus Riedel, autre membre de la VfR, expérimente une fusée Repulsor qui atteint une altitude de 18 mètres. Il en teste une deuxième, équipée de quatre ailerons en aluminium. Celle-ci s'élève à 61 mètres et retombe à 600 mètres de son point de départ. D'autres membres mènent des tests sur d'autres versions de la Mirak I. D'abord la Mirak II, qui s'avère être un échec. Puis la Mirak III, qui le 10 mai 1931 atteint dix mètres d'altitude. D'autres Repulsor sont expérimentées. L'une atteint 61 mètres d'altitude et fonctionne à l'essence et à l'azote. L'une d'elle atteint une altitude record de 1006 mètres⁵. Et en 1932, la VfR obtient une portée de cinq kilomètres et une altitude de 1500 mètres avec une Repulsor IV⁶.

Les progrès s'enchaînent donc pour l'aéronautique allemande. Il faut remarquer que les Allemands procèdent à de nombreux tirs de fusées au début des années 1930, tandis que leurs homologues français n'en effectuent aucun, en dehors de Damblanc. Grâce à l'engouement pour l'aéronautique en Allemagne, Albert Püllenbergr fonde à Hanovre en 1932 un autre groupe d'aéronautique, la Gesellschaft für Rakettenforschung (Société de recherche de la fusée)⁷. Les nombreux travaux de la VfR vont en tout cas rapidement susciter l'intérêt des autorités militaires allemandes⁸.

¹ Alexandre Ananoff, *Des premières fusées...*, *op cit.*

² André Sellier, *Histoire du camp...*, *op cit.*

³ *Ibid.*

⁴ Kenneth Gatland, *Encyclopédie visuelle...*, *op cit.*

⁵ *Ibid.*

⁶ Jacques Villain, *L'aventure millénaire...*, *op cit.*

⁷ Kenneth Gatland, *Encyclopédie visuelle...*, *op cit.*

⁸ Jacques Blamont, *Les débuts de la recherche...*, *op cit.*

B. Militarisation de l'aéronautique allemande

Les groupes de passionnés d'aéronautique accomplissent des progrès rapides en matière de fusée. Progrès qui attirent rapidement l'attention des autorités militaires allemandes. Depuis les années 1920, la Reichswehr, l'armée de la République de Weimar, songe aux fusées en tant que projectiles armés. C'est d'ailleurs grâce au fait que le traité de Versailles de 1919 n'interdit pas aux Allemands d'effectuer des recherches sur les fusées que la Reichswehr a pu faire construire un site d'essais pour fusées dans la banlieue de Berlin à Kummersdorf¹.

Il faut noter que la Reichswehr avait en 1929 créé un bureau des engins balistiques spéciaux, rattaché à la direction de l'armement². Ce qui montre bien que l'armée allemande s'intéresse déjà à l'idée de faire des fusées des armes destructrices. En 1930, l'officier d'artillerie Karl Becker, directeur du bureau des engins balistiques spéciaux, confie au capitaine Walter Dornberger le développement d'une fusée militaire dont la portée doit être supérieure à celle des canons³.

C'est dans cette optique que les deux officiers viennent rendre visite aux membres de la VfR en 1932, afin de les inviter à poursuivre leurs essais sur le champ de tir de Kummersdorf. Sur place, von Braun devient un employé civil de l'armée allemande, sous la direction de Dornberger qui est donc chargé du développement des fusées à liquides⁴. Ce dernier le charge de mettre au point un moteur-fusée à liquides de grande puissance. Le jeune von Braun travaille sur plusieurs aspects : la qualité du métal pour construire les fusées, le profil idéal de la fusée, le guidage, les problèmes d'allumage⁵.

Les tests de fusées reprennent. Winkler expérimente par exemple une fusée HWII, qui explose au lancement⁶. Un moteur-fusée fonctionnant à l'oxygène liquide et à l'alcool est expérimenté en essai statique. Théoriquement, il doit pouvoir développer une poussée de 330 kilogrammes, mais il ne donne pas satisfaction⁷. D'autres ingénieurs allemands imaginent de nouveaux moyens d'exploiter les fusées pour frapper des adversaires lointains.

¹ Jacques Villain, *L'aventure millénaire...*, op cit.

² <http://euospace.free.fr/debut.html> 2016-10-22 15:36:29

³ Pierre Kohler et Jean-René Germain, *Von Braun contre Korolev...*, op cit.

⁴ <https://museum-peenemuende.de/>...op cit.

⁵ André Sellier, *Histoire du camp...*, op cit.

⁶ Pierre Kohler et Jean-René Germain, *Von Braun contre Korolev...*, op cit.

⁷ *Ibid.*

C'est ainsi qu'en 1933, le docteur Eugen Sänger présente un projet d'appareil supersonique, sorte de bombardier capable d'atteindre et de bombarder New-York en quelques minutes¹.

Dans le même temps à Kummersdorf, von Braun et ses collègues travaillent sur les fusées Aggregate. La première version est la A1, qui fonctionne à l'alcool et à l'oxygène liquide. D'une masse de 150 kilogrammes et d'une longueur de 1.35 mètres, cette fusée ne fonctionne pas correctement. La toute première explose même en raison d'un retard de l'allumage. L'architecture générale de l'A1 fut revue pour donner naissance à la fusée A2². En plus de ces travaux, von Braun soutient en 1934 sa thèse de doctorat à l'université Friedrich Wilhelm de Berlin. Thèse intitulée *Contributions constructives, théoriques et expérimentales au problème des réacteurs à combustibles liquides*, et classée secret d'Etat³.

Les essais de l'A2 sont menés sur l'île de Borkum en mer du Nord. Deux essais concluants ont lieu en décembre 1934 avec deux fusées baptisées Max et Moritz. Le moteur développe une tonne de poussée et les fusées atteignent 2200 mètres d'altitude. Mais leurs dimensions sont encore trop limitées⁴. A la suite de ces succès, Hitler, au pouvoir depuis 1933, décide d'accorder un budget plus important pour les recherches sur les fusées⁵. Cela se traduit en 1935 par la création à Berlin de la Technische Akademie de l'armée de l'Air. Elle comporte un institut de balistique dirigé par le professeur Cranz⁶.

Traduction de l'augmentation du budget, von Braun et son équipe reçoivent cinq millions de Marks de la part de la Luftwaffe et six millions de Marks de l'armée afin de développer des fusées toujours plus puissantes⁷. Cet argent sert notamment à la construction d'une nouvelle base de tir. En effet les installations de Kummersdorf deviennent insuffisantes pour les ambitions des ingénieurs allemands. Von Braun se rend ainsi en Poméranie dans le but de trouver le terrain idéal. Son choix se porte sur Peenemünde, sur l'île d'Usedom en mer Baltique⁸.

A partir de 1936, la Wehrmacht-Heer et la Luftwaffe commencent la construction de la base⁹. Celle-ci ouvre ses portes en 1937. Elle comporte des installations modernes telles

¹ Pierre Kohler et Jean-René Germain, *Von Braun contre Korolev...*, op cit.

² Jacques Villain, *L'aventure millénaire...*, op cit.

³ <https://museum-peenemuende.de/>...op cit.

⁴ André Sellier, *Histoire du camp...*, op cit.

⁵ <http://www.avionslegendaires.net/biographie/robert-esnault-pelterie/2/...>, op cit.

⁶ Jacques Villain, *La France a-t-elle héritée de Peenemünde*, Paris, Publication SEP, 1992.

⁷ <https://museum-peenemuende.de/>...op cit.

⁸ André Sellier, *Histoire du camp...*, op cit.

⁹ <https://museum-peenemuende.de/>...op cit.

que des tunnels de tir, des bancs d'essais statiques pour moteurs, des installations de lancement, un laboratoire de guidage, des logements, une centrale électrique, des équipements sportifs. Egalement des souffleries, systèmes utilisés pour étudier l'écoulement de l'air sur avion ou une fusée¹. La plupart des ingénieurs de Kummersdord partent pour Peenemünde, dont von Braun qui est nommé directeur technique de la base à seulement 26 ans².

A Peenemünde, Dornberger fait tracer les esquisses d'une fusée A4, donc il en sera question plus tard. Les ingénieurs procèdent aux essais des A3, versions améliorées de l'A2, mais aucune ne dépasse mille mètres d'altitude³. D'autres essais plus satisfaisants ont lieu et c'est ainsi que l'A4 fut étudiée afin de mettre au point une fusée capable d'emporter une tonne d'explosifs à 300 kilomètres de distance. Pour atteindre une telle performance, les ingénieurs allemands testent d'abord à partir de 1938 un modèle réduit de l'A4, l'A5. En 1939, deux essais en vol ont lieu avec des A5. Elles atteignent 10 kilomètres d'altitude. La performance étant plus que satisfaisante, les ingénieurs allemands décident de tenter de l'adapter à l'A4⁴.

A Peenemünde, trois grands défis technologiques à surmonter pour concevoir parfaitement l'A4 sont identifiés. Il faut maîtriser le moteur, tâche confiée à Walter Thiel. Ensuite maîtriser l'aérodynamisme sous la direction de Rudolf Hermann. Et enfin maîtriser le guidage, sous la direction d'Ernst Steinhoff. Avec tous les moyens mis en œuvre à Peenemünde, la base compte dès septembre 1939 plus de 3000 personnes qui y travaillent⁵. Les progrès sont donc rapides en Allemagne, où contrairement à leurs homologues français, les ingénieurs allemands peuvent compter sur un important soutien de la part de l'armée. Ils bénéficient donc d'installations de pointe, de budgets importants et d'équipes nombreuses, choses qui font défauts aux ingénieurs français. A la veille de la Seconde guerre mondiale, l'Allemagne semble donc posséder une grande avance sur la France en matière d'aéronautique. Le conflit à suivre va le prouver.

¹ Jacques Villain, *L'aventure millénaire...*, op cit.

² Jean-Louis Moineau, *Les premiers pas...*, op cit.

³ <https://museum-peenemuende.de/>...op cit.

⁴ *Ibid.*

⁵ André Sellier, *Histoire du camp...*, op cit.

Deuxième partie : France et Allemagne, destins croisés

Chapitre 1 : l'Allemagne supplante la France

I. L'astronautique française paralysée

A. *Les travaux français à l'arrêt*

Il a été vu dans la première partie que les ingénieurs et scientifiques français ont multiplié les études théoriques et pratiques en astronautique. Cependant les succès sont modestes, aucun essai en vol de fusée n'a lieu en France en dehors des fusées aux dimensions réduites de Damblanc. La technologie du moteur-fusée n'est maîtrisée qu'à la veille de la Seconde guerre mondiale, trop tard pour envisager des essais en vol. Le manque de moyens, de soutien de la part des autorités gouvernementales ou militaires et le manque d'infrastructures et de personnel ont limité les progrès français. Au contraire des Allemands qui voient en la fusée le moyen de développer des armes révolutionnaires sans enfreindre les clauses du traité de Versailles. Les progrès allemands ont ainsi été plus fulgurants en astronautique que n'importe quel autre pays au cours des années 1930. Le déclenchement de la Seconde guerre mondiale va maintenir dans un premier temps cet écart significatif.

En effet avec le début de la guerre et notamment avec la défaite de 1940, la très grande partie des recherches astronautiques françaises cessent. Robert Esnault-Pelterie, qui s'est démené pour parvenir à créer un moteur-fusée fiable, met un terme à ses activités dès 1940 en raison de l'Occupation. Et ce malgré le succès de ses études. C'est ce que remarque Ananoff dans la revue *L'Aérophile*. Il garde toutefois un œil attentif sur l'évolution de l'astronautique. Ananoff déclare d'ailleurs à ce sujet « *il reste pourtant le grand défenseur de l'astronautique et suit avec intérêt l'évolution des expériences poursuivies à l'étranger¹* ».

L'ingénieur compte dans un premier temps partir pour les Etats-Unis pour y développer un projet de turboréacteur. Mais il ne peut cependant se résoudre à laisser derrière lui sa famille en France. Il part donc se réfugier en Suisse avec cette dernière et y demeure

¹ Alexandre Ananoff, *L'évolution des recherches...*, *op cit.*

durant toute la durée du conflit¹. Pierre Auger qui s'intéressait quant à lui aux recherches en matière d'énergie atomique doit également stopper ses recherches. Il s'engage en 1941 dans les Forces Françaises Libres et participe par la suite à la création du groupe de recherche sur l'énergie atomique entre Français, Britanniques et Canadiens².

En ce qui concerne l'entreprise de vulgarisation de l'aéronautique menée par Alexandre Ananoff, ce dernier la poursuit durant l'année 1940. Il publie par exemple dans le numéro 274 de *La Science et la Vie* d'avril 1940 « *Où en est la fusée de guerre propulsée par réaction ?* ». Et dans *L'Aérophile*, toujours en avril 1940, il publie « *L'évolution des recherches sur les fusées à travers le monde* ». Il est cependant mobilisé par la suite dans l'armée et est fait prisonnier. Il passe le reste de la guerre en détention dans un camp de prisonnier³.

Les travaux de Louis Damblanc sont également pénalisés par la défaite de 1940. Défaite qui lui porte plusieurs préjudices. Un premier préjudice politique car il doit céder sa place de maire de la ville de Fleurance dans le Gers à une personne désignée par le gouvernement de Vichy. Et un deuxième préjudice du point de vue aéronautique. En raison de l'Occupation de la France et surtout de la collaboration entre Vichy et l'Allemagne, la France est considérée comme un pays ennemi par les Etats-Unis. De ce fait, les Américains saisissent certains brevets français, notamment ceux de Damblanc. Saisie autorisée par la législation américaine à l'égard des inventions réalisées en pays ennemis. Pour le moment, Damblanc ne touche aucune indemnité⁴. Il reprend tout de même ses travaux en 1944 et améliore son concept de torpilles aériennes. Il dépose d'ailleurs en septembre 1944 un brevet à ce sujet (N°992.881)⁵.

L'officier Jean-Jacques Barré, auteur également de travaux sur des moteurs-fusées dans les années 1930 en France, est lui-aussi forcé de mettre un terme à ses études. Car en 1940, un expert envoyé par la STA émet des réserves contre le projet d'obus-fusée de Barré. Et suite aux recommandations de cet expert, il est décidé de mettre fin aux études sur les obus-fusées, car il a été conclu que ce projet n'a aucune viabilité⁶. L'aéronautique française se retrouve donc au point mort en cette année 1940. Tout ce que peuvent faire les Français

¹ <http://www.avionslegendaires.net/biographie/robert-esnault-pelterie/2/...>, *op cit.*

² https://www.esa.int/fre/ESA_in_your_country/France/Les_grands_noms..., *op cit.*

³ Pierre-François Mourieux et Philippe Varnoteaux, *Alexandre Ananoff...*, *op cit.*

⁴ Henri Altaribo et Pierre Leoutre, *Louis Damblanc...*, *op cit.*

⁵ <http://www.3af.fr/article/culture/louis-damblanc-pere-des-fusees-etages-0...>, *op cit.*

⁶ Jacques Villain, *Jean-Jacques Barré...*, *op cit.*

en matière d'astronautique à ce moment-là, c'est d'empêcher l'astronautique allemande de faire encore plus de progrès.

B. Ralentir les recherches allemandes : la bataille de l'eau lourde

L'année 1940 est marquée par une opération menée par Henri Moureu afin d'entraver les recherches allemandes en matière d'astronautique et surtout en matière d'arme atomique. Moureu était déjà depuis quelques années sous-directeur du Laboratoire de chimie et de physique nucléaire du Collège de France, sous la direction du professeur Joliot-Curie¹. Lorsque le plan de mobilisation générale est mis en application, le laboratoire est réquisitionné par le Centre national de la recherche scientifique (CNRS), organisme créé par décret du 19 octobre 1939². Le Laboratoire prend le nom de code de Laboratoire G1S2L1. Dans ce laboratoire, des études sur l'énergie nucléaire et la bombe atomique ont lieu³.

Un élément intéresse beaucoup ces chercheurs : il s'agit de l'eau lourde, élément très rare alors. L'eau lourde est présente à la teneur de 2/10000^{ème} dans l'eau naturelle, et elle possède une densité dix fois supérieure à celle de l'eau naturelle. L'eau lourde est très recherchée par les scientifiques car elle permet de ralentir de façon efficace les neutrons durant les expériences sur la fission nucléaire. La seule méthode connue pour en obtenir est d'électrolyser de l'eau dans des cuves électrolytiques. En effet l'eau lourde s'électrolyse moins vite que l'eau naturelle et se concentre dans les résidus des cuves. Une telle opération nécessite une énorme dépense en énergie électrique. A cette époque, seule la Société norvégienne de l'azote est capable de réaliser une telle chose. Si bien qu'en 1939, la Norvège détient tout naturellement le stock mondial d'eau lourde⁴.

La même année, certains scientifiques français dont Moureu sont inquiets vis-à-vis des recherches allemandes sur les fusées, qui sont connues en partie. Ils craignent que les Allemands ne cherchent à mettre au point des armes de destructions massives qui emploient

¹ Lettre de Henri Moureu à Monsieur le professeur J. E. Dubois, directeur des recherches et moyens d'essais, Paris, 18/02/1969. Archives du SHD, fonds déposé par Roland Hautefeuille, 1 K 898, AI Z 32605.

² Ministère de l'éducation nationale, centre national de la recherche scientifique, *Journal officiel de la République française*, n°259, 24/10/1939.

³ Lettre de Henri Moureu à Monsieur le professeur J. E. Dubois..., *op cit*.

⁴ Conférence de Henri Moureu, « Connaissances de la matière, Frédéric Joliot et l'eau lourde », Bordeaux, 07/12/1970. Archives du SHD, fonds déposé par Roland Hautefeuille, 1 K 898, AI Z 32605.

l'énergie atomique. L'avancée allemande vers la Norvège confirme cette inquiétude. Il paraît donc vital de soustraire l'eau lourde aux Allemands afin de ralentir leurs recherches en matière atomique et donc de gagner du temps d'ici la fin du conflit afin de pouvoir inverser la tendance. Ainsi dès le début de la guerre, Joliot-Curie alerte le ministre de l'armement Raoul Dautry qui envoie le lieutenant Jacques Allier en Norvège afin de négocier avec le gouvernement norvégien. Ceci afin que ce dernier accepte de céder l'eau lourde à la France qui la mettra à l'abri des Allemands¹.

Les Norvégiens finissent par accepter, et l'eau lourde est transportée en France et stockée dans la cave du Laboratoire du Collège de France. A cet instant, la France possède le stock mondial d'eau lourde, environ 180 kilogrammes. En plus de la plus importante réserve d'oxyde d'uranium (environ neuf tonnes) dont Joliot-Curie avait obtenu la cession au Congo peu avant le début de la guerre. Le matin du 16 mai 1940, la nouvelle tombe : le front est percé à Sedan et les armées françaises reculent devant les Allemands. Moureu reçoit donc un appel téléphonique d'un Joliot-Curie alarmé : « *Dautry vient de me téléphoner. Il faut immédiatement mettre l'eau lourde en sûreté dans le centre de la France. Je te la confie, secret absolu, tu as carte blanche*² ».

Moureu prend contact de suite avec la Banque de France, qui accepte de recevoir le stock d'eau lourde dans sa succursale de Clermont-Ferrand. Le stock, qui porte le nom de code de produit « Z » est livré le 17 mai. Mais cinq jours plus tard, la Banque de France ne souhaite plus garder l'eau lourde, très inquiète de la situation militaire de la France qui s'aggrave de plus en plus. Moureu cherche alors un nouvel endroit où mettre à l'abri le stock. Lui est alors adjoint le professeur Trillat. Les deux hommes, après concertation, portent leur choix sur la Maison Centrale de Riom, près de Clermont-Ferrand. La décision est rapidement approuvée par Joliot-Curie et Dautry et l'eau lourde est enfermée dans une des cellules de la prison³.

Le 12 juin 1940, Moureu et Joliot-Curie s'occupent de brûler des documents qui ne sont certes pas indispensables pour les recherches en cours mais dont il est décidé qu'ils ne doivent pas tomber entre les mains de l'ennemi. Un travail qui se révèle finalement inutile car la totalité du dossier, qui appartient au ministère de l'armement, est récupéré par les Allemands. Le 16 juin, alors que les deux personnages travaillent depuis quelques jours dans

¹ Conférence de Henri Moureu, « Connaissances de la matière... », *op cit.*

² *Ibid.*

³ *Ibid.*

un nouveau et modeste centre d'études nucléaires, le lieutenant Allier arrive sur les lieux. En raison de l'avancée allemande qui s'accroît, il leur demande d'amener cette fois-ci le stock à Bordeaux¹.

Dans la matinée du 18 juin, le capitaine Bichelonne, secrétaire général du ministère de l'armement et Lord Suffolk, conseiller privé de Churchill, informent Moureu et Joliot-Curie que le stock d'eau lourde est chargé sur un navire prêt à partir pour l'Angleterre. L'eau lourde rejoint ainsi le pays allié et est définitivement à l'abri des armées allemandes. Cette première phase de la bataille de l'eau lourde est donc remportée par la France, qui au travers de Moureu et Joliot-Curie, a su mettre à l'abri le précieux produit. Plus tard au cours de la guerre, les gouvernements alliés comprennent l'importance de l'eau lourde et mettent en place des commandos chargés de détruire en Norvège occupée les installations industrielles qui fabriquent l'eau lourde². Opérations qui inspireront le film de Jean Dréville sorti en 1948 « *La bataille de l'eau lourde*³ ».

Grâce aux efforts de Moureu et de ceux qui l'ont aidé, l'Allemagne n'a pu avoir accès à l'eau lourde directement et les recherches allemandes en matière atomique ont été de ce fait ralenties. A propos de cette bataille de l'eau lourde, Moureu déclare en 1970 « *jusqu'à l'armistice allemande, notre crainte constante fut de voir la proche victoire se transformer en déroute si la science nazie avait réussi à mettre au point l'arme absolue d'une bombe atomique véhiculée par une fusée V2 à longue portée*⁴ ». Si cet événement a permis de ralentir les recherches allemandes, leurs progrès ont tout de même été impressionnants en astronautique.

¹ Conférence de Henri Moureu, « Connaissances de la matière... », *op cit.*

² *Ibid.*

³ Déclaration de J. Sorlet, ingénieur général et directeur de la DEFA..., *op cit.*

⁴ Conférence de Henri Moureu, « Connaissances de la matière... », *op cit.*

II. L'astronautique allemande s'impose

A. Les principales installations allemandes

En 1937, les Allemands avaient donc créé la base de Peenemünde sur les bords de la Mer Baltique afin de développer des fusées de plus en plus sophistiquées et de plus en plus puissantes. Les espoirs des ingénieurs allemands semblent reposer sur un modèle en particulier, la fusée A4. Les ingénieurs travaillent donc activement à Peenemünde sur cette fusée. Lorsque les premiers succès de l'A4 viennent, Hitler, qui en a été informé, convoque le 22 décembre 1942 Dornberger, l'officier en charge du programme ainsi qu'Albert Speer, le ministre de la production du Troisième Reich. Il leur ordonne à cette occasion d'installer rapidement des usines et des zones de tirs afin de lancer les fusées produites à Peenemünde¹.

Afin de pousser davantage les recherches sur l'A4, Speer crée en 1943 au sein de son ministère une commission pour le tir à longue portée (*Kommission für Fernschiessen*). En plus de ceci, la construction d'usines chimiques pour le traitement des combustibles nécessaires au bon fonctionnement des fusées et de silos pour les sites de lancements est lancée. Elle est confiée dès janvier 1943 à l'organisation Todt, qui construit entre autres le Mur de l'Atlantique². A Peenemünde, ce sont des milliers d'ingénieurs et techniciens qui travaillent à la réalisation de l'A4³. La Luftwaffe y fait construire différents types de missiles air-air, sol-air et sol-sol. Et la Wehrmacht des missiles sol-sol avec donc en tête de file l'A4. De grands investissements ont été faits lors de la construction de la base avec la mise en place de tunnels de tirs, de souffleries et de bancs d'essais statiques des moteurs⁴.

Les ingénieurs de Peenemünde semblent donc avoir tout ce dont ils ont besoin pour mettre au point une fusée technologiquement avancée et aux grands pouvoirs destructeurs. La construction de ces fusées en plein air fini par attirer l'attention des Alliés. En effet, des rumeurs se font entendre chez les pêcheurs scandinaves, dont certains prétendent avoir assisté à des tirs de fusées. Dans le même temps, la résistance polonaise tient les Alliés au courant de ces activités suspectes. Une surveillance maritime et aérienne est mise en place.

¹ http://www.ecpad.fr/wp-content/uploads/2011/02/france_espace.pdf 2016-11-21 12:02:43

² *Ibid.*

³ Jacques Villain, *La France a-t-elle...*, *op cit.*

⁴ Jean-Louis Moineau, *Les premiers pas de l'aventure...*, *op cit.*

Des A4 sont finalement aperçues à Peenemünde ainsi que des sites de lancement dans le Nord de la France, comme par exemple le blockhaus d'Eperlecques¹.

Les Britanniques décident donc d'en finir avec cette base. C'est ainsi que l'opération Hydra est mise en place et exécutée dans la nuit du 17 au 18 août 1943. Plus de 600 appareils viennent bombarder la base de Peenemünde. Finalement malgré le bombardement intense, les dégâts ne sont pas si importants que cela. Cependant les Allemands ont bien compris que le site n'est plus sûr du tout. Le site d'assemblage est alors déplacé en Thuringe près de Nordhausen, sous la colline du Kohnstein².

Là se trouve le camp de concentration de Dora-Mittelwerk, qui dépend du camp de Buchenwald. Le camp comporte donc une usine souterraine, où des civils allemands et surtout de nombreux déportés travaillent pour produire des A4 en nombre. C'est ainsi que se noue « *le lien indissoluble entre l'aventure allemande des fusées et le système concentrationnaire nazi dans les pires conditions pour les détenus concernés* ». Des milliers de déportés y travaillent donc de force, et nombre d'entre eux succombent³. Habermann, ingénieur à Peenemünde, déclare ainsi au sujet du camp « *un jour, j'ai dû livrer du matériel à Mittelwerk. Certains déportés étaient mieux traités que d'autres. Mais je me suis dépêché de repartir tout de suite, frappé par l'ambiance dantesque qui régnait dans ce tunnel. J'ai compris qu'il valait mieux se taire pour éviter de retourner au front ou d'endosser soi-même la tenue rayée*⁴ ».



Entrée d'un tunnel de l'usine Mittelwerk du camp de Dora, Allemagne avril-mai 1945 © US Holocaust Memorial Museum

¹ André Sellier, *Histoire du camp...*, *op cit.*

² *Ibid.*

³ *Ibid.*

⁴ Vincent Nouzille et Oliver Huwart, *Comment la France...*, *op cit.*

L'usine souterraine du camp comporte un vaste réseau de tunnels, plus d'une quarantaine. Les galeries de 0 à 21 sont utilisées pour les travaux de l'usine Junker, qui produit notamment des avions de combat. Toutes les autres galeries, de 22 à 42, sont chacune consacrées à la fabrication et aux tests des différents composants de l'A4. La galerie 26 est quant à elle utilisée pour les V1. Les galeries débouchent sur deux tunnels principaux de 1500 mètres de longueur. L'un est affecté au montage des A4, l'autre à celui des V1. Au bout du tunnel des A4, ces derniers y sont stockés verticalement, la hauteur du tunnel atteignant 6.15 mètres à cet endroit¹.

Le camp de Dora livre ses toutes premières A4 en 1944, l'usine n'est d'ailleurs véritablement achevée qu'en mars-avril 1944. D'août 1944 à mars 1945, environ 4575 fusées sont construites au camp de Dora. Le bilan humain est lourd, car ce ne sont pas moins de 26500 personnes qui sont décédées au camp de Dora, 15500 dans le camp et durant le transport vers celui-ci, et 11000 au moment de son évacuation. De septembre 1943 à avril 1944, 6000 détenus étaient déjà décédés dans le camp avant l'ouverture de l'usine². Un lourd tribut humain a donc été payé pour la réussite du V1 et de l'A4.

B. L'avènement du V2 et autres engins allemands

Avant l'A4, les ingénieurs de Peenemünde ont surtout conçu la bombe volante V1 ou Fieseler Fi 103. Il s'agit d'une torpille aérienne autopropulsée et lancée par une catapulte sur une rampe de lancement. Il est muni d'organes de stabilisation et de navigation, et n'est pas radioguidé. Il est également équipé d'une charge explosive qui explose à l'impact. Le V1 mesure 7.50 mètres de longueur et 5.20 mètres d'envergure. Il pèse environ 2500 kilogrammes. Une fois en vol, il atteint la vitesse de 500 kilomètres et peut atteindre une altitude comprise entre 300 et 1500 mètres. Sa portée est d'environ 250 kilomètres maximum³.

¹ Rapport sur l'usine « Mittelwerk » de Dora sur la fabrication des carénages de V2. Mission en Allemagne le 07/06/1945. Archives du SHD, fonds déposé par Roland Hautefeuille, 1 K 898, AI Z 32605.

² André Sellier, *Histoire du camp...*, *op cit*.

³ Note de la DTI, service central information technique, « La bombe volante allemande dite V1 », 30/10/1944. Archives du SHD, fonds déposé par Roland Hautefeuille, 1 K 898, 4D52.

L'engin se divise en cinq compartiments. Sa structure est faite en tôles d'acier ordinaire soudées. Le V1 est d'une extrême rusticité, ce qui rend sa fabrication rapide et économique. Il comprend un corps grossièrement fuselé, des surfaces sustentatrices et directrices ainsi qu'un propulseur. Les premiers essais du V1 sont marqués par de nombreux ratés et accidents qui rendent dangereuses les opérations de lancements pour les personnes qui en sont chargées. Il faut compter environ deux mois pour construire une rampe de lancement. Plusieurs centaines sont d'ailleurs installées dans le Nord de la France, souvent à l'abri d'un bois pour que les installations soient peu visibles et vulnérables le temps des travaux. A plein régime, une rampe de lancement peut théoriquement lancer un V1 toutes les cinquante minutes environ. Une cadence qui ne sera d'ailleurs jamais atteinte de façon régulière par aucune des rampes en service lorsque le V1 sera déployé¹.

Après le V1 vient donc le V2, nouveau nom de l'A4. En effet l'un des ministres du Reich, Goebbels, lui a donné ce surnom, le « V » signifiant « *Vergeltungswaffe* » (« *arme de représailles* »)². Le V2 est une fusée stratosphérique conçue par von Braun et capable d'échapper à la DCA et aux avions³. Il est constitué de trois parties assemblées successivement. Une partie centrale (« *Mittelteil* ») constituée d'une coque cylindrique (« *Schale* »), une queue à l'arrière (« *Heck* ») et une pointe à l'avant (« *Spitze* »). La fusée est munie d'un dispositif de propulsion placé dans la partie centrale avec les réservoirs, qui sont remplis au moment du lancement. Le moteur est quant à lui situé dans la queue, et la pointe accueille les instruments de direction. Enfin le V2 est équipé d'une importante charge explosive qui est placée tout à l'avant au moment du lancement⁴.

Le V2 est bien plus complexe à réaliser que le V1. Moureu déclare d'ailleurs en 1956 à ce sujet « *on comprend alors que la fusée V2, qui contenait quelques 20000 pièces différentes, dont certaines fort délicates destinées à assujettir sa trajectoire, ait pu être utilisée sur le champ de bataille avec une précision acceptable*⁵ ». Le V2 est en réalité composé de 22000 pièces. Il mesure 14.97 mètres de haut, a un diamètre de 1.67 mètres et

¹ Note de la DTI, service central information technique, « La bombe volante... »..., *op cit.*

² André Sellier, *Histoire du camp...*, *op cit.*

³ http://www.ecpad.fr/wp-content/uploads/2011/02/france_espace.pdf..., *op cit.*

⁴ André Sellier, *Histoire du camp...*, *op cit.*

⁵ Conférence d'Henri Moureu, directeur du laboratoire municipal de Paris et de la DEFA à la Société d'encouragement pour l'industrie nationale le 18/10/1956, « Problèmes d'actualités dans le domaine des fusées ». Archives du SHD, fonds déposé par Roland Hautefeuille, 1 K 898, AI Z 32605.

pèse treize tonnes une fois les réservoirs remplis¹. Son moteur-fusée fonctionne avec un mélange d'oxygène liquide et d'alcool².

Le V2 est capable d'emporter une charge explosive de presque une tonne à environ 250 kilomètres³. L'engin présente l'avantage de ne pouvoir être brouillé comme les engins radioguidés car son guidage est purement mécanique et est réglé au départ⁴. Au niveau de la structure, le nez du V2 est très pointu et la fusée possède une forme aérodynamique qui lui permet d'atteindre des vitesses supersoniques. Le corps principal ressemble à un fuselage d'avion, dont le revêtement extérieur est constitué de tôles d'acier soudées et rivées. La fusée comporte également des joints circulaires renforcés⁵.

Le cône de charge mesure 1.75 mètres et pèse 976 kilogrammes, et est en acier. Le compartiment de contrôle mesure quant à lui 1.40 mètres et est divisé en quatre sections égales. Des panneaux démontables facilitent l'accès aux différents compartiments. L'un d'eux contient trois réservoirs d'azote destinés à maintenir la pression dans le réservoir d'alcool. Les autres compartiments contiennent les instruments de contrôle. Tout V2 possède deux gyroscopes, qui servent à contrôler et modifier son orientation. Il y a aussi un moyen de contrôler la portée de la fusée en coupant le carburant et des instruments qui actionnent les volets de contrôle situés à l'arrière de la fusée⁶.

Il y a deux sources de force électrique dans le V2. Un dispositif de 24 volts avec des accumulateurs en plomb et qui alimente la radio et les servo-moteurs qui actionnent les volets de contrôle de la queue ainsi que les gyroscopes. L'autre dispositif fonctionne avec des accumulateurs en fer et nickel, il alimente les circuits de la fusée. Les deux réservoirs de combustibles sont placés de manière à ce que le centre de gravité ne change jamais, qu'ils soient pleins ou vides. Ils ne subissent aucune tension et peuvent se déployer ou se contracter librement selon les variations de température. Les deux réservoirs sont en aluminium soudé.

¹ Note n°277 du Air Ministry Weekly Intelligence Summary, « La fusée allemande à longue portée A4 », 23/12/1944. Archives du SHD, fonds déposé par Roland Hautefeuille, 1 K 898, 4D52.

² Conférence d'Henri Moureu, directeur du laboratoire municipal de Paris et de la DEFA à la Société d'encouragement pour l'industrie nationale le 18/10/1956, « Problèmes d'actualités... »..., *op cit.*

³ Philippe Varnoteaux, *L'aventure spatiale...*, *op cit.*

⁴ Rapport du professeur Moureu, conseiller scientifique de l'Etat-Major de l'armée et directeur du CEPA, « Le développement à donner en France aux engins stratégiques de la famille du V2 », 17/05/1947. Archives du SHD, fonds déposé par Roland Hautefeuille, 1 K 898, AI Z 32605.

⁵ Note n°277 du Air Ministry Weekly Intelligence Summary, « La fusée allemande... »..., *op cit.*

⁶ *Ibid.*

Il existe un dispositif pour éviter que l'alcool ne gèle. Le plein des réservoirs ne se fait qu'au moment où la fusée se trouve dans la position verticale au point de lancement¹.

Pour que la chambre de combustion soit rapidement alimentée en combustibles, le V2 est équipé de deux pompes centrifuges actionnées par une turbine. Cette dernière est actionnée par un dispositif qui utilise du peroxyde d'hydrogène et une solution de permanganate de calcium. Pour ce qui est du lancement, la fusée est mise en position verticale. Une fois le système de propulsion allumé, la fusée grimpe à une vitesse croissante. Durant les 51 premières secondes du vol, la fusée suit une trajectoire prédéterminée en direction de son objectif. Et pendant le vol, les gyroscopes maintiennent son cap².

La portée est contrôlée en coupant le carburant à un point prédéterminé de la trajectoire, lorsque la fusée a atteint la vitesse souhaitée. En vol, le V2 atteint une vitesse de 1520 mètres par seconde. Une fois le carburant coupé, il suit une trajectoire parabolique et atteint une hauteur comprise entre cent et 115 kilomètres. Au moment de sa chute, le projectile ralentit et sa vitesse ne dépasse pas 762 mètres par seconde. Il explose en entrant en contact avec le sol³. Le moteur-fusée du V2 exerce une poussée de 25 tonnes⁴.

Le déploiement de ces armes secrètes démarre en 1944. Le 6 juin de la même année a eu lieu le Débarquement allié en Normandie. La libération de la France commence alors. Dès début juin, les premiers lancements de V1 sur l'agglomération londonienne ont lieu. Leur mise au point paraît à ce moment-là très prématurée du point de vue technique⁵. Certains s'abattent dès le 15 juin 1944 sur le Pas-de-Calais et dans la région parisienne. Environ une centaine de V1 frappent le sol français jusqu'en 1945. Cela résulte de leur mauvais fonctionnement puisque leurs rampes de lancement sont dirigées vers l'Angleterre⁶.

Les V1 causent tout de même de nombreux dégâts en Angleterre. Ce sont des centaines de milliers de maisons qui sont détruites ou endommagées dans l'agglomération londonienne⁷. Au total, 21770 tirs de V1 ont été réussis. Les V1 ont tué environ 6184 personnes en Angleterre⁸. Il peut être supposé que si les Allemands avaient mieux maîtrisé

¹ Note n°277 du Air Ministry Weekly Intelligence Summery, « La fusée allemande... »..., *op cit.*

² *Ibid.*

³ *Ibid.*

⁴ Jean-Louis Moineau, *Les premiers pas...*, *op cit.*

⁵ Note de la DTI, service central information technique, « La bombe volante... »..., *op cit.*

⁶ Jacques Villain, *La France a-t-elle...*, *op cit.*

⁷ Note de la DTI, service central information technique, « La bombe volante... »..., *op cit.*

⁸ André Sellier, *Histoire du camp...*, *op cit.*

cet engin, des milliers auraient pu être déversés quotidiennement sur l'Angleterre et donc peut-être influencer la suite de la guerre¹.

Avant de réussir tous ces tirs, certains essais n'ont pas été concluants. En effet, la première version du V2 est testée en 1941 mais ne fonctionne pas. Deux lancements ont lieu le 13 juin et le 16 août 1941 mais donnent des résultats médiocres. Le 3 octobre 1941, c'est enfin un succès. Le V2 monte alors à 80 kilomètres de hauteur et retombe à 190 kilomètres de son point de départ en cinq minutes. Et le 24 décembre 1941 a lieu le premier lancement d'un V1 qui se solde par un échec².

Le 26 mai 1943, deux nouveaux tirs de V2 sont effectués. L'un est un succès, l'autre un demi-échec. Deux tirs de V1 ont également lieu le même jour, pour deux échecs. Finalement le 3 octobre 1942, l'essai d'un V2 donne un résultat particulièrement satisfaisant. L'engin décolle correctement et devient le premier engin construit par l'Homme à dépasser la vitesse du son et à atteindre les portes de l'espace avec une altitude de 90 kilomètres. Le V2 est alors prêt à être déployé³.

La libération de Paris le 25 août 1944 décide Hitler à employer les V2 une fois pour toute. Ceux-ci sont déployés dans les Ardennes. Le 6 septembre 1944, deux sont tirés mais ne décollent pas. Le 8 septembre, deux autres sont tirés. Aucune trace d'impact du premier tiré n'est retrouvée car il s'est probablement désintégré en entrant dans l'atmosphère. Le second tiré devient par-contre le premier missile balistique opérationnel de l'Histoire à atteindre sa cible. Il s'écrase quatre minutes après son départ vers 11h dans le quartier de Maisons-Alfort près de Paris, après un vol de 320 kilomètres. L'explosion fait une vingtaine de morts et de blessés, ainsi que d'importants dégâts matériels⁴.

Le même jour débute la campagne de tirs contre Londres. Deux V2 sont tirés depuis La Haye aux Pays-Bas. Durant le reste du mois de septembre, il n'y a pas d'autres V2 tirés sur la France, mais l'Angleterre subit deux tirs par jour⁵. En octobre 1944, une vingtaine s'écrasent sur le Nord de la France et autour de Paris, notamment dans l'Oise, en Seine-et-Marne et en Seine-et-Oise⁶. C'est plus de 78 V2 qui sont tirés du 8 septembre au 5 octobre

¹ Note de la DTI, service central information technique, « La bombe volante... »..., *op cit.*

² André Sellier, *Histoire du camp...*, *op cit.*

³ Philippe Varnoteaux, *La naissance de la politique spatiale...*, *op cit.*

⁴ Jacques Villain, *La France a-t-elle...*, *op cit.*

⁵ *Ibid.*

⁶ Liste des points de chutes de V2 en région parisienne du 8 septembre au 5 octobre 1944. Archives du SHD, fonds déposé par Roland Hautefeuille, 1 K 898, 4D52.

1944. Le 5 octobre marque la fin de l'offensive des V2 sur la France¹. Au total, 3255 tirs de V2 sont réussis. Dont 1403 contre l'Angleterre et surtout Londres, 1696 contre la Belgique et notamment Anvers, et enfin 156 contre d'autres cibles continentales, en particulier la région parisienne, la capitale française et le Nord de la France. Les V2 ont tué au total 2754 personnes².

Durant les années 1940, les Allemands n'ont pas travaillé seulement sur le V1 et le V2. D'autres projets ont vu le jour, comme par exemple la bombe volante HS 293 larguée par avion. Cet engin fut utilisé en 1943 avec succès mais il est retiré dès 1944 en raison de l'apparition du brouillage radio. Il y a ensuite le missile X-4, conçu à partir de 1943 contre les avions et les chars. Les premiers essais sont satisfaisants mais le projet est abandonné en février 1945 car il n'est pas opérationnel à temps³.

Autre engin, l'Enzian, développé aussi à partir de 1943 et guidé par radio et radar. Utilisé à partir d'août 1944, l'engin est au point et la production en série est lancée. Il est finalement abandonné en 1945 avant sa mise en service. En effet, il est handicapé par le fait que le remplissage du réservoir se fait au dernier moment. Il est donc lent à déployer⁴. A Peenemünde étaient également étudiés l'A9, une sorte de V2 à ailes avec une portée de 650 kilomètres, et l'A10, une fusée de cent tonnes au départ conçue pour pouvoir bombarder les Etats-Unis⁵. Enfin il faut rappeler le projet de bombardier supersonique d'Eugen Sänger pour également bombarder les Etats-Unis⁶.

Il faut également ajouter les Wasserfall et Rheintochter R1, des prototypes de missiles sol-air. Aussi une autre bombe volante, la HS 298, propulsée par une fusée subsonique et larguée par avion. Elle est destinée à être utilisée contre des avions ennemis et est guidée par radio ou fil. Il y a également le Taifun F, une fusée de DCA supersonique non guidée et la HS 117, autre fusée de DCA supersonique équipée d'un propulseur BMW et radioguidée⁷.

¹ Jacques Villain, *La France a-t-elle...*, *op cit.*

² André Sellier, *Histoire du camp...*, *op cit.*

³ Mémoire de l'ingénieur militaire en chef Lafargue, directeur technique du CEPA, 26/03/1947. Archives du SHD, fonds déposé par Roland Hautefeuille, 1 K 898, AI Z 32605.

⁴ *Ibid.*

⁵ Rapport du professeur Moureu, conseiller scientifique de l'Etat-Major de l'armée et directeur du CEPA, « Le développement à donner en France... », *op cit.*

⁶ Jacques Villain, *La France a-t-elle...*, *op cit.*

⁷ Rapport du CEPA, « Caractéristiques de fusées de DCA allemandes relevées au musée de Wescot du Directorate of Guided Projectiles pour la mission Levy à Londres du 2 au 20 juillet 1946 », 02-20/07/1946. Archives du SHD, fonds déposé par Roland Hautefeuille, 1 K 898, DE 2015 ZL 157/5.

Les ingénieurs allemands ont ainsi fait preuve d'un certain génie astronautique pour pouvoir mettre au point des engins malheureusement destructeurs mais dont découlent de grands progrès en matière astronautique. L'Allemagne profite donc de la guerre pour s'imposer dans le monde de l'aéronautique, loin devant la France qui semble désormais accuser un certain retard. Pourtant certains ingénieurs français sont demeurés actifs durant le conflit.

Chapitre 2 : maintenir l'aéronautique française durant la guerre et la reconstruire

I. Les travaux de Barré sous l'occupation

Avec le début de la guerre et surtout la défaite française de 1940, la grande majorité des études aéronautiques françaises sont suspendues, voire sont abandonnées. Cependant, le colonel Jean-Jacques Barré, ancien collaborateur d'Esnault-Pelterie, poursuit ses travaux malgré l'occupation allemande du sol français. Lorsque la guerre éclate, l'officier d'artillerie travaille toujours au CPGV¹.

En décembre 1940, le colonel Dubouloz reconstitue clandestinement à Lyon la STA qui est renommé Service central des marchés et de surveillance des approvisionnements (SCMSA) afin de dissimuler l'organisme militaire². Le but est donc de maintenir malgré l'occupation allemande les recherches sur les armes spéciales³. Le sous-directeur de la STA, le colonel Gentil, et le général Arnaud participent également à la mise en place de cet organisme clandestin⁴. Barré se retrouve affecté dans ce nouveau service. Le colonel Dubouloz lui demande alors de conduire une étude dans le but de réaliser une fusée capable d'atteindre une portée de cent kilomètres. Pour la réaliser, il lui adjoint deux officiers du service : les capitaines Derrier et Calas, ainsi que le dessinateur d'études Gautier⁵. L'équipe de Barré s'installe dans des petits locaux au fond d'une cour à Lyon et débute ses travaux⁶.

Le projet est établi en quelques semaines, il prévoit la réalisation d'une fusée de cent kilomètres de portée, d'une vitesse maximum de 1000 mètres par seconde, avec une charge utile de 25 kilogrammes et un moteur capable de développer une poussée d'une tonne. La fusée devrait être réalisée en duralinox coulé. Elle est équipée des tuyères conçues par

¹ « L'ingénieur militaire général Jean-Jacques Barré... », *op cit.*

² Rapport de Jean-Jacques Barré, ingénieur militaire général des fabrications d'armement, « Historique des études... », *op cit.*

³ Philippe Varnoteaux, *L'aventure spatiale...*, *op cit.*

⁴ Jacques Villain, *Jean-Jacques Barré...*, *op cit.*

⁵ Rapport de Jean-Jacques Barré, ingénieur militaire général des fabrications d'armement, « Historique des études... », *op cit.*

⁶ Jacques Villain, *Jean-Jacques Barré...*, *op cit.*

Esnault-Pelterie et est stabilisée par empennage. Le lancement est réalisé à l'aide d'une rampe orientable de seize mètres de long¹.

Barré ajoute d'autres propositions d'études en ce qui concerne les projectiles autopropulsés et donc les obus-fusées. Il imagine ainsi la possibilité de réaliser des obus-fusée dont la portée serait supérieure à mille kilomètres, des obus-fusées perforants dont la vitesse est supérieure à 2000 mètres par seconde. Egalement des obus-fusées pour la DCA et les bombardements aériens, ainsi que des bombes-fusées perforantes ou sur-accéléérées. Pour les fusées à très longue portée, Barré compte utiliser des propulseurs qui fonctionnent avec le mélange essence et oxygène liquide. En cas de pénurie d'essence, il prévoit l'utilisation d'hydrogène ou de méthane liquide qui sont des produits nationaux. Il pense aussi au mélange qu'il avait déjà étudié dans les années 1930, qui combine peroxyde d'azote et benzène. Les fusées qu'il imagine sont stabilisées par empennage et sont équipées de gyroscopes. Barré juge que l'étendue des possibilités de ce genre de projectile est grande².

L'officier fait remarquer que les fusées, en dehors de leur usage militaire, peuvent être utilisées à des fins purement scientifiques ou utilitaires. Leur étude pourrait donc être entreprise sans contrevenir aux clauses de l'armistice signé avec l'Allemagne, qui interdit à la France d'effectuer des recherches sur les fusées militaires. Barré évoque également l'intérêt de la fusée à étage qui pourrait permettre d'atteindre des vitesses supérieures³.

Le 4 juillet 1941, une dépêche ministérielle officialise l'étude et demande la réalisation à la SCMSA de 22 « gazogénérateurs⁴ » conformes aux tracés que Barré a apporté au secrétariat d'Etat de la guerre le 23 juin 1941⁵. Le mot gazogénérateur sert donc à dissimuler aux yeux des Allemands qu'il s'agit de fusées. Ce mot a été choisi car à ce moment-là, les études sur les gazogènes sont à l'ordre du jour. La dépêche indique qu'un crédit de 300000F (environ 96000€) est accordé pour l'étude et la réalisation du prototype en 22 exemplaires⁶.

¹ Rapport de Jean-Jacques Barré, ingénieur militaire général des fabrications d'armement, « Historique des études... », *op cit.*

² Jacques Villain, *Jean-Jacques Barré...*, *op cit.*

³ *Ibid.*

⁴ Rapport de Jean-Jacques Barré, ingénieur militaire général des fabrications d'armement, « Historique des études... », *op cit.*

⁵ Jacques Villain, *Jean-Jacques Barré...*, *op cit.*

⁶ Rapport de Jean-Jacques Barré, ingénieur militaire général des fabrications d'armement, « Historique des études... », *op cit.*

Le contexte est pourtant difficile pour mener de telles études, avec la proximité allemande, le peu de crédits, le matériel limité, une équipe réduite et le manque de personnel qualifié. Mais l'équipe de Barré s'installe au camp du Larzac et procède à un premier essai d'un engin complet au point fixe le 15 novembre 1941. Après 42 secondes de combustion, l'engin explose. Malgré cela, le résultat est encourageant car la durée prévue de combustion n'était que de 18 secondes à l'origine. L'engin est alimenté en oxygène liquide et en éther de pétrole. Il prend le nom d'EA-1941 (Engin Autopropulsé 1941)¹.

L'équipe de Barré est alors constituée du chef d'équipe Mechin, de l'électricien Conty, de l'ajusteur Jouve qui sera remplacé ultérieurement par Montheillet, et enfin le chaudronnier-soudeur Pinard². La fusée qu'ils fabriquent, l'EA-1941, mesure trois mètres de hauteur et pèse cent kilogrammes³. Après l'essai de novembre 1941, deux autres essais au point fixe ont lieu au camp du Larzac en mars 1942. Le premier a lieu le 17 mars et le second le lendemain. Les fusées testées sont des versions améliorées de l'EA-1941, il s'agit d'EA-1941-B. Au cours des deux essais, le moteur développe une poussée de 719 kilogrammes, mais les fusées explosent au bout de cinq secondes⁴.

Un troisième essai a lieu le même mois. Le moteur développe une poussée de 650 kilogrammes et explose au bout de quatre secondes. Ces échecs sont imputés à l'organisation même du banc d'essai. En effet, le jet propulsif fait trop chauffer la structure de l'engin. Barré a justement reçu une allocation de 200000F pour ses travaux (environ 54000€)⁵. Il décide donc avec cet argent de changer de lieu pour les essais. Un nouveau point fixe plus

¹ Rapport de Jean-Jacques Barré, ingénieur militaire général des fabrications d'armement, « Historique des études... », *op cit.*

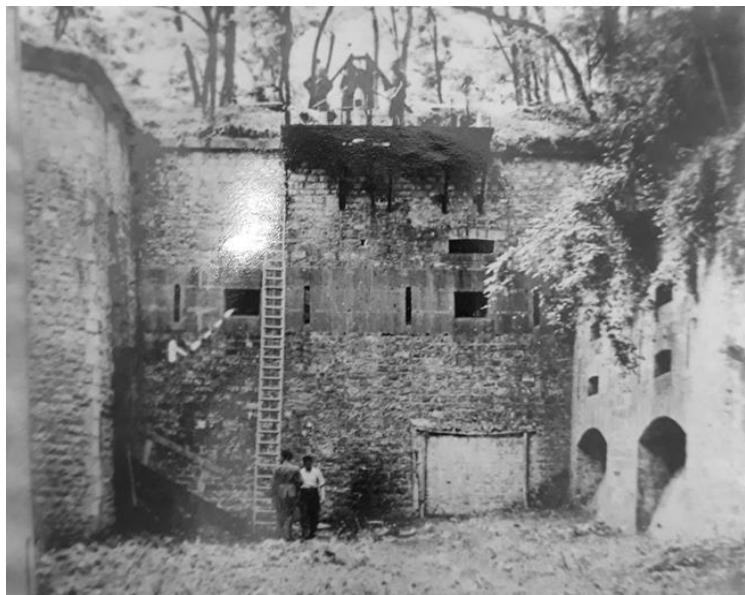
² *Ibid.*

³ Philippe Varnoteaux, *L'aventure spatiale...*, *op cit.*

⁴ Jacques Villain, *Jean-Jacques Barré...*, *op cit.*

⁵ *Ibid.*

dégagé est ainsi monté au camp de Vancia dans la banlieue lyonnaise, toujours en Zone Libre comme le camp du Larzac¹.



Vue d'ensemble du point fixe de Vancia, près de Lyon © CNES, collection Barré

Quatre essais ont alors lieu du 6 juillet au 24 septembre 1942². Comme le point fixe est plus dégagé, le jet propulsif chauffe moins la structure de l'engin. L'essai du 24 septembre est un succès, le moteur développe une poussée de 654.5 kilogrammes sur une durée de 10.9 secondes³. Avec cet essai réussi, il est décidé de procéder à des essais en vol en Afrique du Nord, colonie française, car les essais au point fixe demeurent bruyants. Le colonel Gentil avait déjà fait effectuer un essai de transport d'oxygène liquide dans le Sahara. Les pertes par évaporation étaient de l'ordre de 10% par jour⁴.

Pour préparer le transfert du matériel, une reconnaissance est effectuée au Sud d'Oran à Béni Ounif du 5 au 16 octobre 1942 par Barré, le colonel Dardenne et le capitaine Cals. A leur retour en métropole, ils préparent l'expédition du matériel de Lyon à Alger. Le 2 novembre 1942, un navire appareille avec environ un tiers du matériel. Le 8 novembre, le reste du matériel est prêt à être embarqué sur les quais de Marseille mais le débarquement

¹ Rapport de Jean-Jacques Barré, ingénieur militaire général des fabrications d'armement, « Historique des études... », *op cit.*

² *Ibid.*

³ Jacques Villain, *Jean-Jacques Barré...*, *op cit.*

⁴ Rapport de Jean-Jacques Barré, ingénieur militaire général des fabrications d'armement, « Historique des études... », *op cit.*

allié en Afrique du Nord a lieu. Envoyé urgemment sur place, Mechin camoufle le matériel dans un château voisin à Mimet grâce à la complicité de la propriétaire, Madame Perrier¹.

Dans l'espoir de reprendre les essais au point fixe à Vancia, la moitié du matériel stocké dans le château de Mimet est transféré à Lyon dans une propriété qui appartient à la famille de Barré. Mais les circonstances font que l'équipe de Barré ne peut désormais effectuer que des études théoriques. En effet, le débarquement allié en Afrique du Nord pousse les Allemands à envahir la Zone Libre. Désormais, il n'est plus question de procéder à des essais au point fixe, et encore moins en vol².

En 1943, Barré commence donc une étude sur l'utilisation de l'énergie nucléaire pour la propulsion. Il examine à ce titre des propulseurs nucléo-thermiques qui utilisent l'hydrogène comme jet propulsif. Barré déclare à propos de ces propulseurs « *quand le temps de l'aéronautique sera venu, ils pourront être utilisés comme propulseurs de croisière* ». En mai 1943, l'officier poursuit ses études théoriques et rédige un rapport sur l'application de l'énergie nucléaire à l'autopropulsion. Barré s'intéresse donc à l'utilisation de l'énergie atomique pour les fusées. En juillet, il rend un second rapport sur le même sujet. A partir d'octobre 1943, l'EA-1941 commence à intéresser les Alliés qui souhaitent avoir des renseignements à son sujet. Le 1^{er} octobre, Barré embauche alors la fille du capitaine Bares, un de ses collaborateurs. Alors qu'elle n'est âgée seulement de 17 ans, il lui fait dessiner les plans de l'engin. Ceux-ci sont ensuite transformés en microfilms et envoyés à Londres³.

A partir de 1943, l'équipe de Barré commence à se disperser. Certains rejoignent la Résistance, notamment le colonel Dubouloz qui dirige lui-même un réseau de résistance⁴. Il est d'ailleurs arrêté pendant l'été 1944 par la Gestapo, et est interné à Fresnes. Interrogé sur les activités de l'équipe Barré, il parvient à convaincre les Allemands qui l'interrogent que l'équipe réalise des études farfelues⁵. Le colonel Gentil est également arrêté mais il a moins de chance. Il est en effet déporté au camp de Dora où il décède quelques mois plus tard, victime de mauvais traitements⁶. L'équipe Barré se contente de ne faire que des études théoriques et des essais de composants jusqu'à la Libération, moment où les essais en vol

¹ Rapport de Jean-Jacques Barré, ingénieur militaire général des fabrications d'armement, « Historique des études... », *op cit.*

² *Ibid.*

³ Jacques Villain, *Jean-Jacques Barré...*, *op cit.*

⁴ *Ibid.*

⁵ Rapport de Jean-Jacques Barré, ingénieur militaire général des fabrications d'armement, « Historique des études... », *op cit.*

⁶ Jacques Villain, *Jean-Jacques Barré...*, *op cit.*

sont à nouveau à l'ordre du jour¹. Des études astronautiques ont donc continué en France durant la guerre. Vers la fin de celle-ci, ce sont des opérations de récupération de matériels et documents allemands en lien avec l'aéronautique qui se mettent en place.

II. Visite des installations allemandes

Durant le conflit et en dehors des travaux de Barré, aucune autre étude en astronautique n'était menée en France. Pourtant dans les deux dernières années de la guerre, des recherches menées par les Français en France et en Allemagne permettent à l'aéronautique française d'acquiescer des bases solides pour la reprise des études après la fin de la guerre. C'est Henri Moureu, dont il a déjà été brièvement question, qui est le principal instigateur de ces missions.

Dès 1931, il travaillait aux côtés du comité scientifique des poudres et explosifs sur le moyen de remplacer la nitroglycérine, jugée trop dangereuse². Lorsque la guerre débute, il participe activement à la protection du stock mondial d'eau lourde en 1940, qu'il fait voyager à travers la France pour finalement l'expédier vers l'Angleterre. Quelques mois après cet épisode intense, il est nommé directeur du Laboratoire municipal de Paris et entre en fonction le 1^{er} juillet 1941 et succède à André Kling. Le laboratoire dépend du préfet de police et est notamment doté d'un Service des explosifs³.

En tant que directeur, Moureu assume la fonction officielle de conseiller technique de la protection civile. Durant la totalité de la guerre, le Service des explosifs n'est composé que de quinze membres, dont cinq sont tués en service. Le Service joue notamment un rôle lors de la libération de Paris par le désamorçage d'explosifs laissés par les Allemands. Pour la seule journée du 25 août 1944, c'est près de 300000 kilogrammes d'explosifs, placés principalement dans des bâtiments officiels, qui sont neutralisés par les membres du Service des explosifs. Action qui vaut à certains d'entre eux d'être décorés de la Croix de Guerre⁴.

¹ Rapport de Jean-Jacques Barré, ingénieur militaire général des fabrications d'armement, « Historique des études... », *op cit.*

² Déclaration de J. Sorlet, ingénieur général et directeur de la DEFA..., *op cit.*

³ Lettre de Henri Moureu à Monsieur le professeur J. E. Dubois, directeur des recherches et moyens d'essais, Paris, 18/02/1969..., *op cit.*

⁴ *Ibid.*

En tant que conseiller technique de la protection civile, Moureu a la charge d'assurer la protection de la population contre les attaques aériennes. C'est à cette occasion qu'il est mis au courant de l'existence des V1 et V2. Début juillet 1944, le secrétaire général permanent de la défense passive l'informe secrètement de la chute d'engins allemands d'un nouveau genre au Nord de Paris. Avec le sous-directeur du Laboratoire municipal de Paris, Mr. Florentin, Moureu part inspecter les sites des explosions à Arronville, Méry-sur-Oise et La Celle Saint-Cloud. Les explosions s'étaient produites les 1^{er}, 3 et 6 juillet. Sur place, les recherches menées par les deux hommes les portent à croire qu'il s'agit là d'explosions provoquées par des bombes volantes, comme ils l'indiquent dans leur rapport 6852/DP du 7 juillet 1944 pour le secrétaire général permanent de la défense passive. Ces recherches poussent Moureu à mener des investigations dans des usines qui travaillent pour le compte des Allemands¹.

Le 27 août 1944, quelques jours après la Libération de Paris, Moureu reçoit la visite de deux Américains, les professeurs Noyes et Woodruff². Tous deux font partis de la mission Alsos, mise en place par les services spéciaux alliés afin de collecter des renseignements sur les armes secrètes allemandes. Ils confirment à Moureu l'existence d'armes secrètes allemandes, dont une fusée longue portée d'au moins dix tonnes, le V2. Le Français leur fait part de ses soupçons au sujet d'usines françaises qui auraient fabriqué pour le compte des Allemands des pièces permettant de construire ces fameuses armes secrètes³.

Moureu et ses collègues américains se lancent donc dans une tournée d'inspection des entreprises parisiennes afin d'identifier les caractéristiques des fusées allemandes. Au sein des locaux de la société La Précision mécanique, ils trouvent un servo-moteur de V2. Ils ignorent la fonction d'une telle pièce, qui reste cependant la première pièce de V2 à tomber entre leurs mains. A la suite de cette découverte, Moureu fait la rencontre d'autres membres de la mission Alsos, comme les docteurs Hickmann, Goudsmit et Salant. Il a également l'occasion de traiter avec le service de renseignements de l'armée américaine, le

¹ Rapport d'Henri Moureu sur les premières investigations dans le domaine des armes V (juillet-octobre 1944). Archives du SHD, fonds déposé par Roland Hautefeuille, 1 K 898, AI Z 32605.

² Lettre de Henri Moureu à Monsieur le professeur J. E. Dubois, directeur des recherches et moyens d'essais, Paris, 18/02/1969..., *op cit.*

³ Rapport d'Henri Moureu sur les premières investigations dans le domaine des armes V (juillet-octobre 1944)..., *op cit.*

G2, représenté par le colonel Hauenstein et le commandant Neuville. C'est le début d'une coopération avec comme but l'échange mutuel d'informations¹.

Le 2 septembre 1944, deux autres V1 tombent près de Paris à Chatou et au Bourget. C'est le 8 septembre que le premier V2 fut tiré, et il tomba dans la région parisienne. Moureu est immédiatement mis au courant et en fait le récit : « *le 8 septembre 1944, à 11h du matin, une explosion soudaine se produisit à Charentonneau (Maison-Alfort). Prévenu aussitôt par les services de police, je procédai sur place à un certain nombre de constatations qui me firent pressentir l'apparition d'un engin nouveau, nettement différent du V1, ceci ressortant à la fois de l'examen des débris (roulements à billes, appareillage électrique soigné, pièces usinées avec précision), de l'entendue des dégâts et du fait surprenant que l'on n'avait entendu aucun bruit précéder l'explosion et que, dans le même temps, il n'avait été signalé le passage d'aucun avion. Les débris recueillis par mon service ne permettant pas une identification d'un engin qui s'avérait extrêmement complexe, je les remis au docteur Woodruff, et ils partirent aussitôt pour les Etats-Unis aux fins d'examen* ». Récit qu'il consigne dans son rapport 7038/DP aux services intéressés français et américains².

A partir de cette découverte stupéfiante, Moureu poursuit ses recherches en France à propos de ces engins si particuliers. Le recul des armées allemandes lui permet de visiter des installations allemandes. C'est ainsi que le 15 septembre 1944, il envoie l'ingénieur en chef Chovin et le capitaine Decker du Service technique du ministère de l'Air et deux de ses collègues à Patay dans le Loiret. Sur place, ils examinent les débris d'un train abandonné par les Allemands. Ils y trouvent des pièces de bombes volantes. Le 29 septembre, Moureu se rend lui-même à Patay avec les membres de la mission du 15 septembre pour fouiller le camp d'aviation de Bricy et le bois de Malmissé. Ils y trouvent des caisses renfermant des parties intactes d'engins³.

Entre-temps, une mission s'est déroulée le 16 septembre dans la Somme à la Chaussée Tirancourt. Le docteur Hickmann de la mission Alsos y a signalé des rampes de lancement pour V1. Moureu et son équipe examinent une rampe à moitié détruite et en étudient le mécanisme de fonctionnement. Les 20 et 22 septembre, deux expéditions étaient confiées à Chovin, desquelles il ramène deux nouveaux engins volants à peu près complets

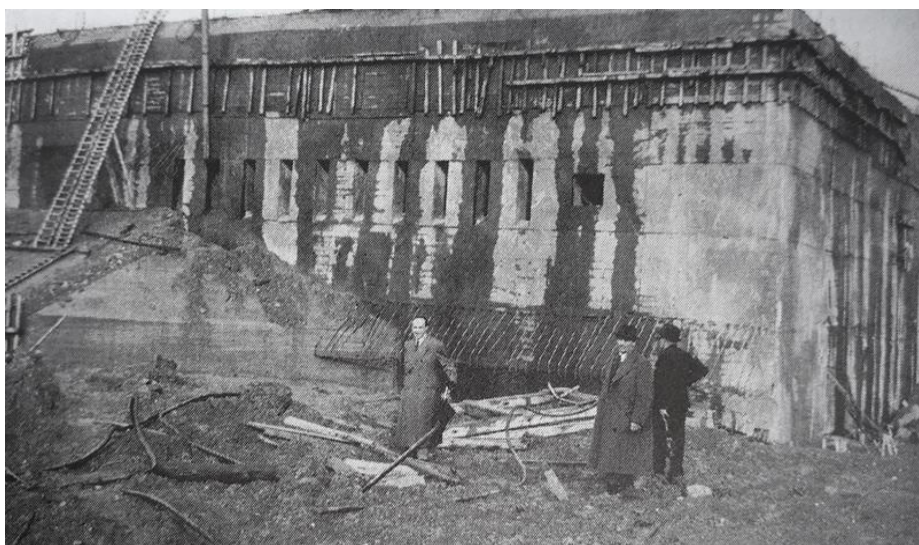
¹ Rapport d'Henri Moureu sur les premières investigations dans le domaine des armes V (juillet-octobre 1944)..., *op cit.*

² *Ibid.*

³ *Ibid.*

dont une bombe volante HS 293 et une Fx 1400, bombe volante destinée à la lutte anti-navire¹.

Le 29 septembre, il part explorer la région de Longwy où se trouveraient des installations souterraines avec Chovin, Decker et le commandant Vuillemin. Ils découvrent effectivement sur place d'importantes installations souterraines édifiées dans des mines de fer désaffectées et destinées à fabriquer des V1. Selon Moureu, la production du site aurait pu atteindre entre 100 et 150 V1 par jour (rapport 7118/DP). Une autre expédition a lieu dans le Nord de la France à Watten le 2 octobre, où un immense bunker a été découvert. Joliot-Curie accompagne Moureu et ils trouvent en effet une grande construction pourvue de murs en béton de cinq à sept mètres d'épaisseur. Les installations intérieures laissent penser qu'il s'agit d'une usine chimique destinée notamment à la production d'oxygène liquide, ergol utilisé pour les V2 (rapport 7151/DP)².



Moureu, Joliot-Curie et Chovin (de gauche à droite) inspectent l'usine bétonnée de Watten, 2 octobre 1944 © Collection Varnoteaux

C'est durant la mission de Watten qu'est déclenchée l'offensive des V2 sur la région parisienne. En effet les 2, 3, 4 et octobre, une vingtaine de V2 s'écrasent autour de Paris. Moureu et son équipe se chargent d'examiner les points d'impacts. Leur examen permet de déterminer une trajectoire Nord-Est/Sud-Ouest. D'après la situation du front allemand, l'équipe détermine que la zone de lancement doit se trouver entre Cologne et Düsseldorf. Moureu prit de suite l'initiative de contacter l'Etat-Major américain pour demander qu'une attaque aérienne soit menée sur cette région. Après cela, l'offensive des V2 sur Paris cessa.

¹ Rapport d'Henri Moureu sur les premières investigations dans le domaine des armes V (juillet-octobre 1944)..., *op cit.*

² *Ibid.*

Avec les explosions de V2 autour de Paris, l'équipe de Moureu put récupérer plusieurs pièces de fusées en bon état, principalement en raison du fait que certains V2 ont éclaté avant de toucher le sol. Les pièces récupérées permettent à l'équipe de se rendre compte qu'il s'agit bien d'engins du même type que le 1^{er} qui tomba le 8 septembre¹.

Grâce à l'envoi de nouveaux renseignements aux spécialistes américains, une conférence se tient le 10 octobre. Y figurent notamment Moureu, Chovin et le docteur Woodruff. Après examen des pièces trouvées au cours des missions en France, il est établi qu'il s'agit bien de pièces qui composent le V2. Et donc qu'il s'agit bien d'une fusée stratosphérique à usage militaire lancée par les Allemands². Français et Américains découvrent que l'engin fonctionne à l'alcool et à l'oxygène liquide. Un rapprochement est donc fait entre le V2 et les installations de Watten. Une dernière expédition a lieu en 1944 du 21 au 23 décembre. Moureu, Joliot-Curie et Chovin visitent l'ouvrage de Wizernes, situé près de Watten. Ils en concluent qu'il s'agit d'une base de lancement de V2 destinés à être lancés sur l'Angleterre. Des contacts sont établis avec des Britanniques du Royal Engineers afin d'échanger des informations³.

En plus de ces missions, Moureu et son équipe rédigent plusieurs rapports sur les engins allemands, comme *Fusée stratosphérique V2* de Moureu le 12 octobre 1944, *Bombes volantes à téléguidage par radio* le 18 octobre et toujours de Moureu ou encore *Rapports sur l'amorçage des V1* par Moureu et Chovin le 21 décembre⁴. Après toutes ces missions menées sur des installations allemandes en France, Moureu poursuit ses recherches sur les V1 et V2, particulièrement le V2 qui l'intéresse au plus haut point. Toujours dans le cadre de la coopération franco-britannique autour des armes secrètes allemandes, Moureu et Chovin se rendent du 19 au 31 mars 1945 à Londres sur ordre du CNRS. L'objectif est de prendre contact avec les autorités du Home Security afin d'échanger des informations au sujet des armes nouvelles allemandes⁵.

A Londres, les deux Français font la connaissance du chef du Home Security, Mc Ivor, qui les met en contact avec les plus importants services du Home Security. Ensemble,

¹ Rapport d'Henri Moureu sur les premières investigations dans le domaine des armes V (juillet-octobre 1944)..., *op cit.*

² *Ibid.*

³ Jacques Villain, *La France a-t-elle...*, *op cit.*

⁴ Note du CEPA et de l'AEPA, « Rapports officiels intéressant les études relatives aux fusées effectuées sous la direction de Henri Moureu ». Archives du SHD, fonds déposé par Roland Hautefeuille, 1 K 898, AI Z 32605.

⁵ Rapport de Henri Moureu, « Compte-rendu de la mission de Londres du 19 au 31 mars 1945 ». Archives du SHD, fonds déposé par Roland Hautefeuille, 1 K 898, AI Z 32605.

ils examinent plusieurs points, notamment celui des effets des armes de représailles V1 et V2. Les Français rencontrent aussi le professeur Hurst, spécialiste des fusées alliées et allemandes, et discutent de la nécessité de désamorcer les engins non éclatés. Il y a également une rencontre avec la mission scientifique française en Grande-Bretagne qui fournit à Moureu et Chovin des précisions sur le fonctionnement et les possibilités d'utilisations des stations de radar¹.

Après la visite d'installations britanniques consacrées aux études astronautiques comme le Centre de recherches expérimentales de la Home Security, il est offert aux deux Français d'examiner différents points d'impacts de V1 et V2 sur le sol anglais durant leur séjour à Londres. A ce moment-là, Moureu écrit qu'il en tombe 4 à 5 par nuit et aucun le jour. L'examen des sites d'impacts se font sous la conduite de Monsieur Sykes, architecte de la Home Security. Les Français ont l'occasion de remarquer que chaque chute de V2 provoque généralement la mort d'une centaine de personnes et autant de blessés, ainsi que des dégâts matériels considérables. Tout ceci correspond à ce que Moureu avait pu par exemple constater à la suite de la chute d'un V2 près de Montmorency le 4 octobre 1944².

Ce dernier a également l'occasion d'inspecter un récent impact d'un V1 qui a explosé à quelques mètres du sol. Il constate que l'explosion a eu des effets de souffle très puissants. D'ailleurs, toutes les portes et fenêtres dans un rayon de 50 à 80 mètres ont été arrachées. Par chance, l'explosion n'a fait qu'une seule victime. Il est révélé aux Français que durant toute la durée de l'offensive des V1 sur l'Angleterre, du 15 juin 1944 au 25 mars 1945, 3500 points d'impacts ont été répertoriés dans la région londonienne. Si ces engins ont causé des dégâts matériels importants, ils se sont montrés insuffisants pour empêcher l'avancée des armées alliées sur l'Allemagne. Ils ont cependant porté un coup psychologique à la population anglais de par leurs arrivées incessantes qui maintenaient les Anglais dans un état d'alerte constant. La population s'est retrouvée soulagée lorsque les V2 ont remplacé les V1. Bien que les dégâts causés étaient supérieurs, aucun bruit n'annonce la venue du V2 au contraire du V1. L'effet moral est donc moindre. A ce titre, l'alerte n'est jamais donnée au cours de l'offensive des V2 malgré le réseau britannique de radars pour éviter d'agir sur les nerfs de la population et contrer au maximum l'effet moral sur lequel les Allemands misent³.

¹ Rapport de Henri Moureu, « Compte-rendu de la mission de Londres... », *op cit.*

² *Ibid.*

³ *Ibid.*

Peu après sa mission à Londres, Moureu demande aux autorités militaires françaises avec l'appui de la DEFA la création d'un organisme dont le but est de faciliter la récupération du savoir allemand et de négocier avec les Alliés concernant des informations et technologies allemandes. La création de cet organisme est approuvée en mai 1945, il prend le nom de Groupe opérationnel des projectiles autopropulsés (GOPA)¹. L'autre but du GOPA est de tirer tous les enseignements concernant les V1 et V2 pour l'avenir de l'armement français. Le GOPA est placé sous l'égide de la DEFA et donc de l'armée de Terre. Des relations sont nouées avec le Service central d'information technique du ministère de l'Air, intéressé par la recherche d'informations sur les armes aéronautiques allemandes. Egalement des relations avec le ministère de la Marine où a été créée en octobre 1944 une commission des armes secrètes allemandes².

C'est dans le cadre du GOPA que Moureu et son équipe entreprennent de visiter des installations situées en Allemagne et Autriche. Il faut ajouter que le 18 novembre 1944, le gouvernement provisoire de la république française de De Gaulle avait déjà créé une mission militaire aux affaires allemandes et autrichiennes, confiée au général Koeltz³. Du 9 au 17 mai 1945, Moureu et Chovin⁴ inspectent la station expérimentale de contrôle et de réception des V2 d'Ober-Raderach. Située près du lac de Constance en Zone d'occupation française, la station connue sous le nom d'usine Porzellan n'a fonctionné que de novembre 1943 à janvier 1944. La station est équipée d'une usine d'oxygène liquide notamment. Le site fut bombardé par les Alliés, bombardements qui ont endommagé la centrale électrique et l'usine d'oxygène liquide, mais qui ont épargné les installations d'essais des V2. Après inspection, Moureu et son équipe déterminent que les ingénieurs de la station avaient sûrement pour but de trouver le meilleur mélange combustible possible pour les V2, de contrôler certaines pièces de V2 avant montage et de contrôler un V2 assemblé sur dix⁵.

La station était donc avant tout une usine de réception et de contrôle de la fabrication. A l'issue de cette mission, Moureu préconise que la France s'inspire de cette station pour en construire une de semblable en territoire français. Ceci afin d'étudier le V2 avec attention et plus largement d'en faire un véritable institut de la fusée. Il en sera à nouveau question plus

¹ Philippe Varnoteaux, *L'aventure spatiale...*, *op cit.*

² Jacques Villain, *La France a-t-elle...*, *op cit.*

³ Philippe Varnoteaux, *L'aventure spatiale...*, *op cit.*

⁴ Note du président de l'AEPA le professeur Maréchal, membre de l'Institut de France pour Mr. Roland Hautefeuille, 29/06/1982. Archives du SHD, fonds déposé par Roland Hautefeuille, 1 K 898, AI Z 32605.

⁵ Rapport sur la station expérimentale de contrôle et de réception des V2 d'Ober-Raderach (mission en Allemagne du 9 au 17 mai 1945). Archives du SHD, fonds déposé par Roland Hautefeuille, 1 K 898, AI Z 32605.

tard, mais Moureu pense que l'astronautique française a tout à gagner à étudier de fond en comble le V2. C'est pour cela qu'il parle de créer un institut de la fusée. Selon lui, cela s'impose pour que la France, « *déjà très en retard quant aux réalisations dans ce domaine, ne soit pas définitivement distancée par d'autres nations plus audacieuses ou plus clairvoyantes*¹ ».

Dans le même temps, les Alliés avec les Américains en tête mènent des missions similaires. Les Américains découvrent notamment les archives de von Braun. Le 1^{er} avril 1944, ce dernier apprend l'avancée des Américains. Contrairement aux ordres d'Hitler de détruire les archives, von Braun décide de les sauver, notamment celles sur la construction des fusées. Il fait donc cacher les archives dans l'ancien magasin à explosif d'une mine abandonnée à Dörnten dans le Nord-Ouest de l'Allemagne. L'accès à la galerie est dynamité, ce qui n'empêche pas les Américains de récupérer intégralement ces archives, qui représentent quatorze tonnes de papiers avec environ 31000 dessins et 3500 rapports².

Du côté français, Moureu visite le 7 juin 1945 l'usine Mittelwerk du camp de Dora, accompagné de l'ingénieur en chef de la DEFA d'Alauzier, le commandant Barré de la STA, les commandants Chovin et Demontvignier et le lieutenant Prudhomme du Bureau scientifique de l'armée. L'inspection de l'usine dure une semaine. L'équipe visite et répertorie les nombreuses galeries de l'usine. Dans le même temps, l'équipe de Moureu inspecte un autre site, celui de l'usine Basalt de Lehesten. Il s'agit d'une station d'étalonnage des tuyères de V2 avant leur montage sur l'engin. Moureu signale qu'une station semblable existe en Autriche à Attnang-Puchheim, mais qu'elle aurait cependant été détruite lors d'un accident³.

Comparé à la station d'Ober-Raderach, la station de Lehesten est jugée par Moureu d'une plus grande simplicité et maniabilité. Il est possible d'y passer en étalonnage 40 à 50 tuyères par jour, au lieu de 24 tuyères par jour pour la station d'Ober-Raderach. Dans le même laps de temps, il est possible d'expérimenter les tuyères sur chaque plateforme d'essai de Lehesten. Moureu juge également qu'il serait plus souhaitable de s'inspirer de la station de Lehesten pour reproduire une station du même genre en France, et ainsi « *espérer combler*

¹ Rapport sur la station expérimentale de contrôle et de réception des V2 d'Ober-Raderach..., *op cit.*

² André Sellier, *Histoire du camp...*, *op cit.*

³ Rapport sur l'usine « Mittelwerk » de Dora sur la fabrication des carénages de V2 (mission en Allemagne du 7 juin 1945). Archives du SHD, fonds déposé par Roland Hautefeuille, 1 K 898, AI Z 32605.

un jour le retard que notre pays possède malheureusement dans ce domaine par rapport à certaines autres nations¹ ».

En septembre 1945, une autre mission est menée à Kochel car la soufflerie supersonique de Peenemünde y a été transférée après le bombardement allié d'août 1943 sur la base. La mission a donc pour objectif l'inspection de cette structure. Mais lorsque les Français conduits par le capitaine Carrière et le commandant Demontvignier arrivent sur place, ils ne peuvent que constater que la soufflerie est en cours de démontage pour transfert vers les Etats-Unis. Les militaires américains les autorisent cependant à examiner les archives du site. Malgré cette concurrence qui s'installe entre les Alliés pour la récupération du matériel allemand, les relations restent cependant amicales et fructueuses. Le major Harrison du G2 américain transmet ainsi à Moureu le code allemand de fabrication de certains composants du V2. La coopération est également bonne avec les Britanniques. Moureu obtient de leur part plusieurs tonnes de documents allemands ainsi que des renseignements et un schéma approximatif de la bombe atomique en septembre 1945².

En octobre 1945, les Britanniques invitent Moureu ainsi que son adjoint l'ingénieur en chef Chovin et le capitaine Carrière à assister aux lancements de V2 à Cuxhaven dans le Nord de l'Allemagne. Démonstration qui a lieu dans le cadre de l'opération Backfire conduite par les Britanniques afin de mettre la main sur des technologies allemandes et de reconstituer entre autres des V2. Sont également présentes des délégations américaines et russes, avec notamment un certain Sergueï Korolev, futur responsable du programme spatial russe³.

Moureu fait le récit de cette journée : *« les essais furent pleinement réussis et nous vîmes pour la première fois s'élever verticalement, très stable sur sa trajectoire, l'énorme masse du V2 dont nous connaissions à peu près tous les rouages et détails de fonctionnement, mais dont le départ réel nous fit une très grosse impression et me conforte dans l'opinion que j'avais de l'apport nouveau fondamental qu'il constituait dans le domaine scientifique comme dans le domaine militaire »*. A l'issue de cette démonstration, Moureu en profite pour demander aux Russes l'autorisation de visiter les installations de Peenemünde situées dans leur zone d'occupation. Ils demandent également aux Anglais la

¹ Rapport sur l'usine « Mittelwerk » de Dora..., *op cit.*

² Jacques Villain, *La France a-t-elle..., op cit.*

³ *Ibid.*

cession du matériel nécessaire au lancement de dix V2. Les Russes semblent d'accord dans un premier temps mais ne donnent finalement pas de suite¹.

Les Français, notamment sous la conduite de Moureu, découvrent donc de nombreuses installations allemandes, que ce soit en France ou en Allemagne. Missions qui permettent de découvrir de nombreuses archives et du matériel dans le Sud de l'Allemagne, qui correspond à la zone d'occupation de la France. Des découvertes sont également faites en matière aéronautique. Ainsi une équipe du 2^{ème} Bureau de l'armée de l'Air découvre près d'Oberammergau plusieurs caisses d'archives, environ 2500 documents ultrasecrets du bureau d'étude de Messerschmitt. S'y trouve notamment le plan des ailes en flèche, utilisées plus tard pour les chasseurs français Ouragan et Mystère².

Moureu et son équipe ont donc joué un rôle important sous l'égide du GOPA dans l'identification et l'inspection des installations allemandes, ce qui a permis de ramener en France des archives et du matériel. Ces découvertes vont permettre en partie à l'aéronautique française de se relever de la guerre et de commencer à rattraper son retard sur les autres grandes nations.

¹ Jacques Villain, *La France a-t-elle...*, *op cit.*

² Vincent Nouzille et Oliver Huwart, *Comment la France...*, *op cit.*

Chapitre 3 : une astronautique française relancée

I. Reconstruction de l'astronautique française

A. *Les premières structures*

Au lendemain de la guerre, outre la nécessité de relever la France après ces quelques années de conflit et d'occupation, il faut également reconstruire son secteur astronautique. Chose qui a déjà commencé à partir de 1944 lorsque Moureu et ses collaborateurs ont enquêté sur les armes de représailles allemandes et sur les installations allemandes sur le sol français et en Allemagne. Ces découvertes doivent s'accompagner par la création d'institutions et d'organismes dédiés à l'astronautique. Le GOPA avait ainsi été créé en mai 1945 pour diriger les missions en Allemagne.

Avec la découverte des V1 et V2, l'armée française commence à s'intéresser de près à l'étude des projectiles autopropulsés. C'est pour cette raison que le GOPA est confié le 12 juin 1945 au ministère de la Guerre, et donc à l'armée de Terre¹. Moureu souhaite alors la création d'un organisme plus indépendant et interarmées. Il propose donc à la DEFA la création d'un organisme d'Etat chargé de s'occuper de toutes les affaires de fusées, le Centre d'étude de la fusée (CEF)². La DEFA propose donc à son tour le 13 août 1945³ au ministère de la Guerre et à l'Etat-Major un premier projet qui prévoit la création du CEF, qui serait chargé de poursuivre les recherches sur le V2 et autres projectiles autopropulsés allemands. Et d'entreprendre des études scientifiques et faire toutes les suggestions pour améliorer les engins, étendre leur puissance et leur mode d'emploi⁴.

Le CEF doit ainsi dresser l'inventaire de tous les engins autopropulsés existants et mis au point par l'Allemagne et les Alliés. Il doit étudier ces engins du point de vue technique et scientifique, et effectuer la reconstitution de ceux qui présentent le plus d'intérêt. Le CEF doit aussi faire toutes suggestions au sujet de l'amélioration des engins pour permettre au

¹ Jacques Villain, *La France a-t-elle...*, *op cit.*

² Philippe Varnoteaux, *L'aventure spatiale...*, *op cit.*

³ Note n°38789-C de la DEFA pour l'Etat-Major de l'armée section armement et études sur les projectiles-fusées du 13/08/1945. Archives du SHD, fonds déposé par Roland Hautefeuille, 1 K 898, AI Z 32605.

⁴ Jacques Villain, *La France a-t-elle...*, *op cit.*

commandement de décider de l'orientation à donner à l'armement. L'organisme doit également proposer la construction et l'expérimentation de nouveaux engins et étudier tout moyen possible pour se protéger de tels engins¹.

Le CEF constitue la synthèse de deux organismes. D'une part un groupement militaire issu de la DEFA. D'autre part un groupement de personnalités scientifiques, surtout civiles, issues du GOPA, du CNRS et du Bureau scientifique de l'armée². Moureu est nommé conseiller scientifique de première classe par le ministère de la Guerre et est placé à la tête du CEF³. En cette qualité, il est chargé de coordonner les travaux de ses collaborateurs et de proposer à la DEFA les réalisations qui constitueront les recherches du CEF. Moureu est assisté de deux directeurs-adjoints. Le premier est un directeur technique adjoint issu de l'armée et proposé par la DEFA. Le deuxième est un directeur scientifique adjoint. Les deux directeurs-adjoints sont chargés de coordonner les travaux des départements techniques et scientifiques du CEF⁴.

Le département scientifique est divisé en quatorze sections avec à la tête de chacune un chef de section, souvent des militaires ou des scientifiques civils. Ces sections sont notamment consacrées à la propulsion, à la reconstitution d'engins, à l'énergie nucléaire, au radar, à la balistique, aux matériaux ou encore à la haute atmosphère. Le département technique est divisé quant à lui en huit sections, avec à leur tête un chef de section, généralement choisi parmi les militaires de la DEFA. Ces sections sont par exemple consacrées au renseignement, à la photographie ou à la liaison militaire et interalliée⁵.

Les chefs de section du département scientifique doivent se tenir au courant de tous les progrès susceptibles d'être expérimentés par le CEF et être utilisés par la suite par l'armée. Ils doivent entreprendre toute recherche de nature à être exploitée pour résoudre le problème des projectiles autopropulsés. En outre, ils doivent répondre à toute demande de renseignement des autres sections et transmise par la direction. Au département technique, la section de renseignement est chargée de recueillir en Allemagne, dans les pays alliés et dans les autres services techniques français toute information d'ordre scientifique ou

¹ Note n°3293 du ministère de la guerre et de l'Etat-Major de l'armée section d'arme et études pour la DEFA du 24/08/1945. Archives du SHD, fonds déposé par Roland Hautefeuille, 1 K 898, AI Z 32605.

² *Ibid.*

³ Note n°38789-C de la DEFA pour l'Etat-Major de l'armée section armement et études sur les projectiles-fusées..., *op cit.*

⁴ Note n°3293 du ministère de la guerre et de l'Etat-Major de l'armée section d'arme et études pour la DEFA..., *op cit.*

⁵ *Ibid.*

technique en rapport avec les projectiles autopropulsés. Elle doit aussi mettre la main sur des techniciens allemands pour les interroger, voire les amener à travailler pour le CEF. Cette section est donc mise en relation étroite avec la section liaison militaire et interalliée¹.

En tant que directeur du CEF, Moureu peut faire des propositions à la DEFA au sujet de la composition du CEF (matériel et personnel). La DEFA les soumet alors à l'Etat-Major pour approbation définitive. Il est prévu que le CEF comprenne au moins deux ingénieurs du service technique de la DEFA. La documentation, les propositions et les demandes de concours de matériel du CEF sont transmises au service technique de la DEFA sous couvert de l'inspecteur technique des études et fabrication d'armement. D'une manière générale, ce dernier est chargé de vérifier la parfaite liaison entre les deux organismes. Le Bureau scientifique de l'armée doit transmettre en deux exemplaires au CEF et à la DEFA tout renseignement qu'il recueille sur les sujets en cause. La DEFA doit avoir comme but premier la reproduction et le tir dans les plus brefs délais des divers engins existants que l'Etat-Major estime intéressants. Pour cela, il exploite sous sa responsabilité et dès leur parution les renseignements recueillis et les études effectuées par le CEF².

Finalement, le CEF voit le jour sous une autre appellation, le Centre d'étude des projectiles autopropulsés (CEPA). La décision est prise le 24 août 1945 avec la décision E.M.A./ARMET n°3293 et la création du CEPA devient officielle le 14 novembre 1945 avec l'instruction n°51783 IT/DEFA. Le CEPA a alors les mêmes objectifs qui étaient attribués au CEF³. Ses trois principaux buts demeurent de rassembler les connaissances et les compétences nationales en matière d'engins-fusées au sein du CEPA, de reconstruire et procéder au lancement des V2, point qui sera analysé plus tard, et de définir les études théoriques à partir de la technologie du V2. Le département scientifique est confié à Moureu et le département technique revient à Barré⁴.

Au CEPA, Moureu est rapidement rejoint par d'autres scientifiques comme Chaudron et Daudel. Il recrute des scientifiques de haut niveau comme Lévy, ancien du CNRS directeur du service central de microanalyse et chargé de conduire les études sur les

¹ Note n°3293 du ministère de la guerre et de l'Etat-Major de l'armée section d'arme et études pour la DEFA..., *op cit.*

² *Ibid.*

³ Note d'Henri Moureu, directeur scientifique du CEPA du 25/04/1966. Archives du SHD, fonds déposé par Roland Hautefeuille, 1 K 898, AI Z 32605.

⁴ Philippe Varnoteaux, *L'aventure spatiale...*, *op cit.*

propergols¹. D'autres spécialistes liés aux techniques des engins autopropulsés sont recrutés, comme les scientifiques Vassy, Devienne et Chovin. Egalement des militaires comme Barré, Decker, Lafargue et Pernot². Moureu propose également à Ananoff de rejoindre le CEPA, mais ce dernier refuse³. Moureu contacte également Esnault-Pelterie pour lui faire part de la création du CEPA et solliciter son aide pour les études en sa qualité de spécialiste de l'aéronautique⁴. L'ingénieur accepte d'aider Moureu et le prévient qu'il se déplacera peu en raison de soucis de santé et de son âge⁵. Cependant il offre à Moureu de mettre à sa disposition les études et travaux qu'il a réalisés avant la guerre⁶. Heureux de cette décision, Moureu souhaite qu'il lui transmette son ouvrage, *L'Aéronautique*⁷.

D'autres structures sont créées en France pour regrouper les études sur les projectiles autopropulsés. Après la fin de la Seconde guerre mondiale, trois DTI (Direction technique et industrielle) sont ainsi créées. La première est la Direction centrale des constructions des armes navales (DCCAN), qui effectue des recherches sur des missiles à usage spécifique de la Marine. Vient ensuite la Direction technique et industrielle de l'Aéronautique (DTIA), créée au sein du STAé⁸. Elle comporte une section des engins spécifiques créée en octobre 1945 à l'initiative de l'ingénieur militaire Decker⁹. La DEFA constitue en réalité la troisième DTI et dépend de l'armée de Terre. Elle est chargée des recherches sur les fusées à propulsion à liquides¹⁰. La DEFA reçoit la responsabilité d'étudier les missiles sol-sol et sol-air, tandis que la DTIA obtient celle des études air-air et sol-air ainsi que les engins cibles¹¹.

Un organisme très important est créé à Vernon dans l'Eure, afin de mener des études et des réalisations dans le domaine de la balistique et de l'aérodynamique. Il s'agit du Laboratoire de recherches balistiques et aérodynamiques (LRBA)¹², créé par décret du 17

¹ Philippe Varnoteaux, « La part du CNRS dans les débuts de la conquête de l'espace 1945-1965 », *La revue pour l'histoire du CNRS*, 2002, n°6.

² Philippe Varnoteaux, *La naissance de la politique spatiale...*, *op cit.*

³ Jacques Villain, *La France a-t-elle...*, *op cit.*

⁴ Lettre d'Henri Moureu, directeur du laboratoire municipal de Paris, conseiller scientifique de l'Etat-Major de l'armée et directeur du CEPA à Robert Esnault-Pelterie du 24/01/1946. Archives du SHD, fonds déposé par Roland Hautefeuille, 1 K 898, AI Z 32605.

⁵ Lettre de Robert Esnault-Pelterie à Henri Moureu du 26/01/1946. Archives du SHD, fonds déposé par Roland Hautefeuille, 1 K 898, AI Z 32605.

⁶ Jacques Villain, *La France a-t-elle...*, *op cit.*

⁷ Lettre d'Henri Moureu à Robert Esnault-Pelterie du 11/02/1946. Archives du SHD, fonds déposé par Roland Hautefeuille, 1 K 898, AI Z 32605.

⁸ Jacques Blamont, *Les débuts de la recherche...*, *op cit.*

⁹ Philippe Varnoteaux, *L'aventure spatiale...*, *op cit.*

¹⁰ Jacques Blamont, *Les débuts de la recherche...*, *op cit.*

¹¹ Jacques Villain, *La France a-t-elle...*, *op cit.*

¹² Philippe Varnoteaux, *L'aventure spatiale...*, *op cit.*

mai 1946¹ du ministre de l'armement Charles Tillon et du ministre des finances André Philip². Le LRBA a trois objectifs : il doit s'occuper des études concernant la balistique et l'aérodynamique, comme son nom l'indique. Il doit ensuite mettre en œuvre ces études en vue de les expérimenter au plus vite. Et enfin il doit maintenir une coopération avec tous les organismes français intéressés par les engins de type fusée³.

Le site présente trois gros avantages. Du point de vue superficie, il possède 500 hectares de terrains disponibles. Le site en lui-même est propice à l'installation d'infrastructures spécifiques. Enfin, le site est éloigné de toute agglomération, ce qui évite que les agglomérations voisines soient gênées par des essais au banc. Un autre LRBA est créé à Saint-Louis dans le Haut-Rhin, près de la frontière avec l'Allemagne⁴. La ville de Gramat, dans le Lot, accueille également un centre d'essais⁵. Le colonel Barré prend la direction du LRBA de Vernon. Il y a deux équipes au LRBA. Une chargée d'étudier le pilotage et le guidage des engins, l'autre qui étudie la propulsion⁶.

Le ministre de l'armement Charles Tillon valide par décret du 3 mai 1946 un autre organisme, l'Office national d'études et de recherches aéronautiques (ONERA)⁷. Ses objectifs sont le développement, l'orientation et la coordination des recherches scientifiques et techniques de l'aéronautique, tant civils que militaires⁸. Les activités y sont organisées autour de cinq pôles de recherches : le pôle aérodynamique, le pôle énergie et propulsion, le pôle matériaux, le pôle structures et le pôle physique générale⁹. Le 12 novembre 1946, la DTIA convainc le général Bidault de livrer à l'ONERA toutes les études sur les engins-fusées¹⁰.

Durant le conflit, des organismes ont déjà été créés en France, comme le 30 mai 1944 avec la création de la Société civile d'études de la propulsion par réaction (SCEPR), fondée par le lieutenant-ingénieur Fernand Florio, qui souhaite faire de la France une puissance

¹ Jacques Blamont, *Les débuts de la recherche...*, *op cit.*

² http://www.ecpad.fr/wp-content/uploads/2011/02/france_espace.pdf..., *op cit.*

³ Philippe Varnoteaux, *L'aventure spatiale...*, *op cit.*

⁴ *Ibid.*

⁵ Rapport de l'ingénieur Goerz sur les voyages à Raderach en octobre 1946 du 28/10/1946. Archives du SHD, fonds déposé par Roland Hautefeuille, 1 K 898, AI Z 32605.

⁶ France Durand-De Jongh, *De la fusée Véronique au lanceur Ariane, une histoire d'hommes 1945-1979*, Paris, Stock, 1998.

⁷ Jacques Blamont, *Les débuts de la recherche...*, *op cit.*

⁸ Philippe Varnoteaux, *L'aventure spatiale...*, *op cit.*

⁹ Jacques Blamont, *Les débuts de la recherche...*, *op cit.*

¹⁰ Philippe Varnoteaux, *L'aventure spatiale...*, *op cit.*

aéronautique le plus rapidement. En 1945, la SCEPR devient la Société d'études de la propulsion par réaction (SEPR). Il s'agit de la première société française spécialisée dans la propulsion des fusées¹. L'organisme a mené des missions en Allemagne au même titre que l'équipe de Moureu. En effet, une mission militaire dirigée par Florio suit de près l'avance des troupes françaises en Allemagne et s'intéresse aux matériels et moyens de fabrication et de réalisation des Allemands dans le domaine de l'aviation. La mission découvre notamment des moteurs-fusées d'assistance au décollage pour avions, tout particulièrement le moteur Walter 109-509. Ce moteur constitue la base des connaissances de la SEPR. Il fonctionne à l'eau oxygénée et avec un mélange de méthanol et d'eau. Il peut développer une poussée de 1700 kilogrammes².

Pour faciliter la coopération entre scientifiques et militaires du point de vue des recherches astronautiques, le directeur du CNRS, Joliot-Curie, propose la création du Comité de coordination scientifique de la défense nationale (CCSDN)³. Le comité est créé en janvier 1945. Il décide de confier les affaires de fusées et de projectiles à la DEFA, les véhicules sustentés (à coussins d'air) à la DTIA et les questions de guidage et de thermodynamique à la Marine⁴. Joliot-Curie participe justement à la création d'un autre organisme en 1945 avec Pierre Auger. Il s'agit de la Commission à l'énergie atomique (CEA)⁵, dont il devient le premier responsable en 1946. Il est en effet nommé haut-commissaire à l'énergie atomique⁶.

En mai 1944 était créé le Centre national d'études des télécommunications (CNET), ce qui montre bien l'intérêt que les ingénieurs et scientifiques français montrent pour tous les domaines qui touchent de près ou de loin à l'aéronautique⁷. Pour finir, un bureau d'étude au service de la France fut créé en Allemagne à Emmendingen, dans la zone d'occupation française⁸. Pour faire fonctionner tous ces organismes, la France a besoin de main d'œuvre et de personnes compétentes. C'est vers l'Allemagne qu'elle se tourne.

¹ Philippe Varnoteaux, *L'aventure spatiale...*, *op cit.*

² Jacques Villain, *La France a-t-elle...*, *op cit.*

³ Philippe Varnoteaux, « La part du CNRS dans les débuts de la conquête de... »..., *op cit.*

⁴ Jacques Blamont, *Les débuts de la recherche...*, *op cit.*

⁵ http://www.esa.int/fre/ESA_in_your_country/France/Les_grands_noms..., *op cit.*

⁶ Conférence de Henri Moureu, « Connaissances de la matière, Frédéric Joliot et l'eau lourde », Bordeaux, 07/12/1970..., *op cit.*

⁷ Jacques Blamont, *Les débuts de la recherche...*, *op cit.*

⁸ André Sellier, *Histoire du camp...*, *op cit.*

B. Les Allemands au service de l'aéronautique française

Vers la fin de la Seconde guerre mondiale, les Alliés se lancent dans une grande chasse aux matériels et surtout aux spécialistes allemands, notamment des spécialistes en aéronautique. Des opérations de récupération sont ainsi montées par les grandes puissances alliées, comme l'opération Paperclip pour les Etats-Unis, l'opération Osoaviakhim pour l'URSS¹ et l'opération Backfire du côté de la Grande-Bretagne². L'objectif est donc de s'emparer des technologies allemandes et d'engager du personnel qualifié allemand afin de combler les lacunes en aéronautique et surtout de développer des engins de guerre révolutionnaires et toujours plus puissants, particulièrement des missiles balistiques dérivés du V2³.

Grâce à l'opération Paperclip, les Américains parviennent à récupérer des V2 en cours de construction et les archives de la base de Peenemünde. Ils arrêtent surtout des grands noms de l'aéronautique allemande, von Braun et Dornberger, en plus de nombreux autres ingénieurs et spécialistes allemands⁴. Le 12 septembre 1945, von Braun et 122 de ses collègues sont emmenés aux Etats-Unis pour y poursuivre leurs études⁵. Ces spécialistes allemands sont d'ailleurs des anciens de Peenemünde, désignés par le sigle « TAP » (techniciens anciens de Peenemünde)⁶. Au total, l'URSS recrute environ 5000 Allemands, les Etats-Unis environ 3000 et la Grande-Bretagne quelques dizaines⁷. Si l'URSS a pu en recruter autant, c'est parce que sa zone d'occupation en Allemagne comprend beaucoup d'usines⁸.

La France prend également part à ce pillage des technologies allemandes. L'avance allemande en termes d'armes balistiques peut permettre à la France de rattraper son retard dans ce domaine. Moureu et les responsables militaires français se rendent bien compte qu'il est nécessaire pour la France d'assimiler les connaissances allemandes en la matière avant d'entreprendre la réalisation d'armes similaires. Du matériel en quantité a été ramené

¹ Philippe Varnoteaux, *L'aventure spatiale...*, *op cit.*

² http://www.ecpad.fr/wp-content/uploads/2011/02/france_espace.pdf..., *op cit.*

³ Philippe Varnoteaux, *La naissance de la politique spatiale...*, *op cit.*

⁴ Jean-Louis Moineau, *Les premiers pas...*, *op cit.*

⁵ France Durand-De Jongh, *De la fusée Véronique au lanceur Ariane, une histoire d'hommes...*, *op cit.*

⁶ http://www.ecpad.fr/wp-content/uploads/2011/02/france_espace.pdf..., *op cit.*

⁷ Vincent Nouzille et Oliver Huwart, *Comment la France...*, *op cit.*

⁸ Jean-Louis Moineau, *Les premiers pas...*, *op cit.*

d'Allemagne, mais il faut aussi ramener les Allemands qui les ont conçus. Ils pourraient donc aider à la réalisation de missiles français ainsi que transmettre leur savoir aux jeunes ingénieurs français pour les former¹.

Comme les autres puissances alliées ont déjà commencé à recruter des spécialistes allemands, il devient urgent pour la France de faire de même. Ainsi, dans une note des archives de l'armée de Terre du 16 mai 1945, l'Etat-Major de la Défense nationale alerte le général De Gaulle sur l'intérêt des recherches allemandes. La note dit « *l'activité et l'ampleur des résultats obtenus, dans le domaine des armes secrètes notamment, ont vivement impressionnés ceux qui les ont examinés [...]. Certaines personnalités, têtes de file, ont été emmenées en Angleterre, d'autres pressenties pour travailler en Amérique. De notre côté, nous avons emmené temporairement à Paris certaines personnalités*² ».

De Gaulle est immédiatement d'accord avec l'Etat-Major de la Défense nationale. Il adresse de ce fait une instruction confidentielle au général De Lattre de Tassigny le 17 mai. Il y déclare « *il y aura tout lieu de transférer en France les scientifiques ou techniciens allemands de grande valeur pour les interroger à loisir sur leurs travaux et éventuellement les engager à rester à notre disposition*³ ». Le but est donc de procéder au démontage des installations allemandes pour les reconstruire en France et y attirer des spécialistes allemands⁴. Dans une note secrète des archives de la zone d'occupation française d'octobre 1946, le général Koenig y voit un autre intérêt, celui d'affaiblir encore plus l'Allemagne. Il déclare en effet « *chaque technicien qui vient se fixer à demeure en France correspond à une diminution du potentiel allemand et à une augmentation du potentiel français ; il faut en profiter* ». Il souhaite également que le recrutement des spécialistes allemands soit rapidement réalisé avant qu'il ne soit trop tard. En effet dans une autre lettre, il écrit « *soyons sûrs que du jour où un gouvernement allemand [...] sera reconstitué, il fera tout son possible pour arrêter cette véritable hémorragie humaine, se rendant compte du grave préjudice subi*⁵ ».

Afin d'organiser le recrutement du personnel allemand, une section d'information scientifique est créée en 1945. Les trois armées y sont représentées, ainsi que le CNRS et le CNET. Cette instance rédige une centaine de rapports et plus de 3500 fiches personnelles

¹ Jacques Villain, *La France a-t-elle...*, *op cit.*

² Vincent Nouzille et Oliver Huwart, *Comment la France...*, *op cit.*

³ *Ibid.*

⁴ Jean-Louis Moineau, *Les premiers pas...*, *op cit.*

⁵ Vincent Nouzille et Oliver Huwart, *Comment la France...*, *op cit.*

sur les spécialistes allemands. Le 19 mars 1946, le ministère de l'économie nationale met en place une procédure de recrutement officielle qui est soumise au feu vert de neuf ministres, dont ceux de la production industrielle, des finances, du travail, de la sûreté et du consulat. Une procédure d'extrême urgence est également mise en place dans le but de retenir un savant ou technicien allemand qui serait sur le point de partir à l'étranger ou de s'échapper du territoire français¹.

Dans le but d'attirer des spécialistes allemands en France, des contrats de travail rémunérés leur sont proposés, avec notamment la possibilité de pouvoir repartir en Allemagne au bout de quelques années. Il serait intéressant pour eux de venir travailler en France du fait de sa proximité avec leur pays et donc leurs familles. Ces contrats contiennent tout de même des clauses, surtout une clause de confidentialité vis-à-vis des recherches menées². Otto Kraehe, ingénieur à Peenemünde de 1935 à 1945, fait partie de ces spécialistes allemands qui viennent s'engager contractuellement en France. Lorsque von Braun est emmené aux Etats-Unis, il lui fait la promesse de le faire venir dès que possible. En 1945, les Allemands ne peuvent plus mener de recherches en Allemagne. Et lorsque Kraehe apprend que les Français recherchent des ingénieurs allemands pour reconstituer des V2. Il juge les conditions bonnes et signe donc un contrat avec le ministère de l'armement. Il commence à l'Arsenal de Puteaux (APX) avant de rejoindre le LRBA de Vernon³.

Pour parvenir à attirer et conserver ces spécialistes, les autorités françaises se rendent bien compte qu'il faut leur conférer des avantages. La commission générale aux affaires allemandes et autrichiennes va dans ce sens le 22 novembre 1946 : « *le gouvernement estime que les savants et techniciens doivent bénéficier d'avantages suffisants pour être encouragés à travailler pour notre économie* ». Les recrues allemandes reçoivent donc quatre stères de bois supplémentaires pour leurs familles restées en Allemagne. Ils obtiennent aussi des compléments mensuels de nourriture, avec quatre kilogrammes de viande, 400 grammes de fromage et quinze litres de vin par recrue, ainsi que des vêtements. A ce propos, une réunion se tient le 17 décembre 1946 en zone d'occupation française à Baden-Baden. Il est décidé qu'une « *certaine discrétion doit être apportée dans cette affaire qui concerne un caractère*

¹ Vincent Nouzille et Oliver Huwart, *Comment la France...*, *op cit.*

² Philippe Varnoteaux, *L'aventure spatiale...*, *op cit.*

³ Vincent Nouzille et Oliver Huwart, *Comment la France...*, *op cit.*

confidentiel. Il est nécessaire en effet d'éviter l'éveil de services étrangers qui poursuivent les mêmes buts avec les mêmes moyens¹ ».

Toujours en ce qui concerne les avantages conférés aux Allemands, un courrier de janvier 1947 demande le déblocage de lots de 198 vêtements de travail, de 37 costumes pour homme, de 33 tailleurs pour femme et de 342 paires de chaussures. Il est promis à tout Allemand intéressé par l'idée de travailler en France une protection de leurs proches contre les éventuelles représailles d'organismes allemands et leur futur transfert en France. Il est également promis un logement décent, une sécurité sociale, un salaire équivalent à ceux de leurs homologues français et des impôts moins lourds. Le salaire mensuel est alors à l'époque de 40000F (environ 4800€), ce qui permet aux Allemands de bien faire vivre leurs familles restées en Allemagne. Les recrues allemandes disposent de plus d'une certaine liberté contrairement aux Allemands engagés par les autres puissances alliées. Kraehe déclare à ce sujet « *les Russes et les Américains devaient nous encadrer très strictement. Alors que les Français nous donnaient le droit de nous promener librement, par exemple pour aller passer des week-ends à Paris² ».*

Le physicien allemand Rudi Schell estime quant à lui que les Américains traitent mal les recrues allemandes et que les Britanniques proposent des contrats d'embauche mais refusent que les familles des recrues les rejoignent. Il juge les Français plus chaleureux à leur égard. En France, les Allemands s'intègrent donc rapidement et une coopération efficace née avec les ingénieurs français³. Ces avantages offerts aux Allemands doivent donc permettre d'éviter leur départ vers les autres puissances alliées. Dans une note du 3 septembre 1946, le commissaire de sûreté Pohl suggère qu'il faut mettre à disposition des instituts allemands des moyens pour poursuivre leurs recherches scientifiques. Il faut aussi offrir aux recrues allemandes des conditions de vie favorables qui leur permettent de mener leurs études avec un certain confort matériel. Enfin il faut étudier la possibilité de faire venir leurs familles d'Allemagne. Des suggestions qui sont donc appliquées⁴.

Grâce à tous ces avantages proposés, les candidatures d'Allemands pour travailler en France affluent. La section des recherches techniques en reçoit entre 100 et 200 chaque mois,

¹ Vincent Nouzille et Oliver Huwart, *Comment la France...*, *op cit.*

² *Ibid.*

³ *Ibid.*

⁴ Note du commissaire de sûreté Pohl, chef du district de Trèves à Monsieur le directeur de la sûreté de Coblenche du 03/09/1946. Archives du SHD, fonds déposé par Roland Hautefeuille, 1 K 898, DE 2015 ZL 157/5.

et se charge donc de les trier¹. Lorsque le recrutement des Allemandes démarre, certains sont recrutés directement en Allemagne. 28 aérodynamiciens allemands de Kochel en Bavière sont recrutés par la France et transférés à Emmendingen en zone d'occupation française début 1946. Ils constituent alors le bureau d'études d'Emmendingen. Leur mission principale est de concevoir la soufflerie du LRBA de Vernon et d'assurer la surveillance des travaux. Cette soufflerie est inspirée de celle de Peenemünde. Des ingénieurs allemands entendent parler de l'intérêt de la France pour les fusées. Ils entrent donc en contact avec les autorités françaises et signent en juin 1946 un contrat de travail avec la DEFA².

Les autorités françaises leur signifient qu'elles sont disposées à engager un certain nombre de TAP ou des ingénieurs qui proviennent d'instituts allemands qui étaient sous contrat avec Peenemünde. Des quotas de recrues allemandes sont fixées à la DEFA avec un maximum de 25 personnes à la section guidage et 35 à la section propulsion. Des Allemands sont nommés à la tête de ces sections, le docteur Jauernick pour les Etudes aérodynamiques propulsion (EAP) et le docteur Müller pour les Etudes aérodynamiques guidage (EAG). Le 15 juin 1946 et dans les jours suivants, 35 contrats sont signés avec des TAP. Les recrues et leurs familles sont rassemblées dans les villes voisines d'Emmendingen. Ces recrues sont donc rattachées au bureau d'études d'Emmendingen qui dépend des autorités militaires françaises basées à Offenburg. Ces spécialistes allemands sont chargés de reconstituer des dossiers relatifs au V2 et au Wasserfall, ainsi que de réfléchir à l'organisation des futures installations à mettre en place en France pour étudier et réaliser des fusées³.

Certains Allemands recrutés restent travailler en Allemagne. Ils remettent en marche plus de 200 usines civiles allemands dans la zone d'occupation française. Dans la région du lac de Constance, des Allemands travaillent pour le compte de la Marine française dans 17 usines et laboratoires, et ce jusqu'à leur déménagement en 1948 dans le Sud de la France⁴. Grâce aux missions de la DEFA en Allemagne, cette dernière récupère environ quarante ingénieurs de Peenemünde⁵. Le CEPA engage quant à lui 70 TAP⁶. Environ 75 Allemands

¹ Vincent Nouzille et Oliver Huwart, *Comment la France...*, *op cit.*

² Jacques Villain, *La France a-t-elle...*, *op cit.*

³ *Ibid.*

⁴ Vincent Nouzille et Oliver Huwart, *Comment la France...*, *op cit.*

⁵ Jean-Louis Moineau, *Les premiers pas...*, *op cit.*

⁶ Rapport du professeur Moureu, conseiller scientifique de l'Etat-Major de l'armée et directeur du CEPA, « Le développement à donner en France... », *op cit.*

sont engagés par l'ONERA, parmi le personnel de trois laboratoires situés sur les bords du lac de Constance¹.

La SEPR, au moment de démarrer ses activités, engage plusieurs anciens ingénieurs de chez BMW. L'arsenal de l'aéronautique, rattaché à la DTIA, en signe également. A la base, cet organisme était spécialisé dans l'étude et la réalisation d'avions militaires. Mais en automne 1946, il y est décidé la création d'une équipe de sept personnes pour l'étude d'engins spéciaux, donc des missiles balistiques. Fin 1946, vingt ingénieurs allemands sont embauchés à l'arsenal de Châtillon, huit d'entre eux sont affectés aux engins spéciaux où ils tiennent un rôle de conseil².

Des Allemands issus de la Luftkriegs Academie (LKA) sont également recrutés par la France en 1945, malgré l'intérêt des Britanniques et des Américains. La DEFA installe le groupe à Saint-Louis dans le Sud de l'Alsace près de la frontière allemande. Le 27 juillet 1945, les premiers contrats sont signés. Dans les jours suivants, 32 scientifiques allemands spécialisés en balistique, matériaux, aérodynamique et technologies d'armement forment un groupe qui constitue à Saint-Louis une annexe du laboratoire central de l'armement à partir du 15 août 1945. Le 13 août 1946, cette annexe devient le LRBA de Saint-Louis. Ses effectifs augmentent rapidement : 32 en juillet 1945, 45 le 15 août 1945, 64 le 1^{er} décembre 1945 et 77 le 1^{er} décembre 1946³. Les contrats des ingénieurs allemands de ce LRBA leurs assurent le futur transfert de leurs familles en France⁴.

En octobre 1946, une douzaine d'ingénieurs allemands arrivent à l'APX. Quatre d'entre eux sont embauchés pour compléter le dossier des plans du V2 que les Anglais ont fourni aux Français⁵. Certains Allemands qui travaillent au LRBA de Saint-Louis sont transférés à l'APX, qui dépend de la section technique de la DEFA. Le LRBA de Vernon a également recours aux spécialistes allemands. Les premiers arrivent au LRBA en décembre 1946, dont parmi eux plusieurs TAP. Il s'agit d'ingénieurs, de spécialistes du guidage et de la poursuite d'engins, d'experts en asservissement et en mécanique de vol⁶.

¹ Jacques Villain, *La France a-t-elle...*, *op cit.*

² *Ibid.*

³ Note du commissaire de sûreté Pohl, chef du district de Trèves à Monsieur le directeur de la sûreté de Coblenche du 03/09/1946..., *op cit.*

⁴ Jacques Villain, *La France a-t-elle...*, *op cit.*

⁵ Philippe Varnoteaux, *L'aventure spatiale...*, *op cit.*

⁶ *Ibid.*

Les Allemands et les Français du LRBA de Vernon constituent les premières équipes chargées de concevoir et de réaliser des fusées¹. Ils forment le groupe Engins Autopropulsés (EA) avec la section guidage EAG et la section propulsion EAP². Au final, ce sont plus de 120 spécialistes allemands qui sont recrutés par le LRBA, avec leurs familles³. Lorsque les Allemands arrivent au LRBA, les relations franco-allemandes sont plutôt difficiles au départ. En effet les Allemands possèdent le savoir et les Français ont tout à apprendre d'eux. Ce qui place ces derniers en position d'infériorité alors qu'ils sont les supérieurs hiérarchiques des recrues allemandes. De plus, la guerre est encore présente dans les esprits. Quelques semaines après leur arrivée, certains Allemands se rendent en ville à l'occasion du 14 juillet, ce qui provoque quelques incidents avec la population. Autre difficulté, celle de la barrière de la langue qui entraîne des problèmes de communication. Il y a aussi des différences quant aux méthodes de travail⁴.

Cependant les mois passent et une véritable coopération se met en place. Les avantages dont jouissent les spécialistes allemands et la liberté dont ils disposent favorisent l'amélioration des relations. Ils peuvent en effet se rendre à Paris et vivre avec leur famille. En comparaison, les Anglais n'offrent une certaine liberté de mouvement que dans un rayon de dix kilomètres autour de la base qui les emploient⁵. Un exemple de l'intégration des spécialistes allemands en France : Kraehe épouse une française en 1950. Il retourne vivre en Allemagne en 1958 puis revient en France en 1963 pour passer sa retraite près de Vernon. Des Allemands ont été engagés pour travailler dans bien d'autres domaines, comme les hélicoptères, les sous-marins, les torpilles, les radars, les moteurs de char, les obus, les souffleries aéronautiques et la force de frappe⁶.

Le recrutement des Allemands s'accompagne par la récupération d'installations et donc de matériels allemands. Il y a notamment la soufflerie d'Ötztal dans le Tyrol autrichien. Il est décidé le 10 octobre 1945 que le démontage de la soufflerie doit être effectué avant juillet 1946 pour être remontée en France, car la zone d'occupation française dans laquelle elle se trouve doit passer sous contrôle américain à cette date. Ce sont donc 4364 tonnes de tôles et de matériels qui sont transférés dans la région lyonnaise. La soufflerie est remontée

¹ [https://www.universalis.fr/encyclopedie/espace-conquete-de-l-des-pionniers-a-la-fin-de-la-guerre-froide/...](https://www.universalis.fr/encyclopedie/espace-conquete-de-l-des-pionniers-a-la-fin-de-la-guerre-froide/), *op cit.*

² Jacques Blamont, *Les débuts de la recherche...*, *op cit.*

³ Jean-Louis Moineau, *Les premiers pas de l'aventure...*, *op cit.*

⁴ Jacques Villain, *La France a-t-elle...*, *op cit.*

⁵ *Ibid.*

⁶ Vincent Nouzille et Oliver Huwart, *Comment la France...*, *op cit.*

à Modane et devient ainsi la soufflerie officielle de l'ONERA, remontée grâce aux Allemands qui y sont embauchés¹.

La SEPR lance ses activités grâce à du matériel trouvé en Autriche. En effet le moteur Walter 109-509 est produit dans plusieurs installations dispersées dans la région du Tyrol autrichien. Il y a notamment une usine souterraine près d'Achensee et une station d'essais et de réception des moteurs à Kramsach, sur les bords de l'Inn. Vers la fin de la guerre, la station permettait de contrôler le bon fonctionnement de chacun des trente moteurs fabriqués quotidiennement. Ce qui avait nécessité l'installation de citernes de stockage pour carburant et comburant. En février 1946, l'ordre est donné de démonter la station pour la remonter en France. Ainsi la SEPR reçoit des bancs d'essais, des réservoirs et citernes de différentes tailles, des vannes, des enregistreurs de pression, des glaces de fenêtres de visée, des accessoires pour les essais comme des gants, lunettes, masques et combinaisons de protection².

Plusieurs sociétés allemandes spécialisées dans les études et fabrications aéronautiques sont visitées par les Français en Allemagne. Par exemple Messerschmitt à Augsburg, BMW à Munich et Mahle à Fellsach, entreprise qui avait travaillé sur des tuyères de V2, de Wasserfall et de Rheintochter. Des rivalités peuvent se former avec les autres puissances alliées quant au matériel allemand. Ainsi une course a lieu avec les Américains afin de récupérer environ 200 tonnes de matériels stockés dans des wagons de marchandises. Le professeur Joseph Pérès de l'Académie des sciences parvient à négocier avec les Allemands l'attribution de ces 200 tonnes de matériels, ainsi que les pièces déjà parvenues aux Etats-Unis³. Le démontage de la station d'Ober-Raderach est également initié afin d'utiliser certains éléments et ainsi améliorer les stations d'essais du LRBA de Vernon et celle de Gramat⁴.

Pour recruter certains éléments, les services secrets français procèdent parfois à des opérations d'exfiltration dans les autres zones d'occupation. Ce fut notamment le cas en décembre 1945 lorsque Ferdinand Porsche est enlevé dans sa résidence de Zell am See, pourtant surveillée par les Américains⁵. Parmi tous les Allemands recrutés, la France parvient à recruter quelques recrues de qualité. Par exemple, le LRBA de Vernon recrute

¹ Jacques Villain, *La France a-t-elle...*, *op cit.*

² *Ibid.*

³ *Ibid.*

⁴ Rapport de l'ingénieur Goerz sur les voyages à Raderach..., *op cit.*

⁵ Vincent Nouzille et Oliver Huwart, *Comment la France...*, *op cit.*

Karl-Heinz Bringer, ancien de Peenemünde spécialiste des chambres de combustion. Ce dernier déclare quant à son recrutement « *après cette guerre terrible, nous étions désorientés... Notre objectif, c'était surtout de survivre. Il faut savoir aussi qu'après la guerre, il a été interdit à l'Allemagne de poursuivre quelque recherche que ce soit. Et nous, nous voulions continuer nos recherches*¹ ».

La France recrute également le spécialiste en guidage Otto Müller². Helmut Habermann, autre ancien de Peenemünde et spécialiste des commandes des engins, est aussi recruté. Les organismes français semblent donc avoir recruté certains noms de l'aéronautique allemande. Selon l'historien Jacques Villain, « *la France, principalement dans le domaine aéronautique et militaire, a su attirer des personnalités de premier plan*³ ». Et dans un rapport de l'ingénieur général de la DEFA du 12 juillet 1947, il est dit que la France a recruté « *parmi les meilleurs éléments récupérables de l'équipe de Peenemünde*⁴ ». Il faut aussi citer le professeur Eugen Sänger qui est recruté à l'arsenal de l'aéronautique avec sa collaboratrice Irène Bredt. Ils travaillaient notamment sur l'aérodynamique, la combustion de l'hydrogène liquide et les statoréacteurs. Sänger avait notamment un projet de bombardier propulsé par des fusées⁵.

Il faut signaler que les organismes français ont recruté certains nazis parmi les spécialistes allemands. Kraehe s'en défend et affirme qu'il n'était « *qu'un simple ingénieur, sans engagement politique* ». Il y a l'exemple d'Hubert Schardin, un des patrons de la LKA. Il souhaitait créer une ultime arme miracle pour Hitler. Il est par la suite arrêté par le commandant Lutz de la Première division blindée de l'armée française. Il est alors envoyé au LRBA de Saint-Louis où il a toute liberté d'action. La France ferme les yeux sur certains cas car elle embauche d'anciens SS. Comme exemple, celui d'Otto Ambros, qui a participé à la décision d'employer le Zyklon B dans les chambres à gaz. Il a rédigé un rapport sur la production allemande de nouveaux gaz, comme le gaz Sarin, qui intéresse les promoteurs français des armes chimiques⁶.

La France embauche donc des criminels de guerre, et pourtant dans sa note d'octobre 1946, le général Koenig laissait penser le contraire. Il dit « *seraient éliminés, sauf*

¹ Philippe Varnoteaux, *L'aventure spatiale...*, *op cit.*

² France Durand-De Jongh, *De la fusée Véronique au lanceur Ariane, une histoire d'hommes...*, *op cit.*

³ Vincent Nouzille et Oliver Huwart, *Comment la France...*, *op cit.*

⁴ Philippe Varnoteaux, *L'aventure spatiale...*, *op cit.*

⁵ Jacques Villain, *La France a-t-elle...*, *op cit.*

⁶ Vincent Nouzille et Oliver Huwart, *Comment la France...*, *op cit.*

circonstances exceptionnelles, tous ceux ayant eu un rang ou une fonction quelconque dans les organisations nationales-socialistes. Les simples membres feraient l'objet d'une enquête ayant pour but de déterminer le degré de leur activité. Ceux qui auraient eu une attitude purement passive pourraient être admis à poser leur candidature ». Il en fut donc autrement dans la réalité¹.

La France a donc eu recours aux spécialistes allemands pour reconstruire son industrie et son secteur astronautique. Ce que confirme Emmanuel Chadeau, professeur d'Histoire : *« leur présence a permis à certains secteurs de l'industrie française de rattraper au moins cinq ans de retard, voire de réaliser de belles percées »*. Pour Roland Hautefeuille, spécialiste du V2, *« certains croient encore que la France est partie de zéro dans la conquête spatiale. Ce fut longtemps la thèse officielle. Mais c'est faux »*. Enfin pour Gérard Bossuat, également professeur d'Histoire, *« une chose est sûre : ce recrutement de savants a été assumé politiquement par le gouvernement et organisé administrativement² »*.

Finalement, c'est un total d'environ 500 ingénieurs et techniciens allemands qui mettent leurs compétences au service de la France. L'aéronautique française va donc connaître un grand bond en avant. L'aide de ces spécialistes allemands permet de reconstruire l'industrie française et de limiter son retard sur les Américains et les Russes³. Si ce recrutement de spécialistes allemands et la récupération d'installations ont beaucoup apporté à la France, l'Allemagne a subi un préjudice conséquent. En effet de 1945 jusqu'aux années 1950, l'Allemagne n'a pu travailler efficacement dans le domaine des engins à réactions⁴. Mais pour en revenir à la France, la fin de la guerre et l'arrivée des Allemands coïncident avec la reprise des études sur les fusées.

¹ Vincent Nouzille et Oliver Huwart, *Comment la France...*, *op cit.*

² *Ibid.*

³ Jacques Villain, *La France a-t-elle...*, *op cit.*

⁴ Note du 18/08/1954, « Etude sur les possibilités de l'Allemagne occidentale dans le domaine des engins à réaction ». Archives du SHD, fonds déposé par Roland Hautefeuille, 1 K 898, DE 2015 ZL 157/5.

II. Reprise des études astronautiques en France

A. *Les nouvelles études de Barré*

En 1945, il n'y a plus aucun bureau d'étude et plus aucune structure industrielle en mesure de reprendre une activité de recherche en France. La Seconde guerre mondiale a paralysé la France du point de vue industriel notamment, et donc du point de vue astronautique. Mais le pays s'est relevé rapidement grâce au savoir-faire de spécialistes allemands et à la création de multiples organismes dans le but de reprendre les études. Un des pionniers de l'aéronautique française, l'officier Barré, reprend ses essais¹.

En raison de l'occupation allemande, Barré était obligé de mener seulement des essais au point fixe puis seulement des études théoriques après l'invasion de la Zone Libre. Alors qu'il souhaite pourtant réaliser des essais en vol de la fusée qu'il a conçu, l'EA-1941, Barré doit attendre la Libération pour rassembler le matériel et mener enfin ce projet à bien. Il est décidé que les premiers tirs de la fusée auront lieu à La Renardière dans la presqu'île de Saint-Mandrier, qui ferme la rade de Toulon².

Une rampe de lancement est construite sur le site et une reconnaissance est effectuée à Toulon pour contacter la Marine et lui demander son assistance, ainsi que pour organiser les premiers tirs³. Barré souhaite donc tester en vol sa fusée EA-1941 qui fonctionne à l'éther de pétrole et à l'oxygène liquide. Il s'agit donc là de la première fusée française à propergols liquides⁴. Le premier tir a lieu le 15 mars 1945 à l'établissement d'expériences techniques de La Renardière⁵. La Marine jalonne la ligne de tirs avec deux hydravions, deux destroyers d'escorte, huit chasseurs et vedettes. Lors de la mise à feu, l'engin franchit rapidement la

¹ Jean-Louis Moineau, *Les premiers pas...*, *op cit.*

² Rapport de Jean-Jacques Barré, ingénieur militaire général des fabrications d'armement, « Historique des études »..., *op cit.*

³ *Ibid.*

⁴ Note n°4975A du 04/02/1946, « Engin autopropulsé modèle 41 ». Archives de l'Observatoire de l'Espace du CNES, Paris, fonds déposé par Bertrand Barré.

⁵ [https://www.universalis.fr/encyclopedie/espace-conquete-de-l-des-pionniers-a-la-fin-de-la-guerre-froide/...](https://www.universalis.fr/encyclopedie/espace-conquete-de-l-des-pionniers-a-la-fin-de-la-guerre-froide/), *op cit.*

rampe mais explose au bout de cinq secondes. Une des vedettes recueille plusieurs pièces qui flottent, notamment une bouteille d'azote. La cause de l'explosion n'est pas établie¹.

Le lendemain, deux nouveaux essais sont prévus. Lors du premier, la fusée explose au bout de dix secondes tout en restant au bas de la rampe. Cette dernière est donc endommagée par l'explosion, la rendant inutilisable pour le deuxième essai. A la suite de ces échecs, les difficultés s'accroissent pour l'équipe de Barré. Les dommages provoqués par les explosions retardent les opérations suivantes. De plus les crédits se font rares et sont distribués au compte-goutte. Le commandant Nicolas, trésorier à la Direction du matériel se montre pourtant très compréhensif². Barré ne peut compter que sur une prime de 200000F (environ 24000€) que le ministère lui a attribué pour, selon sa décision, « *les travaux remarquables qu'il a exécuté de 1940 à 1945 en inventant et en mettant au point le premier projectile-fusée à liquides, lancé en France*³ ».



Préparation d'une fusée EA-1941, Barré est à gauche en blouse blanche © CNES, collection Barré

L'équipe se retrouve réduite en raison de nouvelles affectations de certains de ses membres et ne peut donc plus s'assurer du montage des fusées. La réalisation des EA-1941 est donc confiée à la Société pour l'application générale de l'électricité et de la mécanique (SAGEM). De nouveaux tirs ont lieu le 6 juillet 1945, toujours à La Renardière où la rampe

¹ Rapport de Jean-Jacques Barré, ingénieur militaire général des fabrications d'armement, « Historique des études »..., *op cit.*

² *Ibid.*

³ « L'ingénieur militaire général Jean-Jacques Barré... »..., *op cit.*

de lancement a été reconstruite. La Marine de Toulon accorde de nouveau son assistance en mettant à disposition de l'équipe de Barré un hydravion, un escorteur et deux vedettes de port. Trois essais ont lieu à cette date¹.

Lors du premier, l'engin atteint une vitesse insuffisante au moment de quitter la rampe. Il est alors couché par une rafale de vent et s'abîme en mer une fois la combustion achevée à une dizaine de kilomètres de La Renardière. Au deuxième essai, le nouvel engin a quant à lui une vitesse excessive et explose 1.2 seconde après avoir franchi la rampe. Le dernier tir n'a lieu qu'à 19h45 alors que la flottille d'observation rentre au port. L'engin a un très bon départ mais la combustion cesse au bout de 7.5 secondes au lieu des treize prévues. L'engin peut être suivi jusqu'à la ligne d'horizon, à environ 34 kilomètres de la rampe. Certains observateurs affirment l'avoir vu disparaître derrière cette ligne d'horizon. A la lecture des films, la vitesse de l'engin est évaluée à 1400 mètres par seconde en fin de combustion, et sa portée à environ soixante kilomètres².



Une EA-1941 en vol © CNES, collection Barré

Les mois suivants ces essais sont consacrés à l'étude de composants par la SAGEM. Un contrat est d'ailleurs conclu à ce sujet entre la SAGEM et la DEFA à la demande de la section technique de l'armée. Pour préparer de futurs essais, un nouveau point fixe est monté

¹ Rapport de Jean-Jacques Barré, ingénieur militaire général des fabrications d'armement, « Historique des études »..., *op cit.*

² *Ibid.*

à Satory sur l'emplacement de l'ancien point fixe d'Esnault-Pelterie, démantelé durant l'occupation. A Toulon, deux derniers tirs sont effectués le 18 juillet 1945. L'échec est total pour les deux. A chacun des deux tirs, l'engin brûle en bas de la rampe et ne développe ni pression ni poussée. Les deux tirs détériorent de plus la rampe, ce qui entraîne l'annulation du troisième tir¹.

Les échecs de ces derniers essais entraînent l'abandon provisoire du programme. Les ingénieurs se montrent trop impatients et veulent maîtriser trop rapidement l'engin². Tous ces échecs ont des conséquences sur le plan psychologique, les ingénieurs de cette époque ne sont pas habitués au pourcentage élevé d'incidents propres à ce genre d'engin³. Certains ingénieurs ne sont pas étonnés des échecs de l'équipe de Barré lors des essais à Toulon. En effet, les méthodes de travail de l'équipe sont qualifiées de déplorables⁴. Les essais n'ont d'ailleurs pas bénéficié d'une répétition préalable malgré les avertissements de certains ingénieurs⁵.

Avant ces essais décevants, les hautes autorités militaires françaises voient l'avenir avec les missiles sol-sol. Une note du général Bloch-Dassault du 5 octobre 1945 appuie d'ailleurs les engins autopropulsés stratégiques. Il affirme qu'il faut développer la propulsion et les fusées. Le général Valin lui donne raison dans une note du 8 octobre. Mais les échecs répétés de l'EA-1941 influencent les responsables militaires et les politiques. Ils considèrent désormais les missiles balistiques comme des engins utopiques trop coûteux. Malgré ce désaveu, Barré poursuit ses travaux sur sa fusée. Le 10 octobre 1946, il est transféré de la section technique de l'armée de Terre à la DEFA qui soutient le développement de l'EA-1941⁶.

Grâce à ce soutien, un nouvel essai de l'engin a lieu en 1946 en région parisienne au Mont Valérien. L'engin fonctionne parfaitement, mais Barré se consacre déjà avant cet essai à une nouvelle étude. Finalement, l'étude de l'EA-1941 montre qu'il est nécessaire d'étudier plusieurs aspects, comme la localisation radio des engins, la manipulation d'importantes

¹ Rapport de Jean-Jacques Barré, ingénieur militaire général des fabrications d'armement, « Historique des études »..., *op cit.*

² Philippe Varnoteaux, *L'aventure spatiale...*, *op cit.*

³ Rapport de Jean-Jacques Barré, ingénieur militaire général des fabrications d'armement, « Historique des études »..., *op cit.*

⁴ Lettre pour l'ingénieur en chef Lafargue du 27/07/1946. Archives du SHD, fonds déposé par Roland Hautefeuille, 1 K 898, AI Z 32605.

⁵ Lettre pour l'ingénieur général Norguet, inspecteur général technique des études et fabrications d'armement du 27/08/1946. Archives du SHD, fonds déposé par Roland Hautefeuille, 1 K 898, AI Z 32605.

⁶ Philippe Varnoteaux, *L'aventure spatiale...*, *op cit.*

quantités d'oxygène liquide. Il s'est aussi avéré nécessaire de prévoir la détection du plein de l'oxygène liquide et de réaliser l'entretien de ce plein jusqu'à la mise à feu¹.

Barré et son équipe peuvent cependant mener une autre étude sur une nouvelle fusée. En effet dès les premiers essais en 1945 de l'EA-1941, il est question de réaliser un nouvel engin similaire mais plus puissant, capable en principe de transporter une charge utile de 300 kilogrammes à une distance de mille kilomètres. Cette étude doit normalement aboutir à un engin de 80 centimètres de diamètre, de onze mètres de long, pesant 3.4 tonnes au départ et 0.7 tonne une fois la combustion terminée. L'engin serait équipé d'un propulseur capable de développer une poussée de dix tonnes². Sur demande de la STA, le marché n°5-2.418-3-A est conclu entre l'Etat et la SAGEM le 22 août 1945 pour la réalisation de cet engin, à laquelle Barré va participer³.

La fabrication de ce nouvel engin démarre au LRBA de Vernon le 15 octobre 1946, ce qui lui vaut le nom d'EA-1946 dans un premier temps. En effet en août 1946, l'armée de Terre confie plusieurs grands projets au LRBA de Vernon, dont l'étude 4211 qui correspond à l'EA-1946⁴. L'engin fonctionne à l'oxygène liquide et à l'éther de pétrole, raison pour laquelle il est finalement baptisé EOLE (Engin fonctionnant à l'oxygène liquide et à l'éther de pétrole). EOLE utilise de l'éther de pétrole pré-refroidi à une température voisine de celle de l'oxygène liquide, c'est-à-dire -180 degrés. Les réservoirs sont mis sous pression azotique et les propergols sont injectés dans le foyer. L'engin n'est équipé d'aucun dispositif de téléguidage ou de pilotage automatique⁵.

EOLE est fabriqué à partir d'un alliage léger. Le lancement doit s'effectuer à l'aide d'une rampe orientable et suffisamment longue. La mise à feu se fait par artifice pyrotechnique et la stabilisation par empennage fixe⁶. C'est d'ailleurs à peu près la même méthode que pour l'EA-1941, en allumant électriquement un artifice réalisé par l'ECP de Bourges. Afin de diminuer la longueur de la rampe, il faut imprimer à la fusée une suraccélération initiale, par exemple par l'emploi de fusées auxiliaires à poudre. La section

¹ Rapport de Jean-Jacques Barré, ingénieur militaire général des fabrications d'armement, « Historique des études »..., *op cit.*

² *Ibid.*

³ Rapport du 05/04/1949, « Secrétariat d'Etat aux forces armées « guerre » de la DEFA, études et recherches, étude 4.2 II EA type EOLE-1946-A note I (avant-projet). Archives de l'Observatoire de l'Espace du CNES, Paris, fonds déposé par Bertrand Barré.

⁴ Philippe Varnoteaux, *L'aventure spatiale...*, *op cit.*

⁵ Rapport de Jean-Jacques Barré, ingénieur militaire général des fabrications d'armement, « Historique des études »..., *op cit.*

⁶ *Ibid.*

ERT/3 de la section technique de l'armée de Terre a mis à l'étude un dispositif de ce genre avec quatre fusées à poudre susceptibles de développer chacune une poussée de six tonnes pendant douze secondes, durée inférieure à celle du parcours de l'engin sur la rampe afin de diminuer la dispersion des vitesses à la sortie de la rampe¹.

Pour augmenter la vitesse et la portée d'EOLE, Barré envisage le principe de la fusée-gigogne. Un des avantages serait qu'il serait possible d'utiliser le deuxième étage seul pour les portées réduites. De plus, l'obtention d'une accélération au lancement suffisamment puissante peut permettre d'éviter de recourir à des dispositifs spéciaux comme les fusées auxiliaires ou le téléguidage. Il faut donc adapter la tuyère du deuxième étage aux conditions particulières liées à son fonctionnement, comme l'altitude élevée qu'elle va atteindre et la grande vitesse qu'elle possèdera².

La solution en monobloc a aussi ses avantages, notamment la simplification de l'organisation et la diminution de la masse initiale (3400 kilogrammes contre 4500). C'est cette solution qui est finalement adoptée. Barré établit un programme d'essais. Il faut bien entendu réaliser des essais au point fixe puis en vol, mais aussi des essais en soufflerie sur des maquettes réduites pour déterminer les caractéristiques aérodynamiques de l'engin et le tracé de son empennage. Les tôles qui composent EOLE doivent avoir 128 centimètres de largeur³.

Au cours des essais, il faut déterminer la poussée axiale, les débits des propergols, la durée de fonctionnement, les courbes de pression des bouteilles et des réservoirs, les courbes des températures à la sortie des réservoirs. Tout cela doit permettre la mise au point du propulseur et son fonctionnement. Egalement de préciser certaines caractéristiques : le volume des bouteilles, le dosage optimum des liquides. Après ces expérimentations, Barré estime qu'il faut également procéder à une série de tirs zénithaux avec un pylône vertical de vingt mètres. Des instruments de bords doivent être installés sur l'engin afin de transmettre par radio les renseignements relatifs à la propulsion, comme la pression dynamique, la température des parois, et des mesures scientifiques sur la haute atmosphère et le rayonnement cosmique. Il est donc envisagé d'employer EOLE en tant que fusée-sonde pour effectuer des relevés dans l'atmosphère⁴.

¹ Rapport du 05/04/1949, « Secrétariat d'Etat aux forces armées « guerre » de la DEFA... », *op cit.*

² *Ibid.*

³ *Ibid.*

⁴ *Ibid.*

Barré envisage aussi de futurs tirs où l'engin serait suivi par radiolocalisation. Il pourrait également servir à l'étude du guidage. Des jauges à contacts électriques sont installées à l'intérieur de l'engin pour suivre l'épuisement des réservoirs. Ces jauges sont étudiées par la SAGEM et le laboratoire central des fabrications d'armement. Il est prévu d'utiliser des thermocouples, couples de matériaux qui servent ici à analyser les variations de températures de l'éther de pétrole et des parois¹.

Pour Barré, EOLE est avant tout une fusée expérimentale qui doit permettre de vérifier la possibilité d'appliquer à des propulseurs puissants qui peuvent développer une poussée de dix tonnes les principes éprouvés par l'EA-1941. L'engin doit aussi servir au banc d'essai pour l'étude de la propulsion et l'expérimentation de certains dispositifs de guidage à très longue portée. EOLE pourra être utilisé comme engin de recherche scientifique car il permettra de transporter 800 kilogrammes d'appareillage à des altitudes avoisinant 500 kilomètres. Du point de vue militaire, l'abandon du téléguidage et le dispositif « brennschluss » du V2, qui sert à couper le moteur en plein vol, doivent conférer à EOLE une dispersion élevée. Cela ne permettrait d'envisager son utilisation que pour des tirs sur une zone à très longue distance, des tirs de représailles et de harcèlement dans certaines régions industrielles ou urbaines très étendues². Une version améliorée d'EOLE, l'EA-1946-B, est également étudiée. En dehors des études menées par Barré, des études françaises très importantes en lien avec le V2 sont également conduites.

B. La reconstitution du V2

Pour le monde de l'astronautique, le V2 allemand revêt une importance toute particulière. Cette technologie allemande attire la convoitise des puissances alliées, notamment les Etats-Unis et l'URSS, dès sa découverte au cours de la guerre. Ces deux puissances parviennent à récupérer de nombreux V1 et V2 ainsi que des moyens d'essais sur le territoire allemand³. Et aussi des spécialistes de renom comme von Braun pour les Américains comme il a déjà été dit.

¹ Rapport du 05/04/1949, « Secrétariat d'Etat aux forces armées « guerre » de la DEFA..., *op cit.*

² *Ibid.*

³ Jean-Louis Moineau, *Les premiers pas..., op cit.*

Les Américains mettent la main sur une centaine de V2. C'est surtout la découverte et la libération du camp de concentration de Dora le 11 avril 1945 qui leur permet d'en récupérer autant. En effet dans l'usine souterraine Mittelwerk, ils y découvrent des dizaines de V2 sur les chaînes de montage, ainsi que des V1. Les Russes quant à eux parviennent à récupérer de nombreuses pièces de V2 en Pologne, dans la base de lancement de Blizna¹. Ils trouvent également des V2 entiers dans leur zone d'occupation en Allemagne, notamment à Peenemünde qui se trouve sous leur juridiction.

En France, c'est le professeur Moureu qui avait découvert les V2, quelques mois après le Débarquement allié en Normandie, alors qu'il est directeur du Laboratoire municipal de Paris². C'est pourquoi, intrigué par cet engin d'un genre nouveau et après plusieurs missions d'investigations sur des installations allemandes, il entre en contact avec les Etats-Majors alliés. Au fur et à mesure que les armées alliées envahissent le territoire allemand, Moureu enchaîne toute une série de missions dans le but de fournir des renseignements sur les dispositifs, installations et usines en lien avec cette nouvelle arme qu'est le V2. Il s'agit aussi d'évaluer le danger que le V2 représente pour l'issue du conflit³.

Moureu voit immédiatement l'intérêt que le V2 représenterait pour la France. Il pense alors qu'il est nécessaire de mieux connaître cette arme, et il prend donc l'initiative de l'étudier et de poursuivre les investigations dans les installations abandonnées par les Allemands suite à leur retraite⁴. En 1970 selon le professeur Dubois, directeur des recherches et des moyens d'essais, Moureu devenait « *un des premiers à concevoir l'importance que prendront, dans l'avenir, les engins autopropulsés* ». Il ajoute également qu'il « *était tout préparé, lorsqu'il examina comme Directeur du Laboratoire Municipal de Paris les premiers V1 et V2, à comprendre que ces engins nouveaux étaient les précurseurs d'une nouvelle génération d'armes exclusives*⁵ ».

A la suite de ces découvertes, Moureu cherche donc à ramener en France du matériel et notamment des V1 et V2, entièrement assemblés ou en pièces détachées. Il obtient ainsi du commandement américain l'autorisation de ramener en France neuf wagons. Leur

¹ France Durand-De Jongh, *De la fusée Véronique au lanceur Ariane, une histoire d'hommes...*, *op cit.*

² Philippe Varnoteaux, « La part du CNRS dans les débuts de la conquête de... »..., *op cit.*

³ Lettre de Henri Moureu à Monsieur le professeur J. E. Dubois, directeur des recherches et moyens d'essais, Paris, 18/02/1969..., *op cit.*

⁴ Jacques Villain, *La France a-t-elle...*, *op cit.*

⁵ Lettre du professeur Dubois, directeur des recherches et moyens d'essais à Monsieur le ministre du développement industriel et scientifique de 1970. Archives du SHD, fonds déposé par Roland Hautefeuille, 1 K 898, AI Z 32605.

chargement comprend notamment quatre V1 entiers et plusieurs pièces de V2 comme des tuyères et des servo-moteurs. Moureu souhaite cependant récupérer en priorité un ou plusieurs V2 complets. Le 18 juin 1945, il obtient l'engagement écrit du commandement suprême américain de céder dix V2 complets à la France¹. Les démarches avaient été faites auprès du général Eisenhower et les V2 concernés avaient été saisis en Allemagne par les troupes américaines et emmenés en territoire américain².

Dans une lettre du 20 février 1946, le Département de la Guerre des Etats-Unis indique que ces fusées ont bien été découvertes à Nordhausen, donc dans la région du camp de Dora, et qu'elles ont été amenées sur leur territoire. Il manque cependant différentes pièces essentielles au bon fonctionnement des engins. Il est donc nécessaire selon les Américains de les usiner aux Etats-Unis, mais seule une main d'œuvre coûteuse et hautement spécialisée peut réaliser cela. Ainsi la demande française ne peut être satisfaite vu l'urgence et les besoins du programme d'expérimentation de l'armée américaine sur les V2³.

Les autorités militaires américaines refusent donc de céder les dix V2 promis à la France. Le principal motif est en réalité la méfiance des Américains vis-à-vis du communisme. En effet, les premiers gouvernements provisoires de la France sont composés de plusieurs ministres issus du Parti communiste français. Il y a par exemple Charles Tillon au ministère de l'Air puis à celui de l'Armement, François Billoux au ministère de la Santé publique puis à celui de l'Economie nationale, et également Marcel Paul au ministère de la Production industrielle. Avec la fin de la Seconde guerre mondiale, la Guerre Froide se profilait. Une autre raison du revirement des Américains, c'est le fait que les hautes autorités américaines ne souhaitent pas partager des technologies sensibles avec d'autres pays, même s'il s'agit de pays alliés comme la France⁴. Si les Français souhaitent posséder des V2, la solution est donc de les reconstituer eux-mêmes.

Durant les dernières années de la guerre, Moureu tente déjà de persuader les autorités militaires françaises de l'intérêt que représente le V2 dans le domaine de l'armement. En ce sens, il rédige en octobre 1944 un rapport qu'il remet à la DTIA et qu'il titre *Premier rapport*

¹ Jacques Villain, *La France a-t-elle...*, *op cit.*

² Note du général de division Brossin de Saint-Didier, attaché militaire près de l'ambassade de France aux Etats-Unis à Monsieur le ministre des armées du 27/02/1946. Archives du SHD, fonds déposé par Roland Hautefeuille, 1 K 898, AI Z 32605.

³ *Ibid.*

⁴ Philippe Varnoteaux, *L'aventure spatiale...*, *op cit.*

*sommaire sur l'engin dit V2*¹. Au Laboratoire municipal de Paris, Moureu examine entre 1944 et 1945 les premiers V1 et V2 tombés sur le territoire français. Ces examens permettent de reconstruire dans le détail les caractéristiques de ces engins, surtout leur mode de lancement, de propulsion et de pilotage. Ces examens conduisent le Département de la Guerre à charger Moureu de créer le CEPA. En effet, par ses connaissances sur les armes de représailles allemandes, Moureu est le seul qui puisse comprendre l'intérêt que ces engins pourraient représenter pour la défense nationale et la science². Pour son expertise en ce qui concerne le V1 et le V2, Moureu est également nommé conseiller technique de l'Etat-Major de l'armée³.

Alors que les services scientifiques et techniques de l'armée sont à peine reconstitués, Moureu se débat avec les hautes autorités militaires et politiques françaises afin de les convaincre de l'intérêt que représentent les études sur le V2. Il cherche donc leur soutien⁴. Notamment en raison du fait que les autorités militaires sont la seule structure qui possède les crédits qui seraient nécessaires pour la bonne marche des études sur le V2⁵. La DEFA soutient Moureu dans son projet de reconstitution des V2. Le 13 août 1945, elle déclare à l'Etat-Major de l'armée « *le V2 est dès maintenant prévu comme devant être reproduit et essayé, les très importantes installations nécessaires à l'essai au point fixe et au tir des V2 seront réalisées*⁶ ».

Lorsque le CEPA est créé le 14 novembre 1945, Moureu est placé à sa tête. La raison d'être, l'organisation et les missions du CEPA sont placées sous le signe du V2. A ce moment-là, les responsables militaires sont convaincus par les idées de Moureu et considèrent le V2 comme le dernier cri en matière d'arme stratégique et qu'en conséquence, il doit être reconstitué. Ils pensent alors que le seul fait de reconstituer l'engin en plusieurs exemplaires et d'effectuer avec des essais en vol permettrait à la France de se mettre au même niveau technique que l'Allemagne. La possibilité de ramener en France un certain nombre de pièces de V2 a motivé la décision de se lancer dans la reconstitution de cet engin⁷.

¹ Philippe Varnoteaux, *L'aventure spatiale...*, *op cit.*

² Note de Roger Brard sur les titres scientifiques de Monsieur Henri Moureu du 12/06/1961. Archives du SHD, fonds déposé par Roland Hautefeuille, 1 K 898, AI Z 32605.

³ Déclaration de J. Sorlet, ingénieur général et directeur de la DEFA..., *op cit.*

⁴ Déclaration de Monsieur le professeur Paul Chovin, sous-directeur du laboratoire municipal de Paris. Archives du SHD, fonds déposé par Roland Hautefeuille, 1 K 898, AI Z 32605.

⁵ Philippe Varnoteaux, *La naissance de la politique spatiale...*, *op cit.*

⁶ Jacques Villain, *La France a-t-elle...*, *op cit.*

⁷ *Ibid.*

L'étude du V2 est confiée à plusieurs organismes, comme par exemple la SAGEM à Argenteuil dans le Val d'Oise et à certains arsenaux comme l'APX de Puteaux¹. La DEFA a d'ailleurs mis en place un bureau d'études au sein de l'APX qui fait partis du service technique de la DEFA. Le service dispose d'ailleurs près du fort du Mont Valérien d'un banc d'essai pour les fusées de petites dimensions et pour tester certaines pièces du V2². Selon Barré, cette période de tentative de reconstitution du V2 fait partie des quatre périodes qui marquent les études françaises sur les fusées à oxygène liquide. La première débutait en 1912 et s'achevait en 1939, elle correspond aux recherches préliminaires, théoriques et expérimentales d'Esnault-Pelterie. La seconde va de 1941 à 1946 avec l'étude par la section technique de l'armée de l'EA-1941. La troisième va de 1946 à 1952 et concerne l'étude par le service technique de la DEFA d'EOLE. Mais il est donc possible selon Barré de rajouter une quatrième période, qui correspond à la reconstitution du V2 par l'équipe de Moureu à partir de l'analyse poussée de débris de V2 tombés en région parisienne³. Barré voit d'ailleurs d'un bon œil le projet de reconstitution du V2. Il le considère en effet comme une grande réussite allemande qui supplante complètement la modeste EA-1941 qu'il a réalisé. Il faut rappeler que cette dernière ne pèse que cent kilogrammes et que sa portée n'a pas dépassée les soixante kilomètres⁴.

Les études sur le V2 et ses différents aspects se poursuivent donc. Certains essais sont même menés en Allemagne, particulièrement à l'usine Basalt de Lehesten où le fonctionnement du V2 est étudié. Ces essais permettent de déterminer la poussée que le moteur peut développer ainsi que la vitesse d'éjection des gaz. Seulement les chiffres qui résultent des analyses des ingénieurs français ne correspondent pas à ceux des Allemands. Il est donc nécessaire de trouver les documents manquants et d'effectuer de nouveaux essais sur les tuyères du V2 afin de préciser la poussée au point fixe, la vitesse d'éjection et l'accélération durant la trajectoire⁵.

Le projet de reconstituer des V2 s'impose peu à peu. A la suite de la création des premières structures françaises pour les études astronautiques, aéronautiques, d'armement, deux pistes de recherches sont proposées pour les différentes armées. Il y a tout d'abord le

¹ http://www.ecpad.fr/wp-content/uploads/2011/02/france_espace.pdf..., *op cit.*

² Jacques Villain, *La France a-t-elle...*, *op cit.*

³ Rapport de Jean-Jacques Barré, « Historique des études »..., *op cit.*

⁴ Rapport de Jean-Jacques Barré, ingénieur militaire général de l'armement, cadre de réserve, Paris, « Fusées et satellites »..., *op cit.*

⁵ Lettre de Serruys à Chobin du 22/10/1946. Archives du SHD, fonds déposé par Roland Hautefeuille, 1 K 898, DE 2015 ZL 157/4.

projet de créer des engins dérivés du V1 pour l'aviation et le développement de missiles tactiques. Et ensuite créer des engins dérivés du V2 pour créer des missiles balistiques et des fusées-sondes¹. Dans une note du 13 août 1945, la DEFA cherche à convaincre une fois pour toute l'Etat-Major à valider le projet de reconstitution du V2. Elle y dit « *le V2 est dès maintenant prévu comme devant être reproduit et essayé*² ».

Moureu tente lui aussi de convaincre les autorités militaires en faisant l'éloge du V2 qu'il qualifie « *d'arme spectaculaire* ». Au sujet de cet engin, il déclare également « *si j'insiste assez longuement sur les performances du V2, c'est parce que l'on doit considérer cet engin autopropulsé [...] comme le prototype expérimental dont vont dériver toutes les fusées qui, avec des objectifs différents, sont ou seront étudiées et mises au point par la suite*³ ». Toujours dans l'optique de convaincre les autorités militaires et politiques de la viabilité de son projet, Moureu rédige un rapport qu'il remet au ministère de la Guerre le 23 décembre 1946. Le rapport s'intitule *La nécessité de construire et de tirer trente engins de type V2*⁴.

Dans ce rapport, Moureu y fait l'apologie de la fusée balistique et donc du V2, il incite le gouvernement à soutenir toutes les recherches qui pourraient être entreprises dans ce domaine. Il avance deux grandes raisons à cela. Premièrement du point de vue militaire, une fusée comme le V2 pourrait révolutionner les guerres dans l'avenir, surtout si elle est associée à une bombe atomique. Et deuxièmement du point de vue scientifique, la fusée peut permettre d'étudier la haute atmosphère et les phénomènes qui y sont liés. Elle offre ainsi l'opportunité pour les scientifiques d'approfondir leurs connaissances des phénomènes atmosphériques pour progresser en météorologie, en physique atmosphérique et en géophysique notamment⁵. Dans son rapport, Moureu rappelle également qu'avant de se lancer dans des projets de nouveaux missiles et autres engins balistiques, il est nécessaire d'assimiler les techniques mises en œuvre dans le V2. Et donc envisager de reconstituer plusieurs exemplaires de V2. Moureu estime qu'une trentaine de ces engins peuvent être reconstitués à la condition de fabriquer en France certains composants qui ne sont pas en

¹ Philippe Varnoteaux, *L'aventure spatiale...*, *op cit*.

² Note n°38789-C de la DEFA pour l'Etat-Major de l'armée section armement et études sur les projectiles-fusées..., *op cit*.

³ Conférence d'Henri Moureu, directeur du laboratoire municipal de Paris et de la DEFA à la Société d'encouragement pour l'industrie nationale le 18/10/1956, « Problèmes d'actualités... »..., *op cit*.

⁴ Rapport d'Henri Moureu au ministre de la guerre du 23/12/1946, « La nécessité de construire et de tirer trente engins de type V2 ». Archives du SHD, fonds déposé par Roland Hautefeuille, 1 K 898, AI Z 32605.

⁵ Philippe Varnoteaux, « La part du CNRS dans les débuts de la conquête de... »..., *op cit*.

possession des Français. Comme ceux qui composent le dispositif de guidage par exemple, et qui n'ont pu être ramenés d'Allemagne¹.

De plus, les trois quarts des pièces nécessaires à la réalisation des trente V2 sont disponibles et le CEPA a pu rassembler et établir les plans de la quasi-totalité des pièces qui composent l'engin, particulièrement les tuyères, les réservoirs, la structure de l'engin et les appareils électroniques². Certains théoriciens de l'aéronautique sont séduits par le projet de Moureu, comme par exemple Ananoff. Il découvre le V2 à la Libération et publie en juin 1945 *La fusée V2*. Il y décrit la technologie de l'engin et suscite de ce fait l'intérêt de Moureu. Ce dernier invite Ananoff afin de lui présenter son projet de reconstitution et de lancement du V2. Il en profite également pour le questionner sur les activités astronautiques d'avant-guerre et lui demande conseil sur les personnes qui accepteraient de rejoindre son équipe. Ananoff répond positivement à sa requête, il voit à travers le moteur du V2 le propulseur de l'avenir³.

Tout le monde ne partage pas cependant l'enthousiasme de Moureu pour son projet sur le V2. C'est par exemple le cas du capitaine Decker du service technique du ministère de l'Air. Ce dernier considère que la reconstitution d'armes allemandes comme le V2 n'est pas la meilleure solution. Il vaudrait mieux selon lui construire de nouveaux systèmes d'armes basés sur les connaissances et le savoir-faire des Allemands. Pourtant en août 1946, l'armée de Terre confie plusieurs grands projets au LRBA de Vernon, dont la reconstitution souhaitée par le CEPA de plusieurs V2⁴.

Seulement les responsables de ce projet se rendent rapidement compte que le site du LRBA n'est pas adapté pour procéder à l'essai des moteurs de tels engins. Un nouveau site est donc recherché, c'est celui du gouffre de Bèdes près de Gramat dans le Lot qui est retenu. Il devrait en effet permettre de meilleures conditions de sécurité et une plus grande discrétion pour les essais. Un nouveau champ de tir est également recherché, c'est dans ce but qu'une mission est envoyée en novembre 1946 en Algérie française dans la région du Guir, au Sud-Est de Colomb-Béchar. Avec l'aide des techniciens allemands, les participants du projet de reconstitution des V2 comptent assimiler rapidement toutes les technologies du V2 et donc combler le retard de la France dans le domaine des missiles balistiques dans un délai de deux

¹ Jacques Villain, *La France a-t-elle...*, *op cit.*

² *Ibid.*

³ Pierre-François Mourieux et Philippe Varnoteaux, *Alexandre Ananoff...*, *op cit.*

⁴ Philippe Varnoteaux, *L'aventure spatiale...*, *op cit.*

ou trois ans. Mais il apparaît rapidement que ces V2 ne pourront être testés en vol qu'à partir de 1952. Il faut en effet constituer toute l'infrastructure des sites de Vernon, de Gramat et en Algérie, ainsi que de mettre en place des équipes d'ingénieurs militaires français formés par les Allemands. Tout cela paraît difficile à mettre en place dans un délai aussi court¹.

D'autres organismes participent au projet de reconstitution des V2. A l'arsenal de l'aéronautique, une équipe d'ingénieurs dirigée par Emile Stauff analyse des dossiers et du matériel récupérés en Allemagne au cours des missions du CEPA. Notamment un V1 et quelques éléments de V2, ainsi qu'un missile Enzian et un missile X-4². Les ingénieurs de l'ONERA quant à eux mènent des études sur les moteurs-fusées à partir de 1946. Ils réalisent des essais sur le dispositif d'accélération du V1³. Le V2 et le projet de le reconstituer sont donc au cœur des études astronautiques françaises dans les premières années de l'après-guerre. Mais il existe bien entendu d'autres études en cours.

C. Autres projets de l'après-guerre

Si la reconstitution du V2 est la principale étude en cours dans les premières années de l'après-guerre, d'autres études sont menées dans les différentes structures de l'aéronautique, de l'aéronautique et de l'armement en France. Il s'agit de recherches qui doivent conduire à la réalisation de différents engins, que ce soit des fusées à visée scientifique ou des missiles balistiques pour le compte des différentes armées. A partir de 1946, les autorités françaises songent à lancer l'étude des possibilités offertes par les engins balistiques. La Défense nationale lance ainsi un grand programme d'expérimentation de petits engins militaires de faible portée de type sol-sol et sol-air. Les budgets et moyens restent cependant limités⁴.

L'utilisation de la propulsion à liquides est envisagée pour la réalisation de ces engins étant donné que c'est ce type de propulsion qui a été utilisé avec succès par les Allemands pour faire fonctionner les V2⁵. A partir d'août 1946, l'armée de Terre confie au LRBA de

¹ Jacques Villain, *La France a-t-elle...*, *op cit.*

² *Ibid.*

³ Philippe Varnoteaux, *L'aventure spatiale...*, *op cit.*

⁴ Jean-Louis Moineau, *Les premiers pas...*, *op cit.*

⁵ Jacques Villain, *La France a-t-elle...*, *op cit.*

Vernon cinq grand projets de différents engins pour lesquels la propulsion à liquides doit être utilisée. Le premier de ces projets est l'étude 4209. Il s'agit d'un missile tactique fonctionnant à l'acide nitrique, qui doit pouvoir emporter une charge utile de cinquante kilogrammes à une portée de cent kilomètres. Le deuxième projet, l'étude 4210, est un missile d'interception sol-air fabriqué à partir de la technologie du V1. Il s'agit du missile PARCA (Projectile autopropulsé et radioguidé contre les avions)¹.

Le troisième projet concerne l'EA-1941 de Barré. L'objectif est de faire de cet engin une fusée-sonde pour le compte de la Météorologie nationale. Cet organisme pourrait ainsi s'en servir pour sonder la haute atmosphère et améliorer les connaissances à propos des phénomènes atmosphériques et météorologiques. L'engin prend le nom d'engin ONM (Office national de la météorologie). Quatrième projet, l'étude 4211 consiste à créer une fusée plus perfectionnée que l'EA-1941, donc de réaliser un engin stratégique à longue portée. Il s'agit de la fusée EA-1946 EOLE².

Enfin le dernier projet, l'étude 4212, concerne un engin dérivé du V2, nommé Super V2. Cet engin doit être équipé d'un moteur plus puissant, capable de développer une poussée de quarante tonnes au lieu des 25 tonnes d'un V2. Trois versions du Super V2 sont étudiées. Dans les trois cas, la masse est d'environ mille kilogrammes. La portée varie entre 1500 et 2250 kilomètres selon la version. Et les propergols utilisés sont le mélange acide nitrique et kérosène ou oxygène liquide et kérosène. Une quatrième version est étudiée, il est prévu que l'engin soit capable d'emporter une charge d'une tonne à 3600 kilomètres³.

A Riegel en zone d'occupation française, Bringer reprend à partir d'août 1946 une étude d'un moteur-fusée pouvant développer une poussée de quarante tonnes. Moteur qui justement doit équiper le Super V2. Lorsqu'il travaillait en Allemagne aux côtés de von Braun, Bringer lui avait proposé ce concept de moteur en 1942 pour peut-être l'adapter au V2. Selon Bringer, ce moteur aurait permis de simplifier le système propulsif du V2 et d'augmenter sa portée, la faisant passer de 300 à 550 kilomètres. Von Braun refusa pourtant ce projet, considérant que la structure du V2 et sa composition étaient figées et n'avaient pas besoin d'être modifiées. Bringer envisagea également l'utilisation de ce moteur pour le missile sol-air Wasserfall⁴.

¹ Philippe Varnoteaux, *L'aventure spatiale...*, *op cit.*

² *Ibid.*

³ Jacques Villain, *La France a-t-elle...*, *op cit.*

⁴ *Ibid.*

Grâce à plusieurs missions menées en Allemagne, la SEPR récupère du matériel de valeur qui va l'aider à lancer ses propres études. En juin 1946, elle récupère un élément de grande importance. Une de ses missions apprend qu'une variante du moteur Walter 109-509 a été réalisée par les Allemands dans les derniers mois de la guerre. Les Allemands, avant d'abandonner leurs installations, ont immergé dans un lac un conteneur étanche dans lequel se trouve un prototype de ce moteur pour éviter de le laisser aux mains de leurs ennemis. La mission dépêchée par la SEPR trouve ce moteur Walter 109-509 C et le ramène au centre d'essais de la SEPR¹.

La SEPR rassemble d'autres renseignements dans cette partie de la zone d'occupation française sur des systèmes et modes de propulsion. Les membres de ces missions trouvent des projectiles portés par avion fabriqués par BMW. Egalement des informations concernant la propulsion par fusées de nouveaux chasseurs basée sur le moteur Walter. Sont aussi trouvées des informations sur différents dispositifs de propulsion à liquides et à poudre. Des propulseurs sont découverts, comme des propulseurs BMW 100-548 fonctionnant à l'acide nitrique. Et aussi du carburant, par exemple le Tonka-250, prévu pour le missile air-air X-4. Enfin, ces missions ont aussi permis de ramener un propulseur BMW 109-558 prévu pour le missile sol-air Schmetterling. Toutes ces découvertes et le renfort de spécialistes allemands permettent à la SEPR de débiter ses activités dans le domaine de la propulsion à liquides et à solides².

A l'arsenal de l'aéronautique, l'équipe d'ingénieurs dirigée par Emile Stauff fait plusieurs découvertes après examen d'un V1 et de plusieurs pièces de V2. Comme par exemple un système de boulons explosifs conçu pour la séparation en vol des sous-ensembles des missiles. Des différences sur les méthodes de travail des Français et des Allemands sont mises à jour. Particulièrement le fait que les Allemands accordent une plus grande importance à la réalisation d'un dossier d'étude complet. Début août 1946, l'équipe se lance dans l'étude de l'avion-cible CT 10, copie du V1. Il doit servir à l'entraînement au tir de DCA, aux avions de chasses et aux futurs missiles sol-air et air-air. Toujours à l'arsenal de l'aéronautique, le professeur Sänger travaille à partir de 1946 au développement de moteurs à propulsion à liquides et solides. Il travaille également à la réalisation du missile anti-char SS10 et au développement du statoréacteur R-010³.

¹ Jacques Villain, *La France a-t-elle..., op cit.*

² *Ibid.*

³ *Ibid.*

En dehors des engins balistiques, les ingénieurs et scientifiques français réalisent des recherches sur les propergols. Notamment la section Propergols du CEPA, créée en 1945 en même temps que ce dernier. Les premiers travaux ont consisté à faire la mise à jour des connaissances acquises par les Allemands dans ce domaine durant la Seconde guerre mondiale. La section Propergols a ainsi publié un rapport en 1946 intitulé *Le point de vue chimique dans les problèmes d'autopropulsion*, dans lequel sont rassemblés et classés les résultats des travaux allemands¹. Concernant le mot propergol, c'est à partir du 11 avril 1946 qu'il est définitivement adopté en France. En effet, Moureu avait écrit le 29 mars à la Société générale des huiles de pétrole pour leur demander d'utiliser dorénavant le mot propergol plutôt que l'ancien terme « énergol ». La société définit ainsi le propergol comme étant un corps ou un ensemble de corps dont la décomposition ou la réaction exothermiques sont susceptibles d'être transformées en énergie cinétique. Moureu a d'ailleurs déjà substitué le mot propergol à celui d'énergol dans ses rapports et mémoires².

Dans cet après-guerre, la France et son astronautique se sont donc renforcées grâce au recrutement de nombreux spécialistes allemands qui amènent leur savoir et forment donc les ingénieurs français. Ce mouvement s'accompagne par la création de structures qui permettent de multiplier les études et recherches dans plusieurs branches de la science, dans le but de faire progresser l'astronautique et l'aéronautique française. C'est sur ces bases que l'astronautique française va se construire dans les années qui suivent.

¹ Note sur la section Propergols du CEPA et ses activités. Archives du SHD, fonds déposé par Roland Hautefeuille, 1 K 898, DE 2015 ZL 157/5.

² Lettre de la Société générale des huiles de pétrole à Monsieur Moureu, directeur du laboratoire municipal de Paris du 11/04/1946. Archives du SHD, fonds déposé par Roland Hautefeuille, 1 K 898, AI Z 32605.

Troisième partie : vers un véritable programme spatial français

Chapitre 1 : développement de l'aéronautique française

I. Une structuration qui se poursuit

A. De nouvelles structures et organisations

Les essais en vol d'engins autopropulsés ont démarré en France dès la Libération avec les travaux de Barré sur sa fusée EA-1941. Cet engin n'est cependant pas le seul produit par les ingénieurs français. Ainsi les essais au point fixe et en vol d'engins autopropulsés se multiplient en France. Tous ces essais demandent la création de multiples champs de tirs afin de pouvoir effectuer des tests dont le nombre ne va cesser d'augmenter. Des bases de lancement sont ainsi installées en métropole comme par exemple à Suippes dans la Marne et au Cardonnet dans l'Hérault¹.

Le 24 mai 1948, le CCSDN devient le Comité d'action scientifique de la Défense nationale (CASDN). Au lendemain de la guerre, le CASDN s'occupe des affaires de champs de tir. L'expérimentation d'engins à courte portée exige la création de nouveaux champs de tir, comme celui de Mailly-le-Camp, utilisé par la Société nationale de constructions aéronautiques du Sud-Est (SNCASE) et celui de Brétigny². La Marine installe sa propre base de lancement sur l'île du Levant, près de la Côte d'Azur, en octobre 1950³. Cependant d'autres bases plus importantes sont créées.

En effet, les performances des engins réalisés augmentent rapidement et les terrains militaires en métropole sont désormais trop petits pour de tels essais, ce qui implique de trouver de nouveaux champs de tirs avec de grands espaces plus sécurisés. L'armée de Terre installe donc le 24 avril 1947 un nouveau champ de tir en Algérie française à Colomb-Béchar, où se trouve déjà une base militaire. Cette base prend le nom de Centre d'essais des

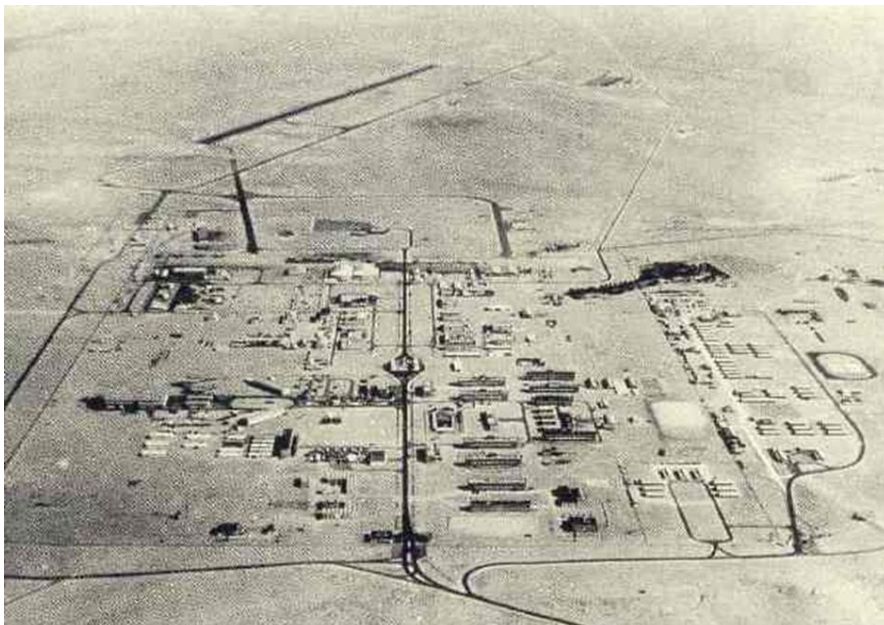
¹ <https://www.universalis.fr/encyclopedie/espace-conquete-de-l-des-pionniers-a-la-fin-de-la-guerre-froide/...op cit.>

² Philippe Varnoteaux, *L'aventure spatiale...*, op cit.

³ Jacques Blamont, *Les débuts de la recherche...*, op cit.

engins spéciaux (CEES)¹. Ce site est choisi car il se situe dans une zone désertique et en raison de la présence d'une voie ferrée et de la base aérienne qui s'y trouve déjà².

En 1948, le CASDN souhaite ouvrir le site à l'ensemble des armées françaises. Le CEES est ainsi renommé Centre interarmées d'essais d'engins spéciaux (CIEES). Son premier directeur, le colonel Arsac, contribue à la mise en place des premières installations de la base autorisant les premiers essais d'engins autopropulsés en 1949. A partir de 1950, son successeur le colonel Michaud décide d'agrandir la base. Il décide également la construction d'une nouvelle base de lancement à Hammaguir en 1952 pour effectuer des essais d'engins toujours plus imposants. Le site se trouve à 132 kilomètres au Sud de Colomb-Béchar³. La France se dote ainsi de nombreux champs de tir.



Le CIEES d'Hammaguir ©

<http://www.3emegroupedetransport.com/CHAUCHARDYves.htm>

Pour que l'astronautique française se développe plus rapidement, la nécessité de mettre en place une véritable collaboration entre les militaires et scientifique se fait sentir. Ce sont surtout les scientifiques qui ont besoin de cette collaboration, notamment dans le but d'obtenir des crédits pour de nouvelles recherches. Au lendemain de la guerre, la France est financièrement affaiblie. La nécessité de reconstruire rapidement une armée nationale fait que les organismes militaires reçoivent d'importants crédits. Les trois armées sont d'accord

¹ Philippe Varnoteaux, *L'aventure spatiale...*, op cit.

² Jacques Blamont, *Les débuts de la recherche...*, op cit.

³ Philippe Varnoteaux, *L'aventure spatiale...*, op cit.

avec cette idée de collaboration avec le monde scientifique, d'autant que la dernière guerre a démontré que les armes seront de plus en plus performantes et technologiques. Il leur faut donc l'aide des scientifiques pour mettre de telles armes au point¹.

Cette collaboration se met pourtant difficilement en place, chaque armée estime que l'autre possède suffisamment de crédits et de chercheurs. Le CCSDN, qui était chargé de mettre cette collaboration en place, ne parvient pas à établir un climat de confiance suffisant. C'est pour éviter toute paralysie qu'il est devenu le CASDN, un organisme plus autonome et avec plus de compétences. Son principal objectif est donc de favoriser toute collaboration et de soutenir les projets les plus intéressants en leur fournissant des scientifiques spécialisés. Cependant l'organisme se retrouve rapidement paralysé en raison des rivalités entre les armées².

Dans le but de favoriser davantage cette collaboration, le ministre de la Défense nationale Jules Moch propose le 5 mai 1951 la création d'un service des engins autopropulsés interarmées placé sous la responsabilité du ministère de la défense. Cela marque un réel intérêt de l'Etat pour les engins de ce type. De plus, Moch souhaite que la question des armes autopropulsées ne soit plus à la charge d'un seul organisme (l'ONERA). C'est donc pour cela qu'il propose la création d'une structure spécifique, le Comité militaire des engins autopropulsés (COMEA). Le premier objectif de ce comité est avant tout de définir les besoins militaires et d'apprécier les possibilités d'emploi des engins-fusées³.

Dans cette période de création de nouvelles structures, le CEPA est quant à lui réorganisé. Une collaboration se met en place entre les membres du département scientifique du CEPA et le Comité scientifique des Poudres pour mener des études demandées par ce dernier. Cependant, le CEPA rappelle que c'est au comité scientifique des Poudres de financer les études qu'il demande à des organismes extérieurs à la Direction des Poudres⁴. La réorganisation du CEPA est précisée par une note du 29 septembre 1947. Le CEPA est alors divisé en deux groupes distincts : le département des études et recherches et le département scientifique. Le premier est constitué par le département du Service technique de la DEFA, sous la direction et la responsabilité du chef du Service technique. Dans ses

¹ Philippe Varnoteaux, « La part du CNRS dans les débuts de la conquête de... »..., *op cit.*

² *Ibid.*

³ Philippe Varnoteaux, *L'aventure spatiale...*, *op cit.*

⁴ Note de l'ingénieur militaire en chef Lafargue, chef du département des études et recherches du CEPA pour la direction du CEPA du 21/01/1948. Archives du SHD, fonds déposé par Roland Hautefeuille, 1 K 898, DE 2015 ZL 157/5.

attributions est comprise la conduite des études et recherches techniques et scientifiques sur les engins autopropulsés. Le département scientifique est composé de personnalités du monde scientifique dont la collaboration est jugée nécessaire¹.

A la tête du CEPA est placé un comité de deux membres : le chef du département des études et recherches et le chef du département scientifique. Le premier est à la base le chef du Service technique. Le deuxième est une personnalité du monde scientifique nommée par le ministre de la guerre sur proposition du directeur de la DEFA. Le comité doit assurer la collaboration entre les deux départements. Il doit étudier toute question d'ordre général (comme par exemple les projets d'études et de recherches, les crédits, l'organisation des services, l'équipement) qui concerne les études des engins autopropulsés, en vue des décisions à prendre par le directeur de la DEFA. Le comité doit aussi assurer les liaisons avec les autres directions techniques militaires et les organismes scientifiques qui peuvent apporter leur aide, comme le CNRS et l'ONERA. Les décisions du comité sont prises par les deux membres. En cas de litige, elles sont soumises à l'arbitrage de l'inspecteur technique².

Un secrétariat est rattaché au comité et a pour mission de traiter les questions d'ordre administratif pour le compte du comité. Des services sont également rattachés au comité et traitent des questions de renseignements, de documentation, d'édition et de diffusion des documents pour les deux départements. Le département scientifique est divisé en plusieurs sections qui travaillent sur différentes disciplines. A la tête de chaque section est nommé un chef de section, désigné par le directeur de la DEFA sur proposition du comité. Le chef du département scientifique a un adjoint scientifique, qui s'occupe de la coordination des recherches entre les différentes sections. Les chefs de section doivent se tenir au courant des progrès dans leurs spécialités qui sont susceptibles d'être appliqués à la technique des engins autopropulsés³.

Le programme de recherche est établi par le comité et est approuvé par le directeur de la DEFA. La priorité est d'abord donnée aux études demandées par le chef du Service technique. Viennent ensuite les études demandées par le chef du département scientifique et enfin les études qui résultent de l'initiative personnelle des chefs de section. Les moyens

¹ Note n°45990 de Monsieur Jean, directeur de la DEFA du 29/09/1947, « Instruction concernant l'organisation du CEPA ». Archives du SHD, fonds déposé par Roland Hautefeuille, 1 K 898, AI Z 32605.

² *Ibid.*

³ *Ibid.*

nécessaires à la réalisation de ces études sont réunis par la DEFA. En cas d'absence d'un des chefs des deux départements, un remplaçant est choisi parmi les membres du CEPA. La prévision des crédits est à la charge du comité et sont imputés sur le budget du Service technique de la DEFA¹. Pour ce qui est des salaires, celui de l'adjoint scientifique du directeur du CEPA est fixé à 180000F (environ 90000€) par an. Les chefs de section touchent un salaire de 144000F (environ 72000€) par an et leurs adjoints scientifiques ont un salaire de 90000F (environ 45000€) par an².

Le recrutement des spécialistes allemands permet aussi l'amélioration de structures déjà existantes. Démarré à la fin de la guerre, il se poursuit dans les années qui suivent. Fin mars 1947, les installations du LRBA de Vernon sont définitivement terminées. En plus de certains anciens de Peenemünde, environ vingt Allemands du bureau d'études d'Emmendingen les rejoignent. Un groupe de spécialistes se constitue au LRBA pour concevoir un moteur de char de mille CV. Il s'agit du groupe Maybach, en provenance de Friedrichshafen sur les bords du lac de Constance. Des investissements sont faits au LRBA, en particulier pour les points fixes, avec la construction de bancs d'essais pour les moteurs et leurs composants³.

Lorsque le bureau d'études d'Emmendingen ferme en 1950, la plupart des spécialistes qui y sont employés sont transférés à Saint-Louis. Le 1^{er} janvier 1951, le LRBA de Saint-Louis est renommé Laboratoire des recherches techniques de Saint-Louis (LRSL) afin d'éviter toute confusion avec le LRBA de Vernon. Grâce aux matériels trouvés en Allemagne, la SEPR peut débiter ses activités dans le domaine de la propulsion à liquides et à solides. Elle entreprend donc la construction d'infrastructures pour effectuer des essais dans la forêt de Fontainebleau. Fin 1947, elle installe un centre à Argenteuil dans une ancienne usine occupée pendant la guerre par les Allemands. En juin 1948, les membres de la SEPR y installe des machines dont beaucoup ont été récupérées en Allemagne et en Autriche⁴.

Le recrutement des spécialistes allemands se poursuit donc. Des organismes militaires qui opèrent en Allemagne et en Autriche transmettent souvent des offres de service

¹ Note n°45990 de Monsieur Jean, directeur de la DEFA du 29/09/1947, « Instruction concernant l'organisation du CEPA »..., *op cit.*

² Note du 27/02/1947 du directeur du CEPA à Monsieur l'ingénieur général Jean, directeur de la DEFA. Archives du SHD, fonds déposé par Roland Hautefeuille, 1 K 898, AI Z 32605.

³ Jacques Villain, *La France a-t-elle...*, *op cit.*

⁴ *Ibid.*

de spécialistes allemands et autrichiens qui souhaitent travailler pour la France. Il y a cependant un manque de coordination qui risque d'être préjudiciable pour les intérêts français. En effet, l'Etat-Major de la Défense nationale et le ministère des forces armées ont un intérêt pour certains profils qui peuvent risquer d'être écartés car les contacts ont lieu directement avec le ministère de l'économie. A l'inverse, l'exploitation d'informations utiles pour l'économie risque d'être négligée dans le cas où ce sont les Directions techniques militaires qui en sont saisies mais qui n'en retiennent pas d'intérêt. Il peut aussi arriver que certains spécialistes allemands préfèrent s'engager auprès d'autres pays en raison de la lenteur des décisions des organismes français. Pour endiguer cela, la création d'un organisme français gouvernemental chargé de centraliser toutes les informations au sujet des spécialistes allemands est proposée¹.

Il en résulte donc qu'un organisme chargé de centraliser les offres de service des Allemands et Autrichiens et de les diriger vers les différents départements et services intéressés doit être créé. La Direction technique et industrielle souhaite cependant que ce soit le seul rôle de cet organisme. Elle s'oppose donc à ce que l'Etat-Major de la Défense nationale lui donne le rôle de contrôler l'activité de ces savants. Ces derniers sont employés par des services d'Etat et des firmes industrielles nationalisées ou privées. Ils sont soumis à un règlement particulier édité pour eux par les ministres de l'Intérieur et du Travail. Leurs activités professionnelles sont contrôlées et jugées par l'employeur, et leurs activités extraprofessionnelles sont sous contrôle des préfets et services de surveillance du territoire².

L'Etat-Major général des forces armées de l'Air, appelé Deuxième Bureau, donne son accord pour la création d'un organisme de centralisation des offres de service. Sont également intéressés par cette idée la Direction technique et industrielle, le Bureau scientifique de l'Etat-Major pour le domaine technique et la Sécurité de l'Air pour les enquêtes préalables et la surveillance des activités de ces volontaires étrangers en France. Le Deuxième Bureau a un rôle d'intermédiaire et transmet aux différents organismes les dossiers³. Chaque offre de service donne lieu à l'établissement d'une fiche de renseignements sur le volontaire allemand ou autrichien en question. Y figurent des

¹ Lettre du secrétaire d'Etat aux affaires allemandes et autrichiennes à Monsieur le président du Conseil, Etat-Major de la Défense nationale du 16/06/1948. Archives du SHD, fonds déposé par Roland Hautefeuille, 1 K 898, DE 2015 ZL 157/5.

² Note n°4042 du directeur technique et industriel de l'aéronautique pour le cabinet militaire du 13/07/1948. Archives du SHD, fonds déposé par Roland Hautefeuille, 1 K 898, DE 2015 ZL 157/5.

³ Note n°1013 du colonel Bézy, chef du 2ème Bureau pour le cabinet militaire du 15/07/1948. Archives du SHD, fonds déposé par Roland Hautefeuille, 1 K 898, DE 2015 ZL 157/5.

renseignements généraux, donc nom, prénom, date de naissance, profession, nationalité, adresse actuelle, situation familiale et actuelle. Vient ensuite le CV, les places que le volontaire a occupé au cours de sa carrière et les études qu'il a mené. Il y a aussi l'historique de ses activités politiques, pour savoir s'il était un sympathisant nazi ou non. Ses désirs, comme par exemple le désir de diriger une équipe de recherche, sont mentionnés, ainsi que ses publications s'il en a publié¹.

Si le recrutement des spécialistes allemands se déroule bien, les autorités françaises songent également au fait qu'il faut tenter de canaliser les possibles départs. Elles sont d'accord avec le fait que les Allemands sont autorisés à signer des contrats de travail et de s'expatrier vers les territoires des trois pays alliés de l'accord tripartite sur la circulation. Cependant, il est nécessaire de prendre en France des dispositions afin d'éviter le départ de spécialistes allemands de la France vers les autres pays. Ces questions font l'objet de la circulaire interministérielle n°307 du 19 mars 1946 du ministère de l'économie et des finances, et de la circulaire de l'Administrateur général du 19 septembre 1947².

Malgré tout, cela n'empêche pas certains départs. Ainsi, l'absence de politique ambitieuse en matière de lanceurs spatiaux et de missiles balistiques, au contraire des États-Unis et de l'URSS, entraîne les premiers départs du LRBA en 1951. En 1952, c'est le groupe Maybach qui rentre en Allemagne³. Face à ces départs, la décision est prise d'envoyer de jeunes stagiaires français en Allemagne. Ce statut de stagiaire en usine ou en établissement de recherche est défini par le contrat signé par le Directeur de la production industrielle. Il accorde des avantages matériels aux stagiaires, comme le droit de posséder une chambre réquisitionnée gratuite, voire un appartement si raisons familiales graves. Le stagiaire a également droit à des rations, aux transports gratuits, pas aux prestations d'habillement. L'effectif moyen des stagiaires doit être maintenu aux environs de trente personnes⁴.

Il est important d'avoir des stagiaires en Allemagne car cela permet de former de jeunes ingénieurs français aux techniques allemandes. Ils peuvent donc perfectionner leur

¹ Note de Monsieur Le Sauce, enquêteur, pour le cabinet civil du 10/03/1948. Archives du SHD, fonds déposé par Roland Hautefeuille, 1 K 898, DE 2015 ZL 157/5.

² Note du chef de la division production industrielle à Monsieur le général commandant en chef français en Allemagne, service étude et renseignement, bureau de la circulation du 02/12/1948. Archives du SHD, fonds déposé par Roland Hautefeuille, 1 K 898, DE 2015 ZL 157/5.

³ Jacques Villain, *La France a-t-elle...*, *op cit.*

⁴ Note du chef de la section recherches techniques à Monsieur Castaigne, chef des services techniques de la direction de l'administration générale du 06/12/1948. Archives du SHD, fonds déposé par Roland Hautefeuille, 1 K 898, DE 2015 ZL 157/5.

formation grâce à la possibilité de réaliser des travaux de recherche impossibles à faire en France car il n'y a pas les moyens matériels. Il faut donner aux autorités françaises les moyens de contrôle sur l'activité de ces établissements. Pour cela, il faut maintenir les avantages des stagiaires. D'autant que l'augmentation du coût de la vie et la réforme monétaire ont fait chuter le nombre de stagiaires, surtout ceux qui ne sont pas rattachés à une firme industrielle et qui doivent subvenir à leurs besoins. L'aggravation des conditions matérielles d'existence risque d'entraîner la disparition complète du système des stagiaires, pourtant prometteur¹. Malgré ces désagréments et grâce à de nouvelles structures et la poursuite du recrutement de spécialistes allemands, des études sur des aspects variés de l'astronautique sont menées en France.

B. Etudes sur différents aspects de l'astronautique

Les années qui suivent la fin de la Seconde guerre mondiale sont marquées en France par des études variées en astronautique, en premier lieu sur des aspects de la fusée comme la propulsion, le guidage et des composants comme les tuyères. Ainsi au LRBA de Vernon, les groupes EAG et EAP sont intégrés à partir de 1948 dans les départements guidage et propulsion, dirigés respectivement par les ingénieurs militaires Antonin Collet Billon et Jean Corbeau². L'ONERA mène également de son côté des études sur la propulsion. A partir de 1951, alors qu'elle était spécialisée dans les essais au sol dans le but d'étudier la résistance des structures, l'ONERA s'intéresse désormais à la propulsion et aux essais en vol³.

Des études sont menées sur les tuyères. Certains membres du CEPA étudient une tuyère thermo-pulsante. Le directeur du département scientifique du CEPA, l'ingénieur Serruys, déclare au sujet de cette étude « *nous sommes arrivés à concevoir une transformation de cet engin qui devrait conduire assez rapidement à la mise au point d'un accélérateur de lancement pour fusée de haut rendement, de faible poids, d'encombrement acceptable et de prix de revient très inférieur aux fusées-gigognes* ». Serruys semble donc

¹ Note du chef de la section recherches techniques à Monsieur Castaigne, chef des services techniques de la direction de l'administration générale du 06/12/1948..., *op cit* .

² Jacques Villain, *La France a-t-elle...*, *op cit*.

³ France Durand-De Jongh, *De la fusée Véronique au lanceur Ariane, une histoire d'hommes...*, *op cit*.

par ailleurs dénigrer la fusée à étages¹. Toujours au CEPA, la section « échange de chaleur » du département scientifique doit établir une étude théorique pour le compte du Service technique sur le refroidissement des chambres de combustion et des tuyères². Il est aussi demandé à la section propergols du CEPA de travailler sur les phénomènes de combustion dans les tuyères³.

L'officier Barré a travaillé de son côté sur l'injection et la régulation pour les engins autopropulsés. Selon lui, tout dispositif d'injection est sujet à se dérégler en cours de fonctionnement soit par les variations normales de certains facteurs comme le niveau des liquides dans les réservoirs, la viscosité des liquides, soit pour des causes imprévues comme des phénomènes d'obturation et de givrage de certaines pièces. Ces dérèglages peuvent provoquer des variations de la composition du mélange. En effet des irrégularités dans la constitution des différents liquides peuvent survenir, donc les réservoirs ne s'épuisent plus simultanément, ce qui engendre une importante perte de vitesse en fin de combustion et des perturbations graves dans le mouvement de l'engin⁴.

Dans le cas où l'engin est livré à lui-même, la régulation est indispensable. Même si l'engin est contrôlé à distance, cela reste très utile car l'engin fonctionne ainsi continuellement avec son rendement maximal. De plus, il y a alors peu de corrections à apporter à la trajectoire de l'engin. Le régulateur d'injection d'un engin autopropulsé à liquides a deux rôles. Il doit assurer la permanence de la composition du mélange de propergols et régler le débit total des liquides. Le contrôle est assuré par des régulateurs qui peuvent se classer en trois catégories. D'abord les régulateurs de dosage qui agissent sur les débits instantanés des différents liquides de manière à réaliser à chaque instant la composition fixée pour le mélange. Il y a ensuite les régulateurs de constitution, qui agissent pour maintenir dans les proportions voulues les volumes des liquides débités par les différents réservoirs depuis le début du fonctionnement. Ces régulateurs doivent faire varier

¹ Rapport de Monsieur le directeur du département scientifique du CEPA Serruys à Monsieur l'ingénieur général Lafargue, chef du département études et recherches du 07/05/1950. Archives du SHD, fonds déposé par Roland Hautefeuille, 1 K 898, DE 2015 ZL 157/4.

² Note d'Henri Moureu, chef du département scientifique du CEPA à Monsieur le professeur Brun, chef de la section Echange de chaleur du département scientifique du CEPA du 17/02/1948. Archives du SHD, fonds déposé par Roland Hautefeuille, 1 K 898, DE 2015 ZL 157/6.

³ Note d'Henri Moureu, chef du département scientifique du CEPA pour Monsieur l'ingénieur militaire en chef Lafargue, chef du département des études et recherches du CEPA du 04/05/1948. Archives du SHD, fonds déposé par Roland Hautefeuille, 1 K 898, DE 2015 ZL 157/5.

⁴ Rapport de Jean-Jacques Barré, ingénieur militaire général de l'armement, cadre de réserve, Paris, « Fusées et satellites »..., *op cit.*

légèrement la composition du mélange pour permettre par exemple à un réservoir accidentellement à la traîne de rattraper les autres¹.

Ces régulateurs assurent à peu près la simultanéité de l'épuisement des différents réservoirs et évitent ainsi la formation de blocs de résidus qui deviennent des poids morts nuisibles. Il y a enfin les régulateurs de propulsion qui assurent le contrôle de la propulsion². Le CEPA travaille aussi sur les tuyères. Il est par exemple demandé à l'ingénieur Serruys de travailler avec l'ingénieur militaire en chef Barré et les ingénieurs militaires principaux Sevestre, Carrière et Blanc sur la rédaction d'un mémoire concernant la tuyère cylindrique, mémoire qui doit être publié au Mémorial de l'artillerie française³.

Les ingénieurs et scientifiques français s'intéressent également à la propulsion par statoréacteur. En effet après 1945, un intérêt pour ce mode de propulsion né car il possède plusieurs avantages : il est simple à réaliser et est peu onéreux. L'ONERA se penche donc sur cette étude⁴. Avec ces études, le statoréacteur de Lorin, dont il a déjà été question, refait surface. En effet le comité de direction du CEPA décide le 9 décembre 1948 de créer une étude sur le propulseur supersonique de Lorin⁵. En 1952, il est prévu de confier à l'ingénieur Serruys une recherche sous forme de contrat d'étude sur ce propulseur, ce qui pourrait conduire à des essais au point fixe de Satory⁶.

Les travaux sur les propergols liquides et solides ont toujours lieu. A partir de 1947, les spécialistes de la SEPR développent et expérimentent les premiers moteurs-fusées à solides et liquides, pour aider à l'assistance de la propulsion des avions et des missiles air-air et sol-air⁷. Un débat demeure entre les liquides et les solides. Barré remarque qu'avec les poudres d'avant-guerre, les fusées à poudre avaient un handicap : une combustion trop rapide. Ces engins ne pouvaient donc prétendre aux hautes performances et aux grandes

¹ Rapport de Jean-Jacques Barré, ingénieur militaire général de l'armement, cadre de réserve, Paris, « Fusées et satellites »..., *op cit.*

² *Ibid.*

³ Lettre d'Henri Moureu, chef du département scientifique du CEPA à Monsieur le professeur Serruys, chef de la section thermodynamique générale du 14/02/1951. Archives du SHD, fonds déposé par Roland Hautefeuille, 1 K 898, DE 2015 ZL 157/4.

⁴ Philippe Varnoteaux, *L'aventure spatiale...*, *op cit.*

⁵ Lettre d'Henri Moureu, chef du département scientifique du CEPA à Monsieur le professeur Serruys, chef de la section thermodynamique générale du 09/12/1948. Archives du SHD, fonds déposé par Roland Hautefeuille, 1 K 898, DE 2015 ZL 157/4.

⁶ Lettre d'Henri Moureu, chef du département scientifique du CEPA à Monsieur le professeur Serruys, chef de la section thermodynamique générale du 01/04/1952. Archives du SHD, fonds déposé par Roland Hautefeuille, 1 K 898, DE 2015 ZL 157/4.

⁷ Philippe Varnoteaux, *L'aventure spatiale...*, *op cit.*

portées. Autre inconvénient des poudres anciennes : les variations importantes de la poussée avec la température de la poudre au moment du tir, ce qui cause une grande dispersion et nécessite des changements distincts pour l'été et l'hiver. Cependant, la simplicité et la rusticité des engins à poudre leur ont toujours valu les faveurs des militaires. En effet, ces derniers ont rarement le temps nécessaire pour la mise des engins à liquides en disposition de combat¹.

Les fusées à liquides sont quant à elles plus rentables pour les hautes performances car elles développent une plus grande vitesse d'éjection des propergols liquides et une très faible pression des réservoirs. Barré est également intéressé par les fusées à étages. Il déclare que « *les fusées actuelles continueraient à retomber, impuissantes contre l'attraction terrestre, si le principe des fusées-gigognes n'avait permis de conjuguer les efforts successifs de plusieurs engins* ». Les fusées-gigognes ont un principe qu'il juge simple. La première fusée propulse une masse utile composée d'une deuxième fusée dont la masse utile contient une troisième fusée et ainsi de suite. Les impulsions des différentes fusées s'ajoutent et il est alors possible d'obtenir une vitesse suffisante avec deux ou quatre étages².

Selon Moureu, le problème de la fusée monoétage est qu'elle doit transporter une masse encombrante qui devient plus inutile à mesure que les réservoirs se vident. Moureu déclare donc « *on a donc imaginé de construire un mobile comportant une succession de fusées dans lesquelles on répartit la matière nécessaire à la propulsion. Dès qu'une fusée mère a consommé sa charge, elle se détache, et la fusée fille allégée d'autant poursuit sa course grâce à l'entrée en fonctionnement du propulseur suivant*³ ».

D'importants travaux sont menés sur les propergols en France, et donc principalement les propergols à liquides. Ainsi la section thermodynamique du CEPA a élaboré une méthode de calcul graphique des performances théoriques des propergols. Surtout sur des propergols à base d'acide azotique, d'alcool furylique et d'aniline, des propergols qui intéressent particulièrement la Marine qui les emploie pour ses essais⁴. Ces propergols intéressent également le Service technique de la DEFA. Pour se mettre d'accord

¹ Rapport de Jean-Jacques Barré, ingénieur militaire général de l'armement, cadre de réserve, Paris, « Fusées et satellites »..., *op cit*.

² *Ibid*.

³ Conférence d'Henri Moureu, directeur du laboratoire municipal de Paris et de la DEFA à la Société d'encouragement pour l'industrie nationale le 18/10/1956, « Problèmes d'actualités... »..., *op cit*.

⁴ Note de l'ingénieur général du génie maritime Lambotin, directeur de la DCCAN pour le service technique de la DEFA du 01/12/1950. Archives du SHD, fonds déposé par Roland Hautefeuille, 1 K 898, DE 2015 ZL 157/4.

sur les proportions du mélange, il est demandé à la section thermodynamique du CEPA d'entrer en contact avec le bureau des engins spéciaux de la Direction centrale des constructions aéronautiques navales (DCCAN)¹.

La section thermodynamique du CEPA a aussi mis au point une méthode de calcul pour les performances de propergols contenant du carbone, de l'hydrogène, de l'oxygène et de l'azote². La section effectue également des calculs sur des propergols à base d'acide nitrique³. Sur décision du comité de direction du CEPA, des calculs sont effectués sur les mélanges alcool-oxygène liquide et alcool-acide nitrique⁴. Le département des études et recherches du CEPA effectue quant à lui des recherches sur l'éther de pétrole, composé à 83.60% de carbone et 16.40% d'hydrogène, et l'huile de goudron du Laboratoire central des Poudres, composée à 88.57% de carbone, de 8.35% d'hydrogène, de 2.35% d'oxygène et de 0.53% de soufre⁵.

De nombreux mélanges sont donc étudiés. Moureu parle d'une « *infinité de compositions qu'il est possible d'envisager*⁶ ». Moureu dirige d'ailleurs personnellement les sections chimie physique et chimie générale du CEPA⁷. Les travaux sur l'oxygène liquide adaptée aux fusées sont suspendus en 1952 car ce comburant se prête mal au départ dit « presse-bouton », qui est indispensable aux engins sol-air, les seuls engins autopropulsés qui intéressent alors l'Etat-Major. L'oxygène liquide est alors concurrencé par l'acide nitrique, plus simple à employer, mais qui a pour inconvénients sa corrosivité et sa toxicité⁸.

Afin de multiplier les études dans de plus en plus de branches scientifiques, le CASDN organise des sommets scientifiques et crée des sous-comités pour l'astronomie, la

¹ Lettre d'Henri Moureu, chef du département scientifique du CEPA à Monsieur le professeur Serruys, chef de la section thermodynamique générale du 19/12/1950. Archives du SHD, fonds déposé par Roland Hautefeuille, 1 K 898, DE 2015 ZL 157/4.

² Lettre d'Henri Moureu, chef du département scientifique du CEPA à Monsieur le professeur Serruys, chef de la section thermodynamique générale du 01/04/1952..., *op cit.*

³ Lettre d'Henri Moureu, chef du département scientifique du CEPA à Monsieur le professeur Serruys, chef de la section thermodynamique générale du 14/02/1951..., *op cit.*

⁴ Lettre d'Henri Moureu, chef du département scientifique du CEPA à Monsieur le professeur Serruys, chef de la section thermodynamique générale du 09/12/1948..., *op cit.*

⁵ Note de Levy, chef de la section propergols du CEPA à Monsieur le professeur Serruys, chef de la section thermodynamique générale du 04/05/1948. Archives du SHD, fonds déposé par Roland Hautefeuille, 1 K 898, DE 2015 ZL 157/5.

⁶ Conférence d'Henri Moureu, directeur du laboratoire municipal de Paris et de la DEFA à la Société d'encouragement pour l'industrie nationale le 18/10/1956, « Problèmes d'actualités... »..., *op cit.*

⁷ Note de Roger Brard sur les titres scientifiques de Monsieur Henri Moureu du 12/06/1961..., *op cit.*

⁸ Rapport de Jean-Jacques Barré, « Historique des études »..., *op cit.*

propulsion et la physique de l'atmosphère¹. Grâce à ses différentes sections, le CEPA peut conduire des études dans différents domaines comme par exemple l'étude des matériaux, l'aérothermie, la physique atomique, les infra-rouges et donc les propergols². Les scientifiques français se tournent aussi vers la recherche nucléaire. Auger avait participé en 1945 à la création du CEA. Il participe ensuite à l'organisation du département des sciences de l'UNESCO (Organisations des nations unies pour l'éducation, la science et la culture) dont il devient le directeur en 1948. Cela lui permettra de promouvoir la création du Centre européen de recherche nucléaire (CERN) en 1953³.

Grâce aux recherches sur l'énergie atomique de l'équipe de Joliot-Curie, la France parvient à mettre en service sa première pile atomique le 15 décembre 1948. Elle est nommée Zoé, en souvenir du nom de code de « produit Z » lors de la bataille de l'eau lourde. Il s'agit là d'un véritable tour de force sachant que la France a été détruite par la guerre et a été privée pendant la durée du conflit de toute information scientifique⁴. La France a donc fait de rapides progrès en recherche nucléaire. Barré considère pourtant que la France est désavantagée dans ce domaine. En effet, elle ne possède que peu de gisements de minerais d'uranium en métropole, et ceux qu'elle possède à Madagascar sont lointains. Barré espère donc que les chercheurs français trouveront le moyen de produire de l'énergie nucléaire grâce à d'autres substances plus courantes⁵. Toutes ces études menées en France vont avoir une autre conséquence : celle de rêver de nouveau au voyage spatial.

¹ Philippe Varnoteaux, *L'aventure spatiale...*, *op cit.*

² Déclaration de J. Sorlet, ingénieur général et directeur de la DEFA..., *op cit.*

³ http://www.esa.int/fre/ESA_in_your_country/France/Les_grands_noms..., *op cit.*

⁴ Conférence de Henri Moureu, « Connaissances de la matière, Frédéric Joliot et l'eau lourde », Bordeaux, 07/12/1970..., *op cit.*

⁵ Rapport du chef d'escadron Jean-Jacques Barré de la section technique de l'armée pour le ministère des armées, « L'atome, source inépuisable d'énergie », avril 1946. Archives de l'Observatoire de l'Espace du CNES, Paris, fonds déposé par Bertrand Barré.

II. Un rêve d'ailleurs toujours présent

A. *Le voyage spatial bientôt possible ?*

Voyager dans l'Espace vers d'autres astres est un rêve présent en France dans l'esprit de certains depuis longtemps. Rêve cependant mis de côté car depuis les années 1910, les recherches en astronautique et donc sur les fusées ont surtout été tournées vers le domaine militaire. Les fusées n'étaient plus considérées comme de potentiels véhicules capables d'emmener l'Homme loin de la Terre, mais comme des armes de guerre susceptibles de faire basculer l'issue d'un conflit. Mais le lendemain de la Seconde guerre mondiale est marqué par une reprise sérieuse des études astronautiques, ce qui conduit certains à se remettre à rêver au voyage spatial.

Dans son rapport de 1947 *Le développement à donner en France aux engins stratégiques de la famille du V2*, Moureu pense que du point de vue scientifique, les fusées comme les V2 peuvent permettre à terme d'étudier la haute-atmosphère, voire au-delà¹. Dans les années qui vont suivre, les scientifiques français vont justement concevoir des fusées-sondes destinées à étudier la haute-atmosphère. Esnault-Pelterie, le pionnier de l'aéronautique française, voit un tout autre intérêt à ces fusées. Il déclare en 1949 que ces fusées-sondes pourraient permettre d'emporter « *des passagers pour effectuer des voyages dans l'espace* ». Ce qui montre que l'ingénieur n'a pas, malgré l'arrêt de ses études, renoncé à son espoir de voir le voyage spatial se mettre enfin en place².

Pour en revenir à Moureu, celui-ci défend la possibilité du voyage spatial grâce aux fusées. Lors d'une conférence en 1956 devant la Société d'encouragement pour l'industrie nationale, il démontre que la fusée est un engin qui combine de multiples branches de la science. Et surtout, elles sont destinées à faire du voyage interplanétaire une réalité. Il déclare ainsi « *la fusée fait appel, pour sa réalisation, aux sciences et aux techniques humaines les plus diverses : atomistique, balistique, mécanique, thermodynamique, aérodynamique, chimie, métallurgie, électronique, cybernétique, astronomie, etc... Quant à la biologie et à la physiologie, elles auront-elles-même un rôle fondamental à jouer dès que l'Homme se*

¹ Philippe Varnoteaux, *La naissance de la politique spatiale...*, *op cit.*

² Robert Esnault-Pelterie, « La navigation interplanétaire », *Science et vie*, n°383, août 1949.

sentira suffisamment sûr de lui pour oser confier sa vie à la fusée et s'élancer avec elle à travers l'espace¹ ».

Il rajoute que *« l'Homme s'est attaqué là à l'entreprise la plus audacieuse qui puisse germer dans son cerveau, et je suis persuadé personnellement que, avant la fin du siècle, le voyage vers la Lune sera devenu une réalité. Mais même s'il devait surgir d'imprévisibles difficultés qui obligent à renoncer à cette gageure, le rêve envisagé aura été la source d'un tel tourbillon de pensées et générateur de tant de progrès que la modeste fusée aura bien servi la cause de la Science et, en définitive, celle de l'Humanité² ».* Moureu n'est pas la seule personnalité de l'aéronautique française à croire de nouveau au voyage spatial.

L'officier Barré, qui travaille plutôt à la réalisation de fusées à usage militaire, conserve lui-aussi dans un coin de sa tête l'idée que les fusées peuvent être employées à autre chose que la guerre : permettre à l'Homme de rejoindre d'autres mondes dans l'Espace. Il songe d'ailleurs à exploiter l'énergie nucléaire pour rendre une telle traversée possible. Il s'agit donc de réaliser des autopropulseurs nucléaires. Selon Barré, ce serait bien sûr difficile à mettre en œuvre et la vitesse développée par une machine de ce genre serait certainement bien en-dessous de celles imaginées par les auteurs de science-fiction. Toutefois grâce à l'énergie nucléaire, le voyage spatial pourrait être bien plus rapide, avec des vitesses de l'ordre de plusieurs dizaines de kilomètres par seconde³.

Alexandre Ananoff, qui s'était efforcé avant la Seconde guerre mondiale de promouvoir l'aéronautique et la possibilité du voyage spatial, reprend son entreprise une fois le conflit terminé. Il cherche dans un premier temps à défendre cette idée de voyage interplanétaire et donc l'aéronautique en général. Il déclare en ce sens en 1945 *« née du désir des hommes de conquérir l'espace, l'Aéronautique, malgré la grandeur du fait visé, n'aurait aucune raison d'arrêter notre attention si elle ne reposait sur des données sérieuses et si l'expérience ne venait la protéger contre ceux – trop nombreux encore – qui pensent que tout le problème repose sur l'imagination d'un Cyrano ou d'un Jules Verne ».* L'aéronautique est pour lui une science sérieuse, et non simplement le fruit de la science-

¹ Conférence d'Henri Moureu, directeur du laboratoire municipal de Paris et de la DEFA à la Société d'encouragement pour l'industrie nationale le 18/10/1956, « Problèmes d'actualités... », *op cit.*

² *Ibid.*

³ Rapport du chef d'escadron Jean-Jacques Barré de la section technique de l'armée pour le ministère des armées, « L'atome, source inépuisable d'énergie », avril 1946..., *op cit.*

fiction. Car elle englobe toutes les branches du savoir humain. Le fait qu'elle peut permettre à terme aux hommes de voyager dans l'Espace fait l'objet de critiques¹.

Ananoff n'est pas tendre avec les critiques : « *ceux, par-contre, qui condescendent à admettre nos théories comme plausibles ne manquent jamais d'émettre des objections quant à leur réalisation pratique* ». Selon lui, ceux qui critiquent l'idée du voyage spatial sont effrayés par le froid qui règne dans l'Espace, mais aussi par la vie en espace clos qu'impose le voyage spatial et la résistance des différents matériaux qui peut varier. Comme l'atmosphère est alors réputée impossible à franchir, le voyage spatial tiendrait du miracle. Ananoff reproche à ces personnes de contester l'idée du voyage spatial sans en avoir examiné les moindres détails, les obstacles et les moyens disponibles².

Selon lui, le voyage spatial peut être mis rapidement en place à condition que les hommes travaillent tous ensemble avec acharnement et en mettant en commun leurs moyens. Il faut aussi qu'ils écoutent les spécialistes et ceux qu'il qualifie d'initiés. Le problème étant que les efforts et moyens sont investis dans d'autres domaines, comme la course à l'armement, car l'astronautique et les perspectives qui en découlent n'intéressent pas les investisseurs. Ananoff ironise à ce sujet, il présente la Lune comme étant une mine d'or géante. Bien sûr si les astronomes démontrent que le sol lunaire regorge de métaux précieux comme l'or ou le platine, des grandes sociétés voudraient alors se lancer dans l'exploitation de la Lune et des banques voudraient bien financer des opérations sur la Lune, des mécènes se manifesteraient³.

Ananoff critique justement le fait que les investissements aillent surtout dans la recherche militaire. Il déclare à ce sujet « *il faut – m'a-t-on dit un jour – que les recherches visent un but utilitaire pour être financées ! Qu'entend-on par utilitaire ? Est-ce la destruction plus perfectionnée, plus rapide de notre humanité ? Je n'ose le croire !* ». Pourtant il affirme qu'avec les connaissances de 1945, le voyage spatial est théoriquement possible. Le seul fait de lancer dans l'Espace un projectile inhabité sans retour peut être tout de suite réalisable. Mais encore une fois, il faut que les hommes s'en donnent la peine. Ananoff est bien sûr conscient que le voyage spatial est délicat à mettre en place. Un avion ne peut permettre de dépasser quelques kilomètres d'altitude alors qu'une fusée doit parcourir 384000 kilomètres pour atteindre la Lune et 76 millions de kilomètres pour

¹ Alexandre Ananoff, « Plaidoyer pour l'astronautique », *L'Aérophile*, septembre 1945.

² *Ibid.*

³ *Ibid.*

parvenir jusqu'à Mars. Pour rendre cela possible, il faut perfectionner le moteur à réaction, le seul moteur qu'Ananoff juge capable de permettre à la fusée de fonctionner et de se mouvoir indépendamment du milieu ambiant¹.

Pour pouvoir organiser un voyage spatial, Ananoff pense qu'il faut étudier à fond le V2 qui pourrait confirmer les possibilités de la propulsion réactive dans le vide. Il faut aussi maîtriser l'énergie atomique et la technologie du radar, afin d'apprécier les distances interplanétaires. Bien d'autres choses sont à connaître. Il faut en effet analyser les conditions météorologiques pour le lancement. La conception de la fusée peut entraîner des complications. Suivant celle-ci, la stabilité de l'engin peut varier. Cela pourrait provoquer un trop grand accroissement de l'apesanteur, ce qui occasionnerait des troubles, à l'image d'une scène du film *La femme sur la Lune*. Cela dépend de la disposition des ailerons ou des tuyères de l'engin².

Une autre chose très importante à étudier est le problème du guidage car il n'y a pas d'air dans l'espace. Autre intérêt de maîtriser la technologie du radar, c'est qu'il pourrait permettre d'éviter les météorites que la fusée est susceptible de croiser durant le voyage. Pour bien préparer le voyage spatial, il faut établir une liste de préparatifs qui y sont nécessaires. Il y a entre autres beaucoup de mesures et de vérifications des appareils de bord. Selon Ananoff, le voyage spatial se divise en trois étapes. Vient d'abord le vol sous effet de la réaction jusqu'à obtention de la vitesse libératrice. Vient ensuite le parcours en chute libre suivant une ellipse jusqu'à l'approche du champ attractif de l'astre visé. Et enfin la descente sur ce dernier par un des moyens envisagés suivant que l'astre possède ou non une atmosphère³.

Il est nécessaire de prendre une certaine trajectoire afin d'atteindre une certaine vitesse et donc économiser le carburant. Pour Ananoff, le premier astre vers lequel il faut voyager est la Lune car c'est le plus proche de la Terre. Une fois le voyage spatial vers la Lune réalisé et maîtrisé, il sera possible de se tourner vers les autres planètes du système solaire, particulièrement la Planète Rouge. Ananoff anticipe d'autres phénomènes qui peuvent survenir au cours du voyage. En effet, l'absence de pesanteur provoquerait certainement le flottement de tout corps dans la cabine. La question est donc de savoir si un être humain peut s'adapter à un tel milieu, très différent de celui dans lequel il vit

¹ Alexandre Ananoff, « Plaidoyer pour l'astronautique »..., *op cit.*

² Alexandre Ananoff, *Navigation interplanétaire...*, *op cit.*

³ *Ibid.*

habituellement. Il s'agit donc de savoir si la respiration, l'absorption des aliments et l'élimination des excréments pourront s'effectuer normalement. Autres phénomènes envisagés, les phénomènes de désorientation et celui du mal de l'espace, déjà imaginé par Esnault-Pelterie il y a plusieurs années. Tout cela implique donc la création d'une pesanteur artificielle¹.

Pour certains ingénieurs, scientifiques et esprits français, le voyage spatial paraît donc toujours réalisable. Et plus les recherches et découvertes s'enchaînent, plus il paraît proche. Un rêve ancien qui est donc permis par les progrès de l'astronautique, science qu'il convient donc de promouvoir à nouveau.

B. Continuer à vulgariser l'astronautique

Avant le début de la Seconde guerre mondiale, Ananoff s'était appliqué à promouvoir et vulgariser l'astronautique en multipliant les articles dans les journaux et revues, en organisant des conférences et en passant même à la radio. A la fin de la guerre, son objectif est toujours le même : faire connaître cette science au plus grand nombre et donc la rendre plus accessible. Il s'agit aussi de sensibiliser le grand public à l'idée du voyage spatial et à la technologie de la fusée.

En raison des V1 et V2, l'opinion publique a une mauvaise image des fusées, qui sont assimilées à des engins de guerre. C'est pourtant bien l'apparition des V2 qui remet l'astronautique au goût du jour. Les V2 et donc les missiles balistiques plus généralement fonctionnent sur le même principe que les fusées imaginées par les passionnés d'astronautique. Ananoff souhaite démontrer au grand public qu'il n'a jamais été de la volonté des spécialistes en astronautique de réaliser des fusées dans le but de les employer comme armes destructrices, ils visaient à la base un but pacifique qui est le voyage spatial. Mais ils se doutaient bien que la fusée avait le potentiel pour devenir également une arme de guerre².

Les spécialistes de l'astronautique s'étaient prescrits comme première étape de mettre au point un moteur réactif puissant. Pour Ananoff, il ne faut pas leur imputer le fait

¹ Alexandre Ananoff, *Navigation interplanétaire...*, *op cit.*

² Alexandre Ananoff, « Plaidoyer pour l'astronautique »..., *op cit.*

que certains d'entre eux aient créé une arme meurtrière. Ce qu'ils souhaitaient au départ, c'était de perfectionner le moteur à réaction, chose désormais réussie mais grâce à un lourd tribut. Il faut selon Ananoff insister sur ce point car certains pensent que l'aéronautique a été créée pour réaliser les V2., ce qu'il considère comme une idée absurde. Il cite plusieurs pionniers. Selon lui, si le but de l'aéronautique était vraiment de réaliser des engins de guerre, Hohmann n'aurait pas perdu son temps à calculer des trajectoires cosmiques, Oberth n'aurait pas étudié dans les moindres détails la fusée idéale pour réaliser un voyage spatial, Tsiolkovski n'aurait pas pris la peine d'étudier tous les problèmes que le voyage spatial pose et Esnault-Pelterie n'aurait pas créé le prix international d'aéronautique qui porte son nom¹.

Ananoff juge qu'il est stupide de penser que tout cela puisse servir de couverture pour réaliser exclusivement des travaux sur des fusées de guerre. Il serait donc inutile de fournir tant de travail, d'efforts intellectuels et de créer une science aussi complexe que l'aéronautique pour dissimuler des travaux de ce type. Ananoff reconnaît cependant que le V2 a beaucoup apporté à l'aéronautique : « *le monde est ainsi fait, et la propagande, les articles, les conférences, les cours cent fois répétés firent moins pour l'aéronautique que l'apparition d'un seul V2²* ».

Ananoff considère l'aéronautique comme une science complète, qui regroupe de nombreuses branches du savoir humain. Elle soulève en effet plusieurs points, comme la physique avec les recherches sur l'énergie atomique, les communications avec la Terre pendant le trajet. Il y a aussi la chimie avec l'objectif de parvenir à conserver une atmosphère respirable en espace clos. La mécanique intervient également, avec la construction de l'engin, les commandes d'orientation et de direction, la mise au point du parachute d'atterrissage, les appareils de navigation interplanétaire. L'aéronautique fait aussi progresser les recherches sur la métallurgie, avec la création d'alliages extra-légers à base de béryllium. Il y a une dernière discipline, la physiologie, avec l'étude de l'action des variations du champ gravitationnel sur l'organisme³.

Pour développer l'aéronautique, Ananoff souhaite la mise en place d'une grande collaboration, comme il le déclare dans *L'Aérophile* en septembre 1945 : « *l'importance d'une collaboration étroite entre les divers spécialistes, et sur l'intérêt qu'il y aurait à créer un centre de recherches aéronautiques* ». Il constate que certaines sociétés savantes et aéro-

¹ Alexandre Ananoff, « Plaidoyer pour l'aéronautique »..., *op cit.*

² *Ibid.*

³ *Ibid.*

clubs ont étendu leurs activités en fondant en leur sein des sections astronautiques. Il déclare à ce sujet « *c'est là une initiative qui ne peut que nous réjouir car ce n'est pas sans peine que nous constatons notre retard appréciable sur l'étranger, et particulièrement sur l'Allemagne*¹ ».

Ananoff souligne que la France ne manque pas d'ingénieurs et de savants, à l'image de Barré, Moureu ou Esnault-Pelterie. Mais il faut une prise de conscience et ne pas perdre de temps en critiques inutiles envers l'aéronautique. Pour conclure son article dans *L'Aérophile* de septembre 1945, Ananoff conclut de la manière suivante : « *sans doute l'aéronautique, comme toute entreprise humaine, rencontrera des obstacles insoupçonnés, des échecs que soulignera l'ironie des sceptiques. Qu'importe ! La science libre et désintéressée ignore les découragements et n'a nul souci des sarcasmes*² ».

Toujours dans l'idée de promouvoir l'aéronautique, Ananoff souhaite faire découvrir cette science à travers la lecture. Or en 1945, il constate qu'il y a une certaine absence de littérature à destination du grand public sur le sujet. Il lance ainsi en juillet 1946 le mensuel *L'Astronef*. C'est grâce à ce mensuel qu'il fait d'ailleurs découvrir au grand public le V2 avec son article *La fusée A4* publié dans le numéro deux du mensuel en septembre 1946. *L'Astronef* ne dure cependant que le temps de quatre numéros. Ananoff le fait à nouveau publier en 1950, mais cette fois-ci, un seul numéro sort³.

En septembre 1946, Ananoff publie son premier ouvrage, *Navigation interplanétaire : allons-nous voir les premiers voyages interaérospaciaux*. Livre dans lequel il parle librement du voyage spatial, comment il devrait se dérouler, quelles sont les conditions d'un tel voyage. En 1950, il publie son ouvrage le plus important, *L'Aéronautique*, du même nom de l'œuvre d'Esnault-Pelterie. Livre salué unanimement, dans lequel il parle toujours des possibilités offertes par les fusées en termes de voyage spatial. Ce livre éveille l'intérêt du dessinateur Hergé, qui souhaite écrire une aventure de Tintin où son héros devient le premier homme à marcher sur la Lune. Une des illustrations de *L'Aéronautique* l'intéresse particulièrement, il s'agit d'une cabine de pilotage⁴.

Hergé prend donc l'initiative d'écrire à Ananoff à ce sujet. Il déclare dans sa lettre « *comme tous ceux qui s'intéressent à l'évolution scientifique, j'ai lu votre livre*

¹ Alexandre Ananoff, « Plaidoyer pour l'aéronautique »..., *op cit.*

² *Ibid.*

³ Pierre-François Mourieux et Philippe Varnoteaux, *Alexandre Ananoff...*, *op cit.*

⁴ *Ibid.*

L'Astronautique avec le plus vif intérêt. J'y ai découvert, notamment, des renseignements précieux sur la possibilité des voyages interplanétaires, et, en pages 264 et 265, un dessin, représentant l'intérieur du poste de pilotage d'un astronef [...]. Ce dessin me sera une précieuse source de documentation au cours du récit en images que je compte entreprendre. Mais il montre une quantité d'appareils dont j'ignore, je l'avoue, la raison d'être. C'est pourquoi je me suis permis de prendre un calque et de vous l'envoyer, afin que vous ayez la gentillesse d'indiquer, en regard de chaque numéro, le nom et la fonction de ces instruments de bord¹ ».

Ananoff répond de manière très positive au dessinateur belge qui publie en 1954 *On a marché sur la Lune*. Le poste de pilotage de la fusée de Tintin est en effet fortement inspiré de celui imaginé par Ananoff. Hergé avait fait un autre clin d'œil au Français sur la couverture du *Journal de Tintin* du 11 mai 1950. En effet, un exemplaire de *L'Astronautique* d'Ananoff est reproduit dans une scène d'*Objectif Lune* qui illustre le journal².



Couverture du numéro du 11 mai 1950 du *Journal de Tintin*. L'ouvrage d'Ananoff *L'Astronautique* est visible sur la table © *Le Journal de Tintin*

¹ Lettre d'Hergé à Alexandre Ananoff du 18/04/1950. Archives du musée de l'Air et de l'Espace du Bourget, fonds déposé par Claude Ananoff.

² Pierre-François Mourieux et Philippe Varnoteaux, *Alexandre Ananoff...*, op cit.

Pour assurer une plus grande promotion de l'astronautique, Ananoff multiplie toujours autant les articles, les conférences et les émissions radio. Cependant à partir de 1949, il a l'idée d'organiser une conférence internationale tournée exclusivement autour de l'astronautique. Le congrès se tient finalement du 30 septembre au 2 octobre 1950 au grand amphithéâtre de la Sorbonne à Paris. Durant celui-ci, les conférences se succèdent et plusieurs films sur les fusées et le voyage vers la Lune sont projetés. S'il connaît un certain succès, le congrès est marqué par l'absence de certains pionniers français, notamment Esnault-Pelterie et Barré¹.



Affiche pour le premier Congrès international d'astronautique, Paris 1950 © Musée de l'Air et de l'Espace du Bourget, collection Ananoff

Avec ce succès, le congrès devient annuel. Lors du deuxième congrès, des Américains sont présents, mais Ananoff souhaite que les Russes y participent également car ils ont aussi beaucoup contribué à l'astronautique, notamment avec une figure comme Tsiolkovski². Ananoff n'a de cesse de publier des articles au sujet de l'astronautique, et ce

¹ Pierre-François Mourieux et Philippe Varnoteaux, *Alexandre Ananoff...*, op cit.

² *Ibid.*

sur des sujets très divers. Il parle ainsi des fusées à étages avec son article *Reparlons des fusées-gigognes* dans *L'Aérophile* en avril 1947, des phénomènes engendrés par le voyage spatial avec *Comment l'organisme humain supporte les grandes vitesses de l'astronautique* dans *Le Figaro littéraire* en août 1948. Egalement sur les liens entre la recherche nucléaire et le voyage spatial avec *Où en sont les recherches sur le moteur nucléaire*, toujours dans *le Figaro littéraire* en juin 1949. Et tout simplement sur l'Histoire de la fusée, avec *Mille ans d'Histoire de la fusée, du feu grégeois à la fusée moderne ionosphérique* dans un hors-série de *Science et Vie* en décembre 1952¹.

Grâce à une figure comme Ananoff, la France joue donc un rôle conséquent dans la promotion de l'astronautique et de sa vulgarisation. A l'étranger, l'astronautique gagne également du terrain puisque les revues sur le sujet s'y multiplient également. Par exemple pour les Etats-Unis, il est possible de citer *Journal of the American Rocket Society*, *Journal of Space Flight* et *Pacific Rockets*. En Allemagne, il y a par exemple *Weltraumfahrt*². Bien qu'Ananoff affirme que le but de l'astronautique n'est pas de mettre au point des fusées à usage militaire, c'est pourtant dans ce domaine que les réalisations de fusées sont menées dans un premier temps en France au cours de l'après-guerre.

¹ Pierre-François Mourieux et Philippe Varnoteaux, *Alexandre Ananoff...*, *op cit.*

² Note de Levy, chef de la section propergols du CEPA à la direction du CEPA du 11/08/1950. Archives du SHD, fonds déposé par Roland Hautefeuille, 1 K 898, DE 2015 ZL 157/5.

Chapitre 2 : les études pour le compte de l'armée

I. Vers l'abandon du V2

A. Poursuivre l'étude du V2 ?

Le V2 allemand est au centre des attentions des grandes puissances alliées. Cet engin, s'il n'a pu faire basculer la guerre dans le sens des Allemands, a démontré qu'il est une arme révolutionnaire. C'est principalement pour cette raison que les Alliés souhaitent en posséder des exemplaires, voire parvenir à le reconstituer. Une raison aussi du pillage industriel et technologique de l'Allemagne à partir de la fin de la guerre. En France, l'organisme qui se montre le plus intéressé par le V2 est le CEPA. Les membres du CEPA n'ont pu obtenir les V2 promis par les Américains, il faut donc reconstituer l'engin pour en maîtriser la technologie.

Mais un an après sa création, le CEPA se retrouve déjà en difficulté. L'organisme connaît rapidement des difficultés financières et des problèmes de personnel. Dès 1946, Moureu écrit au chef de l'Etat-Major général de l'armée, le général Revers, pour lui faire part de son inquiétude à ce sujet. Il lui écrit *« j'espère, mon général, que vous voudrez bien prendre en considération cette requête qui dépasse en fait le cas particulier du colonel Pernot et traduit l'inquiétude que je ressens pour l'avenir du CEPA. L'organisme, dont on a bien voulu me confier la direction, est en effet fort loin d'avoir pris l'ampleur désirable et cela en grande partie faute du personnel indispensable d'ingénieurs militaires. Un gros effort dans ce sens est absolument nécessaire si l'on veut que cet organisme puisse remplir sa lourde tâche¹ »*.

Le CEPA est également fragilisé par les échecs de l'EA-1941 de Barré. Comme il est signifié à l'ingénieur en chef Lafargue dans une lettre du 27 juillet 1946, si l'EA-1941 avait fonctionné, cela aurait été porté au crédit de Barré. Mais les essais furent des échecs, échecs qui rejaillissent sur le CEPA². L'organisme perd donc de sa crédibilité en raison de l'échec

¹ Lettre d'Henri Moureu au général Revers, chef de l'Etat-Major général de l'armée du 11/06/1946. Archives du SHD, fonds déposé par Roland Hautefeuille, 1 K 898, AI Z 32605.

² Lettre pour l'ingénieur en chef Lafargue du 27/07/1946..., *op cit*.

de l'EA-1941. Il a de plus besoin de financements pour ses missions. C'est dans ce sens que Moureu adresse au directeur de la DEFA le 6 février 1947 une note qui demande pour le CEPA « *l'ouverture d'un crédit mission* ». Dans cette note, il y dit que le succès des missions du CEPA dépend des résultats de ses investigations à l'étranger pour dénicher des documents et du matériel technique et scientifique, ainsi que des techniciens pour interrogatoire et engagement éventuel¹.

Les missions ne peuvent être fructueuses que si le chef de mission dispose d'un budget suffisant, avec la possibilité d'engager des dépenses dont la justification administrative habituelle n'est pas exigée. Certains achats de matériels ne peuvent être réalisés que si le chef de mission a de suite en sa possession les sommes pour régler la dépense. Faute de quoi, plusieurs missions ont été obligées de laisser échapper divers appareils intéressants et surtout introuvables en France. Moureu ajoute que certains membres du CEPA sont amenés à faire des dépenses essentielles comme l'organisation de réunions avec des personnalités étrangères, des convocations à l'étranger de personnels dont il y a lieu de rembourser les frais de déplacements et de séjour, ainsi que des invitations à des repas².

Des dépenses qui sont inévitables pour se créer un réseau à l'étranger. Moureu indique qu'une demande de crédit de même nature avait déjà été faite au travers d'une note du 12 août 1946, demande refusée à la suite d'une erreur d'imputation budgétaire faite par les services financiers. Moureu souhaite ainsi l'ouverture d'un crédit au CEPA de quatre millions de francs (environ 200000€) pour l'exercice 1947. Crédit qui devrait être suffisant pour couvrir les dépenses envisagées. Moureu souhaite également être seul juge des avances à consentir et être le seul qualifié pour justifier l'emploi qui en sera fait. Et pour éviter toute nouvelle erreur d'imputation, il suggère que l'imputation budgétaire soit effectuée par un service compétent de la DEFA³.

En plus de ces problèmes financiers, le CEPA éprouve également des difficultés d'ordre technologique, notamment en ce qui concerne le pilotage des engins, le choix des ergols, l'effet pogo qui se traduit par des tremblements de l'engin au moment du décollage, et le contrôle du vol et de la trajectoire⁴. L'organisme a également des difficultés au sujet

¹ Note d'Henri Moureu, directeur du CEPA pour le directeur de la DEFA du 06/02/1947. Archives du SHD, fonds déposé par Roland Hautefeuille, 1 K 898, AI Z 32605.

² *Ibid.*

³ *Ibid.*

⁴ Philippe Varnoteaux, « La part du CNRS dans les débuts de la conquête de... »..., *op cit.*

des militaires. Il souhaite une véritable coopération interarmées, mais elle est compliquée à mettre en place car il y a une certaine rivalité entre les différentes armées¹. Face à tous ces obstacles, le CEPA se retrouve paralysé fin 1946.

En effet, les politiques sont plus préoccupés par la reconstitution des forces armées en armes classiques moins coûteuses que les fusées et plus rapidement opérationnelles. C'est aussi le cas des autorités militaires, qui considèrent les fusées comme des engins complexes, onéreux et hasardeux à mettre en œuvre. Bien que quelques militaires de l'Etat-Major de l'armée de l'air parlent de « guerres cosmiques de l'avenir », les projets sur les fusées balistiques sont progressivement abandonnés au profit d'engins sol-air apparentés au V1². De plus, comme l'écrit le général De Gaulle dans une lettre du 6 septembre 1945, le gouvernement provisoire de la république française a accepté la création du CEPA plutôt dans l'espoir de « *préparer intensément et d'amorcer le renouvellement des matériels en procédant à toutes les recherches scientifiques possibles* » que d'engager un programme officiel sur les engins balistiques³.

Le CEPA connaît donc une crise à partir de 1947. En effet, une guerre administrative éclate avec la DEFA. Alors que le CEPA rêve de fusées, la DEFA est plutôt de l'avis des autorités politiques et militaires et préfère donc donner la priorité à des armes moins difficiles à développer et moins onéreuses que les fusées⁴. Pour maintenir les études sur le V2, Moureu décide donc de réagir au travers de plusieurs rapports qu'il rédige en 1946 et 1947, notamment deux.

Le premier, daté du 23 décembre 1946, a déjà été évoqué et s'intitule *La nécessité de construire et de tirer trente engins de type V2*. Le seconde date lui du 17 mai 1947 et s'intitule *Le développement à donner en France aux engins stratégiques de la famille du V2*. A travers ces rapports, Moureu souhaite démontrer aux autorités politiques et militaires l'importance que revêt le projet de reconstitution et de tir du V2. Il déclare dans le rapport de 1947 « *il convient de préciser l'importance exceptionnelle de l'engin V2, en particulier sur le plan militaire, et de placer sa reconstitution et son tir dans le cadre d'un plan*

¹ Philippe Varnoteaux, *L'aventure spatiale...*, *op cit.*

² Philippe Varnoteaux, *La naissance de la politique spatiale...*, *op cit.*

³ Charles De Gaulle, *Lettres, notes et carnets (1945-1951)*, Plon, 1984.

⁴ Philippe Varnoteaux, *L'aventure spatiale...*, *op cit.*

d'ensemble définissant, pour les années à venir, le développement à donner en France aux engins de la même famille¹ ».

Moureu rappelle que durant la guerre, un V2 arrive vers sa cible à environ 4000 kilomètres à l'heure. De ce fait, c'est un engin impossible à contrer et donc à intercepter pour les avions². Moureu considère que les futures guerres seront marquées par les missiles balistiques stratégiques. Ainsi la connaissance et la maîtrise du V2 sont vitales³. De plus, le V2 peut être perfectionné, sa portée et sa précision améliorées, sa construction et sa mise en œuvre simplifiées⁴. Du point de vue scientifique, il peut aider à améliorer les connaissances en physique, météorologie, astronomie, radio⁵.

Dans une conférence en 1956, Moureu insiste toujours sur l'importance du V2. Il dit *« si j'insiste assez longuement sur les performances du V2, c'est parce que l'on doit considérer cet engin autopropulsé, œuvre de von Braun, qui fut fabriqué durant la guerre en grande série par les Allemands comme le prototype expérimental dont vont dériver toutes les fusées qui, avec des objectifs différents, sont ou seront étudiées et mises au point par la suite⁶ ».*

Moureu considère donc que la reconstitution et le tir des V2 doit être un projet prioritaire. Pour le réaliser, il est conscient qu'il faut d'importants financements. Pour la réalisation des trente V2 de son rapport de 1946, il avait demandé un crédit de 378 millions de francs (environ 18.9 millions d'euros). Il faut de plus des infrastructures pour pouvoir effectuer des tirs. En ce sens, le ministre de l'armement a donné le 19 septembre 1946 un accord de principe à l'organisation d'une station d'essai pour grosses tuyères à Gramat dans le Lot. Le coût de la construction et de l'installation de la station est estimé à environ 400 millions de francs (environ vingt millions d'euros). Il y a aussi l'aménagement du site de Colomb-Béchar qui est estimé à environ 800 millions de francs (environ quarante millions

¹ Rapport du professeur Moureu, conseiller scientifique de l'Etat-Major de l'armée et directeur du CEPA, « Le développement à donner en France aux engins stratégiques de la famille du V2 », 17/05/1947..., *op cit.*

² *Ibid.*

³ Philippe Varnoteaux, *L'aventure spatiale...*, *op cit.*

⁴ Rapport du professeur Moureu, conseiller scientifique de l'Etat-Major de l'armée et directeur du CEPA, « Le développement à donner en France aux engins stratégiques de la famille du V2 », 17/05/1947..., *op cit.*

⁵ Philippe Varnoteaux, *L'aventure spatiale...*, *op cit.*

⁶ Conférence d'Henri Moureu, directeur du laboratoire municipal de Paris et de la DEFA à la Société d'encouragement pour l'industrie nationale le 18/10/1956, « Problèmes d'actualités... »..., *op cit.*

d'euros). Ainsi la reconstitution et le tir de trente engins type V2 coûterait environ 1500 millions de francs (environ 75 millions d'euros)¹.

Moureu demande également un important recrutement pour réaliser ce projet, particulièrement des personnes spécialisées dans les études et essais d'engins autopropulsés et guidés. Ces personnes seraient par la suite chargées de l'étude, de la fabrication et de la mise au point d'engins stratégiques dérivés du V2. Il faut renforcer les effectifs avec des spécialistes du V2 en matière de construction et d'essais. Moureu pense d'ailleurs à recruter en Allemagne. Il indique aussi qu'il faut renforcer le personnel de l'APX et recruter un personnel civil pour encadrer ou doubler le personnel allemand et constituer des équipes à affecter aux stations d'essais et aux champs de tir².

Pour montrer l'intérêt que le V2 peut avoir scientifiquement, Moureu évoque les essais menés aux Etats-Unis dans la base de White Sands au Nouveau-Mexique. Les Américains y utilisent le V2 pour sonder la haute atmosphère. Le premier tir a lieu le 16 avril 1946³. Le 31 juillet 1946, un nouveau tir est effectué avec un V2 transportant des instruments. L'engin monte à 166 kilomètres d'altitude⁴. Un autre tir est effectué avec une fusée Bumper, fusée qui combine le V2 pour le premier étage et la fusée Wac Corporal pour le second. Cette fusée atteint une altitude record de 400 kilomètres⁵. Avec une fusée à étage de ce type, il est possible d'espérer atteindre une vitesse finale de 11200 mètres par seconde, vitesse suffisante pour échapper à l'attraction terrestre. Combiner la technologie du V2 et le principe de la fusée à étage peut donc avoir des perspectives qui peuvent intéresser les chercheurs⁶.

Au sujet du V2 adapté en fusée à étages, Moureu déclare dans sa conférence de 1956 « *c'est sans nul doute là le principe de l'arme stratégique absolue à laquelle je faisais allusion au début de mon exposé, arme d'autant plus redoutable qu'aux vitesses élevées où il est susceptible de se déplacer en s'appuyant sur l'atmosphère, un tel engin apparaît actuellement comme pratiquement ininterceptable dans la majeure partie de son parcours* ».

¹ Rapport du professeur Moureu, conseiller scientifique de l'Etat-Major de l'armée et directeur du CEPA, « Le développement à donner en France aux engins stratégiques de la famille du V2 », 17/05/1947..., *op cit*.

² *Ibid.*

³ Philippe Varnoteaux, La naissance de la politique spatiale..., *op cit*.

⁴ Rapport du professeur Moureu, conseiller scientifique de l'Etat-Major de l'armée et directeur du CEPA, « Le développement à donner en France aux engins stratégiques de la famille du V2 », 17/05/1947..., *op cit*.

⁵ Rapport de Jean-Jacques Barré, ingénieur militaire général de l'armement, cadre de réserve, Paris, « Fusées et satellites »..., *op cit*.

⁶ Rapport du professeur Moureu, conseiller scientifique de l'Etat-Major de l'armée et directeur du CEPA, « Le développement à donner en France aux engins stratégiques de la famille du V2 », 17/05/1947..., *op cit*.

Et toujours à propos du V2 et des fusées en général, il déclare « *la fusée, dans sa conception moderne, apporte cependant une véritable révolution dans les trois domaines de la Défense nationale, de la science pure et de la navigation aérienne et intersidérale de demain. On doit notamment ne jamais perdre de vue que, en raison de son ininterceptabilité, seule la fusée guidée peut constituer l'arme stratégique absolue, comme elle est en train de devenir, grâce à sa vitesse et à sa maniabilité, l'arme tactique la plus redoutable pour l'avenir le plus rapide*¹ ».

Dans son rapport de 1947, Moureu développe également l'idée de la dissuasion au moyen du V2 et de la bombe atomique. Esnault-Pelterie avait déjà évoqué des années auparavant cette idée de doter la France d'une force de dissuasion afin de décourager les attaques ennemies, sous peine de représailles. Toujours dans ce rapport, Moureu dit que la fusée offre des avantages stratégiques inégalés pour tenir en respect tout adversaire. Si la France veut être militairement forte, il lui faut se doter de fusées de type V2 équipées de charges atomiques. De plus, l'artillerie est forcément dépassée face à ces engins car elle ne peut les intercepter. Donc grâce au V2 et à la bombe atomique, la France peut avoir un « *territoire sécurisé* » car l'adversaire hésitera logiquement à attaquer. Le V2 équipé de la bombe atomique deviendrait donc une « *arme de dissuasion* » et une « *arme de paix*² ».

Dans *La semaine nationale de sécurité*, Moureu déclare que « *la seule forme de défense effective réside pour un pays dans ses possibilités de représailles. [...] Un tel raisonnement vaut également en ce qui concerne les engins stratégiques à grand rayon d'action. J'estime que la seule forme de défense efficace à leur opposer, et j'entends par là celle qui peut faire faire à un pays l'économie d'une agression avec toutes les conséquences que cela comporte ne peut résider que dans la mise au point d'armes de représailles analogues. Du point de vue financier, l'effort à consentir par l'ensemble du pays est beaucoup plus productif que l'établissement d'une organisation purement défensive qui, par ailleurs pose, en matière de DCA notamment, des problèmes techniques de guidage infiniment plus complexes à résoudre que la télécommande ou le guidage automatique d'engins de représailles pour lesquels les trajectoires peuvent être prédéterminées*³ ».

¹ Conférence d'Henri Moureu, directeur du laboratoire municipal de Paris et de la DEFA à la Société d'encouragement pour l'industrie nationale le 18/10/1956, « Problèmes d'actualités... »..., *op cit.*

² Rapport du professeur Moureu, conseiller scientifique de l'Etat-Major de l'armée et directeur du CEPA, « Le développement à donner en France aux engins stratégiques de la famille du V2 », 17/05/1947..., *op cit.*

³ Déclaration de J. Sorlet, ingénieur général et directeur de la DEFA..., *op cit.*

Dans un rapport du 17 juin 1947 intitulé *Les engins stratégiques à longue portée, forme nouvelle de guerre totale*, Moureu détaille les deux moyens de contrer un adversaire qui possède la fusée et la bombe atomique. Il y a d'abord la défense passive, qui dépend du potentiel industriel du pays attaqué. Il faut pour cela décentraliser les usines et installations dans des régions où il y a la possibilité d'aménagements souterrains. Il y a ensuite la défense active, qui consiste à posséder des armes d'interception, et plus efficace encore des armes de représailles. C'est vers cette voie-là que Moureu souhaite que la France se tourne. Il déclare dans ce rapport « *il importe que notre pays, qui a plus de dix ans de retard sur l'Allemagne dans ce domaine, se décide à entrer hardiment dans cette voie qui contribuera, pour une large part, à lui garantir un rang de grande nation et une sécurité indispensable à son redressement*¹ ».

Barré partage cette idée d'employer l'énergie nucléaire pour créer une force de dissuasion. Il déclare en avril 1946 « *au point de vue militaire, outre les applications du moteur nucléaire à la traction des avions, des navires et des sous-marins, c'est évidemment l'emploi de l'uranium et du plutonium en explosifs qui va bouleverser profondément et la tactique et la stratégie* ». Barré tempère cependant car selon lui, les armes nucléaires resteront encore longtemps dans l'ombre des armes plus traditionnelles : « *il est probable, cependant, que le prix très élevé de ces explosifs en limitera quelque peu l'emploi et l'on respirera sans doute longtemps encore l'odeur de la poudre sur les champs de bataille qui subsisteront longtemps, eux aussi, quoique puissent prédire certains utopistes incorrigibles*² ».

Les idées de Moureu semblent trouver écho chez Ananoff. Il décrit l'aide que le V2 peut apporter à la science dans son article *Le V2 au service de la Science* dans *Le Monde illustré* du 28 juin 1947. Quant aux perspectives du V2 en ce qui concerne le voyage spatial, Ananoff donne une conférence le 23 mars 1945 à l'Hôtel des sociétés savantes intitulée *Du V2 aux explorations interplanétaires*. Enfin, les possibilités offertes par l'énergie nucléaire lui inspirent notamment deux conférences, *L'énergie atomique et l'aéronautique* le 16

¹ Rapport d'Henri Moureu présenté le 17/06/1947 à la semaine nationale de la sécurité « Les engins stratégiques à longue portée, forme nouvelle de guerre totale ». Archives du SHD, fonds déposé par Roland Hautefeuille, 1 K 898, AI Z 32605.

² Rapport du chef d'escadron Jean-Jacques Barré de la section technique de l'armée pour le ministère des armées, « L'atome, source inépuisable d'énergie », avril 1946..., *op cit.*

novembre 1945 à l'amphithéâtre Descartes de la Sorbonne et *De la bombe atomique aux voyages interplanétaires* le 28 novembre 1946 à l'amphithéâtre Richelieu de la Sorbonne¹.

Moureu semble avoir le soutien de l'ingénieur Lafarque, qui publie un mémorandum le 26 mars 1947 afin d'appuyer les rapports de Moureu. Dans ce rapport, il réexplique pourquoi il est nécessaire de bien connaître le V2. La reconstitution et le tir d'engins de ce type sont indispensables pour réaliser des études sur des engins de type tactique et stratégique. Pour cela, il faut bien sûr des crédits et du personnel. Lafarque paraît plus mesuré que Moureu puisque dans sa conclusion, il pense que si l'état des finances ne permet pas d'envisager les études d'engins stratégiques qui nécessitent la reconstitution et le tir d'un certain nombre de V2, il faut se cantonner à des études d'engins tactiques. Mais s'il est estimé qu'il est possible de pouvoir faire de suite l'effort de financer le projet et de recruter le personnel que cela requiert, les études des engins stratégiques sont possibles. Dans ce cas, le premier stade de ces études doit comporter nécessairement la reconstitution et le tir de trente engins de type V2. Cependant, Lafarque pense que la fabrication d'un certain nombre de V2 et leur tir n'est pas indispensable pour l'étude des engins tactiques. Pour cela, il suffirait d'exploiter les connaissances déjà acquises sur le V1 et reconstituer un certain nombre de composants essentiels qui n'ont pas encore été complètement analysés².

Moureu souhaite que le gouvernement prenne une décision quant à ce projet des V2. Malheureusement pour lui, son rapport échoue à convaincre les autorités politiques et militaires. En mai 1947, les politiques considèrent que la date d'aboutissement du projet des V2, fixée à 1952, est trop éloignée, que le V2 est une technologie qui va être bien vite dépassée et que l'effort financier à réaliser ne vaut pas le coup au vu des bénéfices que la France en tirerait³. Le CEPA n'a plus le soutien de la DEFA qui recommande au gouvernement d'abandonner l'étude du V2. Le gouvernement suit cette recommandation le 1^{er} octobre 1947, mais laisse cependant une chance au CEPA de mener jusqu'au bout l'étude du V2, à condition qu'elle soit complètement réalisée en moins de deux ans. Moureu juge cela impossible à réaliser avant 1952 ou 1953. Il y a donc un manque de volonté des politiques à l'égard de la fusée balistique. Le 20 mai 1947, Moureu avait cherché le soutien du général Bloch-Dassault, président du CCSDN, qui est partisan des fusées. Mais le général

¹ Pierre-François Mourieux et Philippe Varnoteaux, *Alexandre Ananoff...*, *op cit*.

² Mémorandum de l'ingénieur militaire en chef Lafarque, directeur technique du CEPA, 26/03/1947..., *op cit*.

³ Jacques Villain, *La France a-t-elle...*, *op cit*.

a bien constaté que les politiques ne semblent pas intéressés par le projet des V2, il n'apporte donc pas son soutien à Moureu¹.

L'Etat-Major préfère donc investir dans des outils militaires plus simples de conception et plus rapides à mettre en œuvre, et surtout moins coûteux. Finalement, les perspectives de la guerre d'Indochine incitent le gouvernement Ramadier à suspendre les crédits accordés au CEPA et à abandonner l'étude des engins du type V2. Les politiques estiment donc la doctrine Moureu irréalisable financièrement². Le 23 août 1947, dans le procès-verbal d'une réunion qui s'est tenue le 5 août 1947, le général Revers, chef d'Etat-Major de l'armée de Terre, décide la suspension des études du V2. La France ne reconstituera donc pas de V2³.

Malgré cet échec, certaines études sur le V2 semblent se poursuivre. Lors d'une séance le 9 janvier 1948 chez l'ingénieur général Salmon, l'ingénieur Lafargue apprend que l'ingénieur Serruys étudie un propulseur destiné aux lancements d'engins de type V2. Serruys a d'ailleurs demandé une fourniture importante de matériaux pour cette étude, une demande transmise par le Service technique à l'APX sans attendre d'avoir plus de renseignements sur cette étude. Lafargue souhaite que Serruys précise l'origine de cette étude, le but recherché, les caractéristiques prévues de l'engin, les principes mis en jeu, le schéma de l'appareil, les essais envisagés et la suite prévue. Cela afin que le Service technique soit complètement renseigné sur une étude dont le volume semble assez important et dont il a été informé que d'une manière très succincte⁴. Les études en rapport avec le V2 ne semblent donc pas entièrement abandonnées malgré l'échec du rapport de Moureu.

¹ Philippe Varnoteaux, *L'aventure spatiale...*, *op cit.*

² Philippe Varnoteaux, *La naissance de la politique spatiale...*, *op cit.*

³ Procès-verbal par le général Revers d'une réunion sur les études des engins autopropulsés à grande portée du 23/08/1947. Archives du SHD, fonds déposé par Roland Hautefeuille, 1 K 898, AI Z 32605.

⁴ Note de l'ingénieur militaire en chef Lafargue, chef du département des études et recherches du CEPA pour la direction du CEPA du 21/01/1948..., *op cit.*

B. *Le Super-V2*

En 1947, le projet de reconstitution et de tir du V2 est donc abandonné, malgré les rapports de Moureu pour le défendre. Malgré cet échec, plusieurs projets d'études sont proposés au LRBA de Vernon. Parmi eux se trouve l'étude 4212, dont le but est de développer un engin dérivé du projet allemand A9¹. L'A9 était un prototype de fusée qui devait servir à bombarder directement les Etats-Unis. Il s'agit donc d'un missile sol-sol stratégique, version améliorée du V2. L'engin prend d'ailleurs en France le nom de Super-V2².

Selon les versions, le Super-V2 est conçu pour pouvoir emporter une charge utile d'un poids compris entre 500 et mille kilogrammes, jusqu'à une portée comprise entre 1400 et 2500 kilomètres³. Le projet A9 dont dérive le Super-V2 avait débuté à la base de Peenemünde en 1944. Au LRBA, l'étude théorique de l'engin est entièrement réalisée. Des prototypes de composants comme des vannes et des réservoirs sont fabriqués et font l'objet d'expérimentations. Juste avant Noël 1947, un générateur de gaz destiné au moteur de l'engin, qui doit pouvoir développer une poussée de quarante tonnes, est essayé à plusieurs reprises au banc⁴.

L'étude du Super-V2 conduit également à de nouvelles recherches sur les propergols. Ainsi cette étude permet de mettre en évidence les avantages de l'acide nitrique comme comburant du point de vue du transport, du stockage, de la manipulation et des performances. C'est dans le cadre de cette étude que les principaux investissements du LRBA sont réalisés, en particulier ceux relatifs aux points fixes, avec la mise en place de bancs d'essais pour moteurs et composants. Cependant, l'étude du Super-V2 ne conduit pas à la réalisation d'engins complets⁵.

En effet, les services officiels français ne manifestent que peu d'intérêt à la mise en service de missiles stratégiques⁶. Même certains secteurs du CEPA ne semblent pas intéressés par cette étude. Par exemple, une lettre du 9 décembre 1948 révèle que le

¹ Jacques Blamont, *Les débuts de la recherche...*, *op cit.*

² Philippe Varnoteaux, *L'aventure spatiale...*, *op cit.*

³ *Ibid.*

⁴ Jacques Villain, *La France a-t-elle...*, *op cit.*

⁵ *Ibid.*

⁶ *Ibid.*

département des études et recherches du CEPA ne semble pas intéressé par le problème de l'amélioration des performances du Super-V2. La DEFA pourrait cependant retenir pour ses études certaines suggestions de l'ingénieur Serruys quant à l'étude du Super-V2¹.

En 1949, le projet est finalement abandonné. Les autorités politiques et militaires, qui ont déjà rejeté le projet des V2, ne misent pas plus sur le projet du Super-V2. De plus les personnes impliquées dans cette étude font face à des difficultés financières. Un autre problème préoccupant est que les Français ne maîtrisent pas totalement la technologie du V2, il est donc difficile d'envisager de mener à terme une étude sur une version largement améliorée². Malgré l'abandon du projet, un courrier du 30 janvier 1950 révèle que le comité de direction du CEPA est toujours intéressé par les suggestions de l'ingénieur Serruys au sujet du Super-V2, mais l'étude est définitivement close. Les recherches françaises sur les fusées se tournent vers des projets d'engins autopropulsés purement militaires³.

II. Les missiles de l'armée

A. La fusée EOLE et autres versions

Lorsque l'étude des V2 est stoppée en France en 1947, cet abandon s'accompagne d'une baisse des crédits pour les recherches sur les fusées, en grande partie à cause de la guerre d'Indochine qui capte les budgets des armées. Plusieurs projets de missiles à longue portée sont pourtant maintenus au LRBA de Vernon. Il y a notamment l'étude 4212 qui correspond au projet du Super-V2, et l'étude 4211 qui correspond à l'EA-1946⁴.

L'étude du Super-V2 est cependant rapidement arrêtée, des efforts sont donc portés sur l'EA-1946. Il s'agit d'une fusée conçue par le colonel Barré. Prolongement de l'EA-1941 dont elle est fortement inspirée, elle est développée par la SAGEM, sans l'aide des

¹Lettre d'Henri Moureu, chef du département scientifique du CEPA à Monsieur le professeur Serruys, chef de la section thermodynamique générale du 09/12/1948..., *op cit*.

² Philippe Varnoteaux, *L'aventure spatiale...*, *op cit*.

³ Lettre d'Henri Moureu, chef du département scientifique du CEPA à Monsieur le professeur Serruys, chef de la section thermodynamique générale du 30/01/1950. Archives du SHD, fonds déposé par Roland Hautefeuille, 1 K 898, DE 2015 ZL 157/4.

⁴ Philippe Varnoteaux, *L'aventure spatiale...*, *op cit*.

techniciens allemands du LRBA. L'engin a une masse de 3.4 tonnes, il doit pouvoir transporter une charge utile d'environ 300 kilogrammes à une portée comprise entre 800 et mille kilomètres. Son moteur est conçu pour être capable de développer une poussée de dix tonnes¹.

La fusée, baptisée EOLE, doit fonctionner avec un mélange d'oxygène liquide et d'éther de pétrole, d'où son nom². La fabrication du premier engin débute le 15 octobre 1946. Il faut cependant attendre le 4 février 1949 pour qu'un premier essai soit organisé au point fixe du LRBA, qui n'est d'ailleurs achevé qu'à cette date. Ces longs délais démontrent encore une fois les faibles moyens qui sont accordés aux études en astronautique. Ce premier essai se déroule avec un engin dont la capacité de ses réservoirs est diminuée de deux cinquième par rapport à sa capacité normale. Le but est d'étudier les mesures des débits, l'échauffement de l'éther de pétrole et les températures maximales de la tuyère³.

L'essai se déroule normalement durant 13.5 secondes, au lieu des 18 prévues. Le moteur s'arrête tout à fait normalement par manque d'oxygène liquide. Au démontage, l'équipe de Barré se rend compte que l'engin a subis plusieurs dégradations et dysfonctionnements. Malgré tout, ce premier essai est satisfaisant. Il est estimé que les anomalies sont dues à une défectuosité du montage mécanique. Il est décidé que l'essai suivant se fera avec un engin dont la capacité des réservoirs sera au niveau normal. Les réservoirs sont d'ailleurs allongés pour l'essai suivant. Après le deuxième essai, Barré reconnaît qu'il a commis une erreur : au lieu de construire un engin neuf, il répare et

¹ Jacques Villain, *La France a-t-elle...*, *op cit.*

² Jean-Louis Moineau, *Les premiers pas...*, *op cit.*

³ Rapport de Jean-Jacques Barré, ingénieur militaire général des fabrications d'armement, « Historique des études »..., *op cit.*

transforme celui du premier essai. L'engin s'avère ainsi plus long à préparer, plus coûteux et surtout moins sûr¹.



Une fusée EOLE mise en place sur son pas de tir © CNES, collection Barré

Plusieurs incidents interviennent. Il y a des fautes de manœuvre, l'équipe ne parvient pas à trouver de l'éther de pétrole convenable pour les essais suivants et doit le remplacer par de l'isopentane, et elle doit également faire face à des difficultés budgétaires. Le deuxième essai a finalement lieu le 6 janvier 1950 à la tombée de la nuit. Des dispositifs de mesure comme celui de l'éther de pétrole sont améliorés. Une ogive émettrice de télémesure fabriquée par l'APX est placée sur une petite plate-forme au-dessus des réservoirs. Sur le banc d'essai, un toboggan est disposé pour permettre au personnel d'évacuer en cas d'incendie².

Lorsque l'essai débute, dès la mise à feu, les personnes présentes s'aperçoivent que l'évent destiné à évacuer les vapeurs d'oxygène liquide jusqu'au dernier moment était resté ouvert. L'incident est dû en réalité à un excès de précaution : un dispositif était prévu pour rouvrir l'évent en cas de raté à la mise à feu. Mais le dispositif est baigné par les vapeurs d'oxygène liquide et se givre, ce qui maintient l'évent ouvert. La combustion se déroule

¹ Rapport de Jean-Jacques Barré, ingénieur militaire général des fabrications d'armement, « Historique des études »..., *op cit.*

² *Ibid.*

normalement lors des vingt premières secondes, mais trois petites détonations successives se font entendre. A la 34^{ème} seconde, une violente détonation survient, violente au point qu'elle provoque une lueur intense qui éclaire le paysage l'espace d'une seconde. Elle est perçue à quarante kilomètres de Vernon par le directeur de l'établissement qui rentrait de Paris¹.

L'explosion a provoqué de gros dégâts matériels sur le point fixe et a fait trois blessés légers. L'engin est évidemment détruit, cependant l'ogive de télémétrie de l'APX a tenu bon. L'explosion est certainement due, selon les personnes présentes, à l'explosion des ergols liquides. Selon l'ingénieur en chef Lafargue, le mélange oxygène liquide et isopentane est hypergolique, ce qui signifie que lorsque les deux ergols entrent en contact, ils s'enflamment instantanément. Cette hypothèse est par la suite vérifiée : de l'isopentane est introduit dans un bac plat contenant de l'oxygène liquide. Le mélange produit une vapeur abondante qui provoque au bout de quelques secondes une violente détonation. Comme il ne reste plus d'éther de pétrole des essais de l'EA-1941, il est impossible de savoir si ce combustible avait également cette propriété².

En parallèle d'EOLE-1946, Barré développe une autre version, EOLE-1948. Cette version se distingue par un dispositif de chasse des liquides. Avec ceci, Barré souhaite tester un nouvel injecteur avec une charge utile de cent kilogrammes, un chargement sans espace mort et avec de l'éther de pétrole refroidi à -140 degrés. La vitesse prévue devrait avoisiner 5500 mètres par seconde à cent kilomètres d'altitude, et l'engin devrait monter jusqu'à 1600 kilomètres. Les essais préliminaires de l'injecteur devaient avoir lieu en 1949, Barré prévoyait que la mise au point serait certainement plus longue et plus délicate que celle de l'injecteur à azote liquide d'EOLE-1946. Cette version n'est finalement pas développée³.

L'équipe de Barré retient et développe encore une autre version, EOLE-1951. L'isopentane est abandonné. Pour éviter tout aléa, Barré choisit de remplacer l'éther de pétrole par de l'alcool éthylique. Ce choix est aussi motivé par le fait que le mélange oxygène liquide et alcool a fait ses preuves pour le V2. L'adjoint de Barré, le commandant Dupont, suggère de rendre la fusée démontable afin de faciliter son transport. Pratiquement toute une année est consacrée à l'étude d'EOLE-1951 ainsi qu'à la confection du premier prototype.

¹ Rapport de Jean-Jacques Barré, ingénieur militaire général des fabrications d'armement, « Historique des études »..., *op cit.*

² *Ibid.*

³ Rapport du 05/04/1949, « Secrétariat d'Etat aux forces armées « guerre » de la DEFA... »..., *op cit.*

Le premier essai a lieu le 19 décembre 1950. Six autres suivent jusqu'au 25 septembre 1951. Trois autres encore ont lieu sur des engins complets en mars, avril et octobre 1952. La cadence des essais est donc améliorée. Le premier prototype a subi à lui seul quatre essais¹.

Pendant ces essais au point fixe se préparent les essais en vol. EOLE étant un engin non guidé, il doit être lancé sur une rampe inclinable. Plusieurs organismes participent à l'élaboration de l'engin. Les empennages sont réalisés par le LRBA. Les ailerons creux sont censés être remplis avec une mousse plastique mais les ingrédients nécessaires commandés en Allemagne n'arrivent pas à temps. Le LRBA s'occupe aussi des essais au banc. La SAGEM se charge encore de la conception de l'engin. L'APX étudie et confectionne une rampe de lancement de 21 mètres de longueur très légère. Il conçoit aussi une ogive éjectable avec le concours de l'Etablissement d'expérience technique de Versailles (ETV). Ce dernier réalise un système pour permettre de récupérer l'ogive grâce à un parachute. Dans cette ogive, un dispositif de télémessure de l'APX y est placé ainsi qu'un dispositif de localisation développé par la Société française d'équipements pour la navigation aérienne (SFENA)².

En 1952, il est donc décidé que les essais en vol d'EOLE auront lieu au CIEES à Hammaguir³. Entre fin octobre et début novembre 1952, le matériel y est donc acheminé. La rampe de lancement est montée sans difficulté mais la mise en place de l'engin sur celle-ci demande quelques travaux d'ajustage. L'acheminement de l'oxygène liquide se révèle par contre très compliqué. Un groupe de production d'oxygène liquide de la station d'essai d'Ober-raderach est remonté près de Colomb-Béchar. L'usine dispose de deux wagons-citernes d'une capacité de 32000 litres qui proviennent également d'Ober-raderach. La consigne est de remplir un wagon et de l'envoyer à Abadla, terminus provisoire de la ligne de chemin de fer Méditerranée-Niger. Là, l'oxygène liquide doit être transvasé dans une citerne routière de 3000 litres en provenance de Vernon. Il reste alors à parcourir quarante kilomètres sur une piste de tôle ondulée pour atteindre le CIEES⁴.

La citerne routière avait donné une grande satisfaction sur les routes françaises, mais c'est une construction très légère, constituée d'anciens réservoir de V2. Un sous-ordre choisit malheureusement de charger la citerne près de Colomb-Béchar et de l'expédier

¹ Rapport de Jean-Jacques Barré, ingénieur militaire général des fabrications d'armement, « Historique des études »..., *op cit.*

² *Ibid.*

³ Philippe Varnoteaux, *L'aventure spatiale...*, *op cit.*

⁴ Rapport de Jean-Jacques Barré, ingénieur militaire général des fabrications d'armement, « Historique des études »..., *op cit.*

directement à Hammaguir, ce qui représente un trajet de 120 kilomètres sur tôle ondulée. A environ 35 kilomètres de l'usine, le convoyeur s'aperçoit d'une fuite importante et fait vidanger la citerne sur place et lui fait gagner Hammaguir pour être examinée et réparée. Il faut attendre deux jours pour que ce qui reste d'oxygène liquide dans la citerne s'évapore car le siphon de vidange n'atteint pas le bas de la citerne. Dans le même temps, des ingénieurs s'aperçoivent que le wagon-citerne parvenu à Abadla est mal réglé. Il est donc renvoyé près de Colomb-Béchar pour rechargement¹.

L'ingénieur militaire Corbeau prend l'initiative de faire transformer deux citernes d'acide nitrique en citernes d'oxygène liquide. La citerne de Vernon est remise en état. Le colonel Michaud du CIEES propose d'acheminer par avion une des citernes de Corbeau. Deux jours après, le transvasement se fait à Abadla dans la citerne de Vernon réparée qui regagne enfin le poste de remplissage. Tout est finalement en place pour le premier essai en vol d'EOLE qui doit avoir lieu le 22 novembre 1952².

Ce jour-là, l'ordre de remplissage est donné à 11h30. Lorsque celui-ci commence, un gros craquement se fait entendre et la citerne s'entoure de vapeur. Barré fait le lien avec un incident qui s'était déjà produit lors d'un essai à Vernon. Une pièce du siphon s'était rompue et la réparation a donc cédé. Après modification, le plein est effectué et l'engin est tiré à 16h30. Sept secondes plus tard, une pluie de débris tombe et l'engin désemparé tombe en tournant à deux kilomètres de la rampe. L'alcool du réservoir brûle durant une bonne partie de la nuit. Des débris déchiquetés de l'empennage jalonnent la piste, ce qui montre bien que l'essai a échoué car l'empennage de la fusée était détérioré³.

Cet incident est attribué à la chaleur dégagée par les traceurs fixés en bout d'ailes pour apprécier le roulis de l'engin et permettre de suivre ce dernier après la fin de la combustion. Il est donc décidé que le deuxième essai s'effectuera sans traceurs. Ce second essai a lieu le 24 novembre 1952. L'engin n'a ni ogive de télémétrie, ni dispositif de localisation de la SFENA, ni ogive largable, mais est par-contre équipé d'un enregistreur conçu par la Société de fabrication d'instruments de mesure (SFIM). Le remplissage est effectué sans incident. A la mise à feu, l'engin met du temps à démarrer. La combustion est irrégulière, ce qui manifeste un manque de pression. La fusée sort de la rampe de lancement

¹ Rapport de Jean-Jacques Barré, ingénieur militaire général des fabrications d'armement, « Historique des études »..., *op cit.*

² *Ibid.*

³ *Ibid.*

à une très faible vitesse de 18 mètres par seconde, alors qu'au premier essai, elle atteignait 30.5 mètres par seconde, ce qui est déjà inférieur à la vitesse prévue à la base de 46 mètres par seconde¹.

Redressé par une rafale, l'engin poursuit tout de même sa course mais perd son empennage 25 secondes après la mise à feu. Il atteint une altitude de 2950 mètres et retombe au sol à quatre kilomètres de la rampe. Les essais ayant été filmés, le dépouillement des films permet de déterminer que les deux engins ont perdu leur empennage à des vitesses voisines : 335 et 315 mètres par seconde. Le responsable n'est donc pas le traceur mais le mur du son que les deux engins ne sont pas parvenus à franchir sans dommages. Ces deux échecs ainsi que le problème du transport de l'oxygène liquide jusqu'au CIEES laissent une impression très défavorable aux assistants. L'étude est donc suspendue *sine die* le 1^{er} décembre 1952. Les assistants se montrent très impatients car ils ignorent certainement, selon Barré, que les deux premiers lancements réussis du V2 ont été suivis par treize échecs consécutifs².



EOLE au décollage. L'engin est sur le point de franchir la rampe de lancement © CNES, collection Barré

Parmi les raisons de ces échecs, il y a également le fait que l'équipe de Barré est très réduite, avec seulement quinze personnes. De plus l'équipe a fait preuve de méconnaissances physiques notamment à propos de l'aérodynamisme³. La fin du projet EOLE marque la fin provisoire des études françaises sur les fusées à oxygène liquide. Au moment où l'étude

¹ Rapport de Jean-Jacques Barré, ingénieur militaire général des fabrications d'armement, « Historique des études »..., *op cit.*

² *Ibid.*

³ Philippe Varnoteaux, *L'aventure spatiale...*, *op cit.*

s'arrête, EOLE est encore loin d'être au point. Il y a tout de même des résultats positifs. Les parois en duralinox refroidi ont montré une bonne résistance à la chaleur, ce qui permet d'utiliser de l'alcool éthylique hautement concentré. Il est également possible d'emmagasiner de l'oxygène liquide dans un réservoir en duralinox. L'étude a également permis de mettre au point des valves et autres raccords, une rampe de lancement très légère. Elle a aussi permis de confirmer la possibilité de transporter et de manipuler de l'oxygène liquide en grande masse sous réserve d'utiliser des citernes adaptées à un service tous-terrains¹.

L'étude a bien sûr donné des résultats négatifs. Il a fallu abandonner l'éther de pétrole, un produit mal défini dont certaines qualités forment avec l'oxygène liquide un mélange spontanément explosif. L'amélioration du rendement de la combustion par l'allongement de la longueur de la chambre de combustion est jugée trop faible². Les essais au point fixe et en vol prennent donc fin pour Barré sur cet échec. Cependant, EOLE est loin d'être le seul projet de missile développé par les trois armées.

B. Autres engins autpropulsés de l'armée

A la suite de l'échec du rapport de Moureu en 1947, les grands projets de fusées sont abandonnés. Toutefois, quelques études sont maintenues dans le but de développer des techniques et systèmes d'armes de type sol-air ou air-air³. En 1949, à la demande du secrétariat d'Etat aux forces armées, le LRBA de Vernon réoriente ses travaux sur le missile sol-air PARCA (Projectile autpropulsé et radioguidé contre avions)⁴. Le PARCA est donc un missile tactique de 5.5 mètres de long qui pèse mille kilogrammes. Il est conçu pour atteindre une altitude de 25 mètres et atteindre la vitesse de Mach 1, c'est-à-dire le mur du son, donc 1224 kilomètres à l'heure⁵.

Le PARCA est composé d'un moteur principal à liquides et de quatre propulseurs auxiliaires à poudre conçus par la SEPR. L'engin est issu d'une collaboration entre le CNET,

¹ Rapport de Jean-Jacques Barré, ingénieur militaire général des fabrications d'armement, « Historique des études »..., *op cit.*

² *Ibid.*

³ Philippe Varnoteaux, *La naissance de la politique spatiale...*, *op cit.*

⁴ Jacques Blamont, *Les débuts de la recherche...*, *op cit.*

⁵ Philippe Varnoteaux, *L'aventure spatiale...*, *op cit.*

l'ONERA et la Direction des poudres. Plusieurs versions sont conçues et testées à partir de 1950 au CIEES ou à Suippes par exemple. Le projet est marqué par de nombreux échecs. De son côté, la Marine développe également des missiles, notamment le Maruca, missile sol-air dérivé de l'engin allemand Schmetterling. Le Maruca mesure environ quatre mètres de hauteur et pèse environ 500 kilogrammes. A l'image du PARCA, il est équipé d'un moteur à liquides et de quatre propulseurs auxiliaires à poudre. Il doit pouvoir atteindre treize kilomètres d'altitude. Plusieurs versions sont testées à partir de 1951 au CERES (Centre d'études et de recherches des engins spéciaux) de la Marine sur l'île du Levant¹.



Préparation pour essai d'un engin PARCA © CNES, collection Barré

De son côté, l'ONERA développe des maquettes autopropulsées pour remédier à certaines insuffisances des essais en soufflerie et pour valider certains concepts comme les instruments de bords, les ailes ou les parachutes. La Direction OP de l'ONERA, qui s'occupe de la physique générale, développe à partir de 1952 une première série d'engins nommés Opd-80. Il s'agit de petits engins d'un mètre de long, avec un poids compris entre quinze et 21 kilogrammes et d'une portée comprise entre cinq et dix kilomètres. L'Opd-80 sert à mener de nombreuses études sur la télémétrie, la qualification d'appareils d'enregistrement, les vols subsoniques et la trajectographie. Ils servent également à mieux comprendre et maîtriser

¹ Philippe Varnoteaux, *L'aventure spatiale...*, op cit.

le comportement d'un engin autopropulsé au moment où il sort de la rampe de lancement ou au moment de l'accélération¹.

A partir de 1947, la SEPR développe et réalise des moteurs d'assistance au décollage. De nombreux types de moteurs à liquides ou à poudre pour la propulsion de missiles sont donc conçus pour équiper des engins développés par plusieurs organismes. Les premiers moteurs SEPR sont employés par la Société nationale de constructions aéronautiques du Sud-Est (SNCASE). Cette dernière s'inspire du V2 pour développer vers la fin des années 1940 le missile sol-air SE-4100, équipé de deux propulseurs latéraux à liquides. Il sert pour des essais au banc, dont le premier a lieu le 29 septembre 1949 à Mailly-le-Camp. Il est équipé du moteur SEPR-1. Selon les versions, il peut aussi être équipé des moteurs SEPR-2, SEPR-3 et SEPR-4 capables de développer une poussée de 1250 kilogrammes².

A l'arsenal de l'aéronautique, trois programmes de missiles tactiques sont lancés début 1947 : le missile air-air AA-10, l'avion-cible CT10 et le missile anti-char SS.10. A cette époque, deux tendances s'opposent quant à la réalisation des missiles. D'un côté les enthousiastes qui imaginent des progrès technologiques rapides qui autoriseraient la réalisation de systèmes performants, et d'un autre côté les sceptiques parmi lesquels se trouvent beaucoup de militaires. Emile Stauff, qui travaille justement à l'arsenal de l'aéronautique, concilie les deux tendances en faisant le choix de solutions technologiques simples avec des objectifs modestes plus faciles à atteindre, avec la conception de petits missiles, la propulsion à poudre, un moteur inspiré du réacteur du V1 et le guidage par fil³.

Le projet S101, celui de l'AA-10, est mis au point en 1947. L'AA-10 est une reconstitution du missile X-4 allemand qui était propulsé par un moteur à liquides BMW. L'AA-10 est quant à lui propulsé par un moteur SEPR-16 qui développe une poussée de 200 kilogrammes. Une deuxième version, le projet S103, est équipée d'un propulseur à poudre et est radioguidée. Elle est composée de deux étages. Ce projet devient l'AA-20, réalisé à plusieurs milliers d'exemplaires. Pour ce qui est du CT10, les premiers essais du prototype ont lieu grâce à un avion LeO 451, sur le dos duquel le CT10 est monté. Ces essais ont lieu de janvier 1947 à avril 1949. La rampe de lancement du CT10 est inspirée de celle du V1. En effet, les ingénieurs français ont beaucoup de connaissances sur celle-ci car de nombreux dossiers à son sujet furent récupérés en Allemagne et de nombreuses rampes de lancement

¹ Philippe Varnoteaux, *L'aventure spatiale...*, *op cit.*

² Jacques Villain, *La France a-t-elle...*, *op cit.*

³ *Ibid.*

de V1 ont été implantées en France par les Allemands, notamment dans le Pas-de-Calais, la Somme, la Seine-Maritime et la Manche. Après une deuxième campagne d'essais à Colomb-Béchar en mars 1950, la production en série du CT10 est lancée. Il faut noter que les premiers CT10 opérationnels sont équipés de composants allemands récupérés¹.

Le projet du SS.10 est lancé entre 1946 et 1947. Il s'agit donc d'un missile anti-char allemand inspiré du missile allemand X-7 Rotkäppchen, un dérivé du X-4. Deux versions du SS.10 sont réalisées. La première est guidée par fil et est dotée de deux ailes. La seconde a quant à elle quatre ailes, ce qui permet une meilleure stabilité aérodynamique. Le SS.10 devient le premier missile français produit en très grande série et largement exporté avec 30000 exemplaires, y compris aux Etats-Unis. En dehors de ces trois projets, l'arsenal de l'aéronautique réalise des travaux sur les propulseurs à liquides. Même s'il choisit très tôt la voie de la propulsion à poudre, l'arsenal décide d'étudier la propulsion à liquides dès début 1947 pour les missiles tactiques².

La réalisation d'un moteur de trois tonnes de poussée est lancée. De fréquents contacts ont lieu avec Barré, alors engagé dans la réalisation d'EOLE, et la SEPR. Cette dernière est quant à elle engagée dans la propulsion par décomposition de l'eau oxygénée et le couple d'ergols liquides acide nitrique et tonka. L'arsenal de l'aéronautique mise plutôt sur le mélange oxygène liquide et méthanol. Barré est quant à lui en faveur de l'oxygène liquide. L'arsenal de l'aéronautique teste une centaine de fois le moteur de trois tonnes de poussée avec succès au banc des Gâtines dans le bois de Verrières en région parisienne entre 1948 et 1951. Cependant, le moteur ne trouve pas d'application directe, l'étude est donc arrêtée en 1952. Ceci met fin aux activités de propulsion à liquides de l'arsenal, qui se consacre à partir de là aux missiles à propulsion solide³.

La société Mécanique aviation traction (MATRA) développe en 1952 un engin expérimental, le missile sol-air R-04. Il est équipé d'un moteur à liquides développé par la SEPR capable de développer une poussée de 1250 kilogrammes, le SEPR-44, ainsi que quatre propulseurs auxiliaires à liquides SEPR-43⁴. Ainsi, de nombreux projets de missiles divers sont en cours en France de la fin des années 1940 au début des années 1950. Alors que les ambitions spatiales de la France semblent avoir disparues au profit des ambitions

¹ Jacques Villain, *La France a-t-elle..., op cit.*

² *Ibid.*

³ *Ibid.*

⁴ *Ibid.*

militaires, le secteur de la météorologie va permettre à la France de lancer des projets de fusées conçues pour atteindre les portes de l'espace.

Chapitre 3 : l'avènement des fusées-sondes françaises

I. L'engin ONM

En août 1947, après l'abandon du projet des V2, les scientifiques commencent à s'intéresser à la haute atmosphère. La communauté scientifique internationale propose la tenue d'une Année de géophysique internationale (AGI) pour développer l'étude de la haute atmosphère. Les scientifiques français sont intéressés par ce projet d'AGI, d'autant que pour étudier la haute atmosphère, il paraît évident que les fusées seraient bien plus efficaces que les ballons-sondes, puisqu'elles peuvent atteindre des altitudes plus élevées. Le CNRS est un des premiers organismes scientifiques qui se lancent dans les études atmosphériques¹.

Les militaires français se montrent également intéressés par la météorologie. En effet, ils prennent conscience qu'il est indispensable de mieux comprendre les phénomènes atmosphériques car les avions et les nouvelles armes autopropulsées évoluent à des altitudes de plus en plus élevées dans l'atmosphère. Cela permettrait de nouvelles études en aérodynamique, en résistance des matériaux, en mécanique des fluides et sur les particules. La Seconde guerre mondiale a de plus révélé l'importance de l'ionosphère, une couche particulière de l'atmosphère où se propagent les ondes radios².

Les militaires ont donc un besoin urgent de spécialistes de la haute atmosphère. Par exemple les époux Vassy, Etienne et Arlette, qui étudiaient déjà avant la guerre les phénomènes atmosphériques. Après la guerre, ils poursuivent leurs recherches au laboratoire d'enseignement de physique de la faculté des sciences de Paris. Grâce aux expériences du CEPA, ils découvrent les possibilités offertes par les fusées dans le cadre de leurs études. En 1947, leur laboratoire devient le Laboratoire de physique de l'atmosphère (LPA). Ils y font plusieurs expériences depuis le sol ou avec des radiosondes montées dans des ballons³.

Après avoir été mis au courant de leurs études, les militaires viennent recruter les époux Vassy car ils ont besoin d'eux pour améliorer les connaissances sur l'ionosphère car la maîtrise des communications est vitale pour les armées. Elle passe obligatoirement par

¹ Philippe Varnoteaux, « La part du CNRS dans les débuts de la conquête de... », *op cit.*

² *Ibid.*

³ Jacques Blamont, *Les débuts de la recherche...*, *op cit.*

l'étude de l'ionosphère¹. Une étude dans ce sens a justement été confiée au LRBA de Vernon sous l'appellation d'étude 4209. Il s'agit de développer un engin dérivé de l'EA-1941, une fusée-sonde nommée engin ONM, étudiée à la demande de l'Office de météorologie nationale dont elle porte le nom, pour effectuer des sondages dans l'atmosphère. En effet, l'ONM recherche des moyens de mesures et s'intéresse justement aux possibilités offertes par les fusées².

Les essais de l'engin ONM débutent le 9 décembre 1948 au point fixe du Mont Valérien. L'essai se déroule normalement mais des vibrations empêchent toute lecture des appareils de mesure. Lors du dépouillement du film, car les essais étaient filmés, les ingénieurs ne distinguent pas les aiguilles des pyromètres, appareils de mesure des hautes températures, qui ne semblent pas avoir bougé. De plus, les deux prises des pyromètres sont court-circuitées, court-circuit qui s'est peut-être produit au début de l'essai. Un deuxième essai a lieu le 11 décembre 1948, toujours au point fixe du Mont Valérien³.

De nouvelles prises plus simples d'usage et de montage sont préparées par le laboratoire de Bellevue. Fabriquées en plexiglas, ces prises se montent rapidement et empêchent tous risque de fuite et de court-circuit. Pourtant après l'essai, le dépouillement des films ne donne rien. En effet, les projecteurs d'éclairage produisent sur les vitres des reflets très gênants. Les pyromètres sont démontés et envoyés au laboratoire de Bellevue pour vérification. Le 15 décembre 1948, lors d'un nouvel essai, les pyromètres fonctionnent bien mais le système de déblocage de l'aiguille ne libère pas complètement cette dernière. Après réglage, les appareils sont au point. Un dernier essai a lieu le 22 décembre 1948. Les glaces des pyromètres n'ont pas été démontées donc la température n'a pas été mesurée. Les pyromètres sont ensuite démontés et les glaces retirées. Les bouchons spéciaux en plexiglas sont équipés mais un incendie prématuré arrête l'essai⁴.

L'essai du 22 décembre 1948 est le dernier, le projet de l'engin ONM est abandonné vu les essais plutôt décevants de l'engin. De plus à ce moment-là, les efforts sont concentrés depuis plusieurs mois déjà sur la fusée EOLE⁵. Cet échec ne sonne pas pour autant la fin des

¹ Philippe Varnoteaux, « La part du CNRS dans les débuts de la conquête de... », *op cit.*

² Jacques Blamont, *Les débuts de la recherche...*, *op cit.*

³ Rapport d'Edmond Brun, directeur du laboratoire des échanges thermiques de Meudon à Monsieur le professeur Moureu, directeur scientifique du CEPA du 24/12/1948. Archives du SHD, fonds déposé par Roland Hautefeuille, 1 K 898, DE 2015 ZL 157/6.

⁴ *Ibid.*

⁵ <http://www.capcomespace.net/>..., *op cit.*

recherches en météorologie et surtout sur la haute atmosphère. En effet, la Marine l'étudie déjà depuis 1945, date à laquelle elle a mis en place un bureau de recherche sur l'ionosphère confié au physicien Yves Rocard¹. Les époux Vassy poursuivent également leurs recherches. En 1951, l'ONM leur met à disposition des locaux situés au quai Branly pour qu'ils y installent leur laboratoire. Arlette Vassy y développe des radiosondes qui doivent être installés dans une base en Arctique et aux îles Kerguelen. Etienne Vassy propose quant à lui au CASDN de placer des expériences préparées par le LPA à bords de fusées². Si les études de la haute atmosphère se poursuivent, elles vont connaître un nouvel essor grâce à la mise au point d'un tout nouvel engin autopropulsé.

II. La fusée Véronique

Avec l'abandon en 1947 du projet de reconstitution et de tir des V2, puis l'abandon en 1948 de l'étude 4212 sur le Super-V2, il semble que les études en rapport avec le missile balistique allemand aient pris fin. Le LRBA poursuit pourtant ses recherches en balistique³. En effet, alors que le gouvernement et l'Etat-Major annoncent leur désengagement vis-à-vis des fusées balistiques, la Direction technique de l'armée de Terre, la DEFA, décide de maintenir une étude dans le but de conserver les connaissances acquises autour du V2. Il s'agit de l'étude 4213 qui concerne une nouvelle fusée, sorte de mini V2. La DEFA justifie alors son existence comme un simple banc d'essai technologique⁴.

Le 15 mars 1949, une directive du ministère des armées, par le biais de la DEFA, valide le programme qui a deux objectifs : étudier le comportement en vol d'un engin de type balistique, et l'emploi de cet engin en tant que fusée-sonde⁵. Elle doit en effet servir à l'exploration de la haute atmosphère en emportant jusqu'à 65 kilomètres d'altitude une masse d'équipements scientifiques fixée à 65 kilogrammes. Le programme est confié au LRBA de Vernon⁶. L'engin doit servir à sonder l'atmosphère car la connaissance des

¹ Philippe Varnoteaux, « La part du CNRS dans les débuts de la conquête de... », *op cit.*

² Jacques Blamont, *Les débuts de la recherche...*, *op cit.*

³ Philippe Varnoteaux, *L'aventure spatiale...*, *op cit.*

⁴ Philippe Varnoteaux, *La naissance de la politique spatiale...*, *op cit.*

⁵ Philippe Varnoteaux, *L'aventure spatiale...*, *op cit.*

⁶ <https://www.universalis.fr/encyclopedie/espace-conquete-de-l-des-pionniers-a-la-fin-de-la-guerre-froide/>, *op cit.*

caractéristiques de la haute atmosphère est indispensable pour résoudre les problèmes de balistique posés par les tirs d'engins à très grande portée¹.

Les caractéristiques de l'engin doivent être au départ les suivantes : il doit mesurer six mètres de longueur, être d'un calibre de 600 millimètres, avoir une masse d'une tonne au décollage, emporter 65 kilogrammes d'équipements scientifiques, être équipé d'un réservoir d'un volume de 130 litres et être dépourvu de système de guidage. L'engin est baptisé Véronique, combinaison de Vernon et du mot électronique (VERnon-électrONIQUE). La fusée est donc développée à partir de 1949 avec l'aide des ingénieurs allemands du LRBA².

Véronique fait penser au V2 mais elle dérive pourtant de l'A5, une maquette réduite volante du V2. L'engin est constitué de cinq éléments : un moteur, deux réservoirs à propergols, un générateur de gaz qui est situé dans un réservoir pressurisé, un compartiment qui contient la charge utile, et des empennages pour permettre de stabiliser l'engin. Véronique doit être équipée d'un moteur qui peut développer une poussée de quatre tonnes. Elle ne dispose pas de guidage interne ou externe, son succès repose donc sur les performances de son moteur, le refroidissement des injecteurs car la température des gaz dans la chambre de combustion peut atteindre plusieurs milliers de degrés et les parois de la fusée risquent donc de fondre. Les parois ont donc en plus été doublées pour faciliter le refroidissement de l'éjecteur³.

Une autre particularité de cette fusée : son mode de lancement. Les premières Véronique sont lancées à l'aide d'une tour qui leur donne une bonne trajectoire. Pour éviter que la tour ne soit trop haute, les ingénieurs du LRBA ont l'idée d'ajouter sur la fusée des propulseurs auxiliaires à poudre. Pour faire plus simple, l'ingénieur allemand Wolfgang Pilz a l'idée de stabiliser les fusées grâce à un système de câbles, ce qui évite d'avoir à utiliser une tour. A une altitude d'environ cinquante mètres, des boulons explosifs permettent à la fusée de se détacher de ses câbles après qu'ils lui aient communiqué la bonne trajectoire. Une technique qui se montre simple et efficace. Karl-Heinz Bringer participe quant à lui à la réalisation du moteur de la fusée, ce qui montre bien que Véronique est le fruit d'une collaboration franco-allemande⁴.

¹ Jean-Louis Moineau, *Les premiers pas...*, *op cit.*

² *Ibid.*

³ Philippe Varnoteaux, *L'aventure spatiale...*, *op cit.*

⁴ *Ibid.*

Pour ce qui est des propergols utilisés, le choix se porte sur le couple acide nitrique et kérosène. L'acide nitrique présente en effet des avantages au niveau du transport et du stockage, et il développe une puissance équivalente à celle de l'oxygène liquide. De plus, comparé à l'oxygène liquide, l'acide nitrique est moins difficile à manipuler. Si l'oxygène liquide a l'avantage de ne pas être corrosif, il peut par-contre provoquer des explosions et incendies au moindre choc¹. Il faut ajouter que l'acide nitrique offre aussi plus de sûreté pour une utilisation dans les conditions climatiques d'Hammaguir². C'est donc la propulsion à liquides qui est choisie dans le cas de Véronique, car les Allemands ont une grande maîtrise de ce mode de propulsion suite à leurs expériences durant la Seconde guerre mondiale sur le V2 et autres engins autopropulsés³.

Le développement de Véronique se fait par étapes. Les premiers essais sont menés sur des modèles intermédiaires afin de maîtriser progressivement les sous-systèmes de la fusée. Ces essais démarrent en août 1950 dans la forêt de Vernon, avec un premier modèle nommé Véronique-P1. Les ingénieurs testent alors sur le banc la tuyère de l'engin afin de comprendre le phénomène de la combustion et être sûr que les injecteurs maintiennent bien la propulsion dans l'axe de la fusée. Dans le même temps, deux Véronique-R sont tirées à Suippes. Elles mesurent près de six mètres et pèsent une tonne. Elles n'atteignent que quelques mètres d'altitude. Les Véronique-R doivent permettre de tester le système de guidage dans sa globalité avec la propulsion à liquides. A partir du 6 avril 1951, une nouvelle version, la Véronique-P2, est testée au banc, cette fois pour vérifier le bon fonctionnement du système de guidage par fil. L'engin mesure cinq mètres et pèse près de 500 kilogrammes. Grâce à ces essais, la longueur des câbles est fixée à 45 mètres, longueur jugée suffisante pour assurer un bon guidage initial à la fusée⁴.

En octobre 1951, ce sont trois Véronique-R et deux Véronique-P5 qui sont tirées à Suippes, afin de tester la séparation et la récupération de la pointe des engins. Au total, du 31 juillet 1950 au 30 janvier 1952, ce sont huit Véronique-R qui sont tirées, dont cinq depuis le camp militaire de Suippes et trois au Cardonnet. Cette version permet de peaufiner en plus la technique de récupération de l'ogive. A l'image de la Véronique-R, la Véronique-P5 mesure près de six mètres, mais elle ne pèse que 536 kilogrammes. Lors de cette campagne

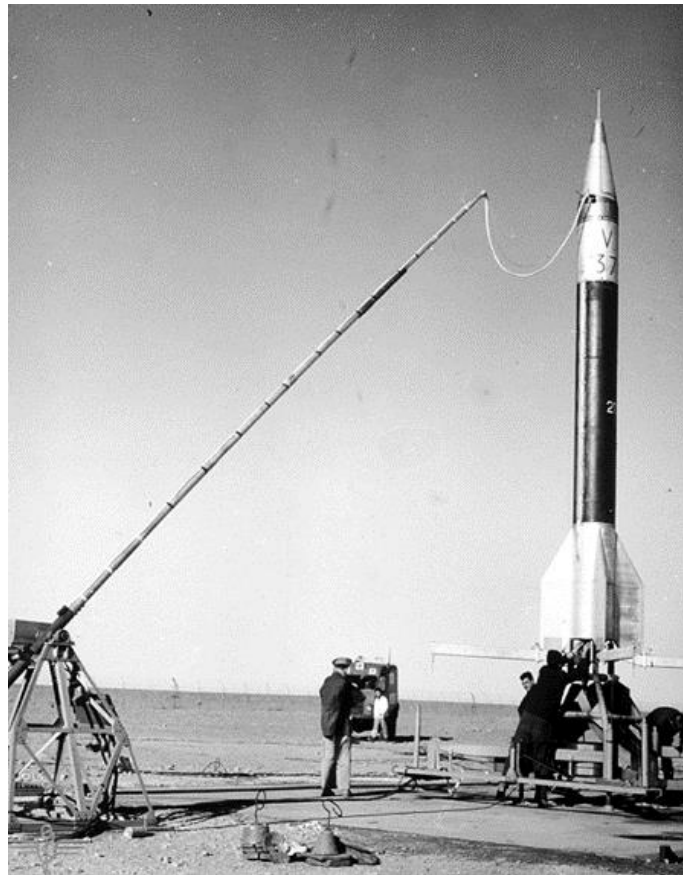
¹ Philippe Varnoteaux, *L'aventure spatiale...*, *op cit.*

² [https://www.universalis.fr/encyclopedie/espace-conquete-de-l-des-pionniers-a-la-fin-de-la-guerre-froide/...](https://www.universalis.fr/encyclopedie/espace-conquete-de-l-des-pionniers-a-la-fin-de-la-guerre-froide/), *op cit.*

³ Jean-Louis Moineau, *Les premiers pas...*, *op cit.*

⁴ Philippe Varnoteaux, *L'aventure spatiale...*, *op cit.*

de tir, les engins atteignent une altitude de 1800 mètres, mais les récupérations ne sont pas toutes des succès. Les 25 et 28 janvier 1952, c'est la Véronique-P6 qui est testée au Cardonnet. Cette version mesure 6.30 mètres, et elle permet de tester la résistance de plusieurs éléments et le comportement général de la fusée. Les Véronique-P6 valident le système de guidage et le rapport poids/propulsion pour une future version, la Véronique-N (Normale ou Nominale)¹.



Une fusée Véronique sur son pas de tir à Hammaguir en 1959
© CNES

La Véronique-N passe de 5.80 mètres à 6.50 mètres de longueur, elle pèse de plus 1.1 tonnes. A partir de cette version, les Véronique sont tirées depuis le CIEES d'Hammaguir, car les champs de tir y offrent plus de sécurité. Un premier essai est réalisé le 20 mai 1952 et ne donne pas satisfaction. En effet, Véronique-N1 n'atteint que 19.3 kilomètres d'altitude, alors qu'il était prévu qu'elle monte à 65 kilomètres. De plus après être retombé quelque part dans le désert, l'engin n'est pas retrouvé. Un deuxième essai est effectué dès le lendemain et se conclut là encore par un échec. Véronique-N2 se brise à

¹ Philippe Varnoteaux, *L'aventure spatiale...*, op cit.

quatorze kilomètres d'altitude, à cause d'une fissure provoquée par un problème de propulsion. Un autre tir a lieu le 22 mai, et c'est cette fois un succès¹.

Seulement, les essais suivants se concluent presque tous par un échec. Ainsi, les Véronique-N4, N5, N6, N7, N8, N9 et N11 ne donnent pas satisfaction. Les échecs de la version N sont imputés à l'instabilité de la propulsion. Le problème est résolu par l'équipe de l'ingénieur Corbeau, qui choisit de remplacer dans le mélange de propergols le kérosène par de l'essence de térébenthine. En effet, le kérosène est jugé trop instable. Dans le but d'augmenter les performances des engins, l'équipe de Corbeau décide également d'allonger la capacité de 6.50 mètres à 7.30 mètres, sans pour autant modifier la structure des fusées. Les injecteurs subissent aussi une amélioration. Ces ajustements permettent de prolonger la durée du vol balistique. Ainsi une dernière Véronique-N, la N10 qui n'avait pas encore été employée, atteint 70 kilomètres d'altitude en emportant une charge utile de soixante kilogrammes. Même si cela reste une belle performance, les ingénieurs se rendent vite comptes qu'une altitude de 70 kilomètres est insuffisante pour effectuer des sondages intéressants dans l'atmosphère². Qu'importe, la France est en 1952 aux portes de l'Espace, et les ingénieurs français ont entre leurs mains la fusée qui lance véritablement le programme spatial français : Véronique.

¹ Philippe Varnoteaux, *L'aventure spatiale...*, *op cit.*

² [https://www.universalis.fr/encyclopedie/espace-conquete-de-l-des-pionniers-a-la-fin-de-la-guerre-froide/...](https://www.universalis.fr/encyclopedie/espace-conquete-de-l-des-pionniers-a-la-fin-de-la-guerre-froide/), *op cit.*

Conclusion

En 1952, la France demeure loin derrière les Etats-Unis et l'URSS du point de vue spatial. Les deux grandes puissances alliées ont déjà atteint l'Espace avec les engins développés avec l'aide des ingénieurs allemands qu'ils ont récupéré. Et les progrès spatiaux s'accélérent dans les décennies qui suivent avec les premiers satellites artificiels, les premiers êtres humains dans l'Espace, et l'apothéose avec les premiers pas de l'Homme sur la Lune en 1969.

Pourtant les Français ont fait de grands progrès depuis la fin de la Seconde guerre mondiale. Plusieurs missiles et fusées ont été mis au point, des structures ont été créées pour mener toutes ces études. Le programme spatial français n'existe toujours pas officiellement en France, il faut attendre les années 1960 pour que le président De Gaulle ordonne la création d'un tel programme. Il est donc lancé avec la création le 19 décembre 1961 du Centre national d'études spatiales (CNES), ce qui permet d'avoir un véritable organe de coordination des recherches spatiales et donc en astronautique¹. L'objectif premier du CNES est de faire de la France la troisième puissance spatiale, derrière les intouchables Etats-Unis et URSS.

Ce programme spatial français est né grâce à la volonté de pionniers français, qui ont beaucoup apporté à l'aéronautique française et même mondiale dès le début du XX^e siècle. Et ce malgré le manque de moyens financiers, matériels et humains. Des pionniers comme Robert-Esnault-Pelterie, Jean-Jacques Barré et Louis Damblanc. Esnault-Pelterie n'a pas le bonheur de lancer sa propre fusée mais il a activement œuvré dans la maîtrise du moteur-fusée, ainsi que l'idée de créer une force de dissuasion. A partir de 1945, il est reconnu pour ses travaux puisqu'il est contacté afin de participer aux travaux du CEPA et du LRBA. Mais il doit refuser, fatigué².

Cependant, il continue de donner des conférences sur des sujets astronautiques. Le 4 octobre 1957, il a la chance de voir se réaliser une de ses prédictions, après celle de la création de missiles armés : la mise en orbite de Spoutnik, le premier satellite artificiel de la Terre. Il décède peu de temps après, le 6 décembre 1957. Malgré le manque de résultats, notamment le tir d'une fusée, Esnault-Pelterie peut à juste titre être considéré comme l'un des pères de l'aéronautique. Il obtient une reconnaissance posthume, un cratère de 79

¹ Centre national d'études spatiales, *Journal officiel de la République française*, 19/12/1961.

² <http://www.avionslegendaires.net/biographie/robert-esnault-pelterie/2/...>, *op cit*.

kilomètres de diamètre de la face cachée de la Lune est baptisé à son nom¹, et en 1966, Ananoff obtient qu'une rue de Paris soit renommée rue Robert Esnault-Pelterie².

Pour Barré, 1952 est une date fatidique. Son programme EOLE est arrêté et à partir de là, il ne conçoit et n'effectue plus de tirs de fusées. Sa carrière dans l'astronautique se poursuit tout de même. Toujours passionné par le sujet, il assiste par exemple au Congrès international d'astronautique de 1956 à Rome. La même année, il est nommé vice-président de la Société française d'astronautique. Barré poursuit également des études théoriques sur la propulsion nucléaire. A l'image de son mentor Esnault-Pelterie, il reçoit également une certaine reconnaissance. Il est nommé chevalier de la Légion d'honneur en 1948 et est promu officier en 1958³.

La même année, il reçoit un prix de la part de l'Académie des sciences pour l'ensemble de ses travaux sur l'astronautique et les engins qu'il a conçu. Admis dans la réserve en 1960, Barré prend le rôle d'ingénieur-conseiller auprès de la SNECMA et de la Société d'étude et de réalisation d'engins balistiques (SEREB), créée en 1959⁴. Il continue d'étudier les propergols. En 1961, il écrit que la tendance actuelle est peu favorable aux propergols liquides en ce qui concerne les fusées militaires, en raison des récents progrès des poudres pour engins autopropulsés. Des progrès qui ont donc revalorisé les propergols solides dont la commodité d'emploi pour les militaires est considérable. Leur stockage est plus facile et plus sûr, et surtout les engins sont tout de suite prêts à l'emploi⁵.

Cependant, il note que du point de vue spatial, les délais de préparation des engins ne constituent pas une gêne rédhibitoire. Les propergols liquides sont donc plus adaptés pour les engins spatiaux car ils offrent de meilleures performances que les propergols solides dans le domaine spatial. C'est ainsi que les grands lanceurs spatiaux fonctionnent principalement aux propergols liquides. Barré continue d'ailleurs de militer pour l'oxygène liquide, par exemple utilisé pour la fusée Semiorka qui a placé Spoutnik en orbite, et qui est toujours employé pour faire fonctionner Ariane 5⁶. Barré a donc activement œuvré pour l'astronautique. L'ingénieur Robert Gibrat déclare à son sujet « *une très belle carrière, donc,*

¹ <http://www.avionslegendaires.net/biographie/robert-esnault-pelterie/2/...>, *op cit.*

² Pierre-François Mourieux et Philippe Varnoteaux, *Alexandre Ananoff...*, *op cit.*

³ « L'ingénieur militaire général Jean-Jacques Barré (1901-1978) »..., *op cit.*

⁴ *Ibid.*

⁵ Rapport de Jean-Jacques Barré, ingénieur militaire général des fabrications d'armement, « Historique des études »..., *op cit.*

⁶ *Ibid.*

d'un chercheur obstiné qui, tout au long de sa vie, a su poursuivre et réaliser ses rêves de jeunesse¹ ».

Les travaux des pionniers français, en plus de constituer la base du programme spatial français, sont toujours utilisés aujourd'hui dans le monde entier. Notamment le concept de séparation des étages de Louis Damblanc. Alors que ses brevets ont été saisis par les Américains après la défaite de 1940, l'ingénieur doit attendre la fin de la guerre et la signature de l'accord Blum-Byrnes en 1946 pour que le ministère des finances s'engage à lui verser une indemnité compensant l'utilisation par les autorités américaines de ses brevets jusqu'à leur date d'expiration le 12 avril 1955². Cette indemnité ne lui est versée qu'en 1965. Après la guerre, Damblanc se détourne de l'aéronautique et se consacre au domaine de l'image et des techniques associées, pour lesquels il dépose environ quatorze brevets de 1936 à 1952. Il retravaille aussi dans le domaine de l'aviation puisqu'il devient ingénieur à temps partiel à la SNECMA à partir de 1956. Il décède le 2 février 1969 à Levallois-Perret et est enterré à Fleurance, où il fut maire de 1927 à 1940. En guise de reconnaissance, une rue y porte son nom. Et sa maison natale à Lectour est signalée par une plaque apposée par la municipalité³.

Les Français ne sont pas seulement des pionniers de l'aéronautique et de la conquête spatiale, ils sont aussi des pionniers dans sa promotion et sa vulgarisation auprès du grand public. Un rôle incarné par Alexandre Ananoff, dont le principal succès est donc d'avoir organisé le premier Congrès international d'aéronautique en 1950. Après cela, Ananoff se montre très enthousiaste à propos des progrès réalisés dans le domaine spatial, avec la mise en orbite de Spoutnik, Gagarine le premier homme dans l'Espace et surtout la réalisation des premiers voyages spatiaux vers la Lune. Il est régulièrement invité à s'exprimer sur le sujet de l'aéronautique à l'ORTF ou à Paris-Match par exemple⁴.

Lors du quatorzième Congrès international d'aéronautique, la parole lui est pourtant refusée. Cependant Ananoff constate avec joie que le public qui vient assister au Congrès est de plus en plus nombreux chaque année et qu'il n'est pas seulement composé de simples curieux. C'est un public qui se fidélise. Ananoff a donc su remplir la mission qu'il s'était donné de rendre l'aéronautique accessible à tous. S'il a le plaisir de rencontrer Gagarine en

¹ « L'ingénieur militaire général Jean-Jacques Barré (1901-1978) »..., *op cit.*

² Henri Altaribo et Pierre Leoutre, Louis Damblanc..., *op cit.*

³ <http://www.3af.fr/article/culture/louis-damblanc-pere-des-fusees-etages-0...>, *op cit.*

⁴ Pierre-François Mourieux et Philippe Varnoteaux, *Alexandre Ananoff...*, *op cit.*

1963, il finit pourtant par se tourner vers un domaine autre que l'astronautique. Il devient en effet expert en art et dessins du XVIII^e siècle. Il publie tout de même un dernier ouvrage sur l'astronautique en 1978 : *Les mémoires d'un astronaute ou l'astronautique française*. Son rôle dans l'astronautique française est largement reconnu en France, le spationaute Thomas Pesquet lui rend d'ailleurs hommage en 2012 à bord de l'A300 ZERO-G¹.

Si la France a pu se doter d'un programme spatial, c'est aussi grâce aux efforts d'Henri Moureu. En 1956, il est élu membre de la Société française d'astronautique, dont il est président de 1964 à 1965². Pour ses efforts, il est décoré de la Légion d'honneur. En 1970, le professeur Dubois propose par trois fois que Moureu soit promu grand commandeur de la Légion d'honneur pour services rendus à la France et son aide à la Défense nationale. Notamment pour la création du CEPA à laquelle il a largement contribué et pour ses thèses qui préfigurent la doctrine de la dissuasion³. Dans un discours, Maurice Papon déclare au sujet de Moureu « *mes prédécesseurs et moi-même n'avons cessé de trouver en vous l'homme de devoir, le technicien éprouvé prêt à donner le meilleur de lui-même pour le bien de tous*⁴ ». Moureu meurt le 14 juillet 1978 à Pau⁵.

Certains ingénieurs français sont aussi des précurseurs dans le domaine nucléaire, domaine rattaché à l'astronautique sur certains points. Pierre Auger notamment est un pionnier en la matière. A ce titre, il est chargé d'organiser la recherche spatiale en France, ce qui le conduit à devenir le président du CNES en 1962. La même année, il est l'un des fondateurs du Conseil européen de recherches spatiales (CERS et ESRO à l'internationale), une première ébauche de la future Agence spatiale européenne (ESA). Auger est directeur général de l'ESRO jusqu'en 1967⁶. La France participe donc activement à la mise en place d'une coopération spatiale européenne.

En 1952, la France dispose donc d'une fusée qui la rapproche toujours plus près de l'Espace, Véronique-N. Bien vite, cette version cède la place à Véronique-NA (Normale Allongée), fusée de 7.3 mètres et d'une masse de 1.4 tonnes, qui peut atteindre des altitudes

¹ Pierre-François Mourieux et Philippe Varnoteaux, *Alexandre Ananoff...*, *op cit.*

² Note de Roger Brard sur les titres scientifiques de Monsieur Henri Moureu du 12/06/1961..., *op cit.*

³ Lettre du professeur Dubois, directeur des recherches et moyens d'essais à Monsieur le ministre du développement industriel et scientifique de 1970..., *op cit.*

⁴ Discours de Maurice Papon, préfet de police, sur les mérites d'Henri Moureu. Archives du SHD, fonds déposé par Roland Hautefeuille, 1 K 898, AI Z 32605.

⁵ Note sur le décès d'Henri Moureu, « Décès du professeur Henri Moureu, qui sauva Paris des V2 allemands » du 17/07/1978. Archives du SHD, fonds déposé par Roland Hautefeuille, 1 K 898, AI Z 32605.

⁶ https://www.esa.int/fre/ESA_in_your_country/France/Les_grands_noms..., *op cit.*

plus élevées de l'ordre de 135 kilomètres avec une charge utile de soixante kilogrammes¹. La France atteint enfin les portes de l'Espace, ce qui permet aux ingénieurs français de tenter de nouvelles expériences. Ainsi le 18 octobre 1963, les ingénieurs du Centre d'études et de recherches de médecine aérospatiale (CERMA) utilisent une fusée Véronique pour faire faire un vol suborbital à une chatte nommée Félicette. L'expérience est un succès puisque l'animal en revient vivant et en bonne santé².

Après ce succès, d'autres versions de Véronique voient le jour, comme la Véronique-61, mesurant 9.5 mètres, d'une masse de 1.93 tonnes et capable de monter à 315 kilomètres d'altitude avec une charge utile de soixante kilogrammes. Une fusée dont le moteur peut développer une poussée de six tonnes³. Les fusées Véronique sont finalement employées jusqu'en 1970, date à laquelle la dernière Véronique décolle en Guyane depuis le Centre spatial guyanais (CSG).

Toujours déterminée à devenir la troisième puissance spatiale, la France obtient cette consécration lorsqu'avec son premier vrai lanceur, la Fusée Diamant, elle met en orbite son premier satellite artificiel, Astérix, le 26 novembre 1965⁴. Diamant est un lanceur créé par la SEREB. Il est l'héritier des fusées-sondes du LRBA, donc des Véronique. Cette première fusée Diamant mesure 18.9 mètres, a une masse de 18.4 tonnes et peut atteindre 500 kilomètres d'altitude avec une charge utile de 80 kilogrammes⁵. Les quatre premières Diamant sont lancées depuis le CIEES d'Hammaguir, qui demeure le lieu privilégié d'expérimentation en vol des fusées-sondes et donc des Diamant jusqu'à son abandon en juin 1967, conformément aux accord d'Evian⁶.

¹ Philippe Varnoteaux, *L'aventure spatiale...*, *op cit.*

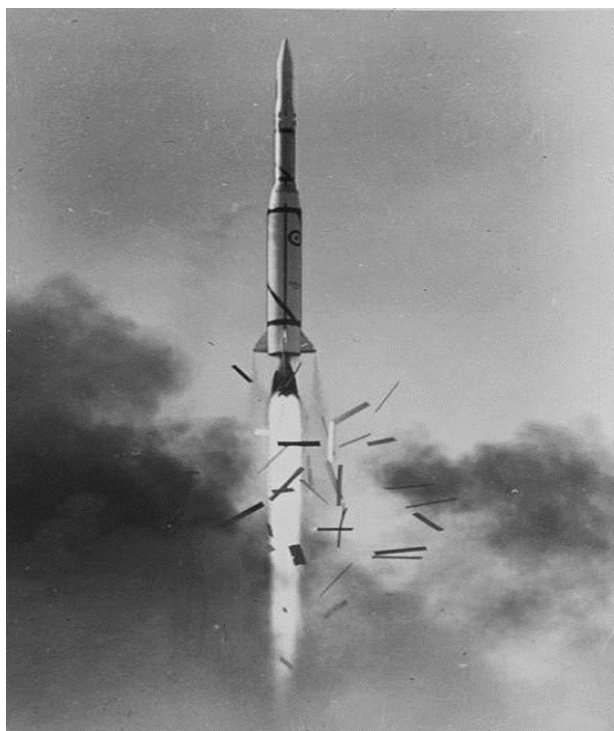
² <http://www.ina.fr/video/CAF93019883> 2018-03-17 13:53:05

³ http://www.ecpad.fr/wp-content/uploads/2011/02/france_espace.pdf..., *op cit.*

⁴ <https://cnes.fr/fr/2-cest-beau-la-techno/asterix-1er-satellite-francais> 2018-06-23 11:02:47

⁵ France Durand-De Jongh, *De la fusée Véronique au lanceur Ariane, une histoire d'hommes...*, *op cit.*

⁶ Jacques Blamont, *Les débuts de la recherche...*, *op cit.*



Premier lancement de la fusée Diamant-A le 26 novembre 1965 © CNES

Si la France s'est dotée d'un programme spatial et qu'elle est devenue la troisième puissance spatiale, elle ne le doit pas qu'à ses propres ingénieurs, techniciens et scientifiques. Elle le doit aussi aux nombreux Allemands recrutés à partir de la fin de la Seconde guerre mondiale. Sans l'apport allemand, le LRBA n'aurait peut-être pas connu un succès aussi rapide avec les Véronique. Le projet du président De Gaulle de faire de la France la troisième puissance mondiale aurait été plus compliqué à mettre en œuvre. Et il n'y aurait pas eu de premier décollage pour Ariane 1 à Kourou en 1979. Le fait que les Allemands aient contribué au succès français dans le domaine spatial a longtemps été caché pour ne pas blesser l'orgueil national¹.

Une autre raison de ce secret, c'est le fait que des engins comme les Véronique sont inspirés des travaux allemands sur le V2, engin fabriqué au camp de Dora, où des milliers de déportés durent donner leur vie pour les fabriquer à la chaîne. Le V2 a permis de construire plus tard des engins capables d'atteindre l'Espace, mais pour obtenir ce succès, « *il ne manquera que la vie des déportés qui auront été contraints à construire les premiers pas d'une conquête de l'Espace qui a commencé par une défaite de l'Homme*² ». Toujours

¹ Vincent Nouzille et Oliver Huwart, *Comment la France...*, *op cit.*

² André Sellier, *Histoire du camp...*, *op cit.*

au sujet du camp de Dora, l'ancien résistant Robert Carrière déclare dans une interview en 2013 pour France Inter « *la conquête de l'Espace est partie de là, et ça représente des milliers et des milliers de morts*¹ ».

Les Allemands qui travaillent en France dans le domaine spatial apportent cependant beaucoup au programme spatial naissant. Ceux qui restent à Vernon sont intégrés en 1971 à la Société européenne de propulsion (SEP), notamment Bringer et son équipe. Bringer qui est d'ailleurs l'exemple type de l'ingénieur allemand au service de la France, qui s'intègre et contribue à l'essor du programme spatial français. Il met en effet au point le moteur-fusée Viking, moteur qui équipe Ariane 1, 2, 3 et 4². Bringer est finalement naturalisé français sous le nom d'Henri Bringer. Il reçoit par la suite des récompenses forfaitaires au titre de ses inventions, qui demeurent la propriété de l'Etat français³.

Ainsi, le programme spatial français n'est pas parti de rien. Les premières études et théories sont réalisées dès la fin du XIX^e siècle. Malgré le retard qui s'accroît rapidement avec l'Allemagne, les pionniers français inventent de nombreuses théories et concepts dont certains sont toujours employés. Il était aussi important de montrer que les Français n'ont pas réalisé toutes leurs prouesses seuls, ils ont eu l'aide volontaire ou involontaire d'Allemands qui ont apporté leurs connaissances et leur savoir-faire dans cette aventure spatiale française. Aspect qui constitue la part d'obscurité de l'astronautique française. Les travaux réalisés en astronautique dans la première moitié du XX^e siècle ont donc bien permis de lancer le programme spatial français.

¹ <https://www.franceinter.fr/emissions/comme-nous-parle/comme-nous-parle-28-fevrier-2013> 2016-10-03 11:46:15

² André Sellier, *Histoire du camp...*, *op cit.*

³ Vincent Nouzille et Oliver Huwart, *Comment la France...*, *op cit.*

Bibliographie :

ANANOFF, Alexandre, *Des premières fusées au V2 : quelles seront les utilisations pacifiques des fusées*, Paris, Elzévir, 1947, 63 p, coll. Problèmes n°14.

ANANOFF, Alexandre, *L'Astronautique*, Librairie Arthème Fayard, 1950, coll. Savoir.

ANANOFF, Alexandre, *Navigation interplanétaire : allons-nous voir les premiers voyages interaeraux*, Paris, Elzévir, 1946, 63 p, coll. Problèmes, n°6.

BLAMONT, Jacques, *Les débuts de la recherche spatiale française : au temps des fusées-sondes*, E-dite, 2007, 400 p.

CARLIER, Claude et GILLI, Marcel, *Les trente premières années du CNES*, La Documentation française, 1994, 352 p.

COLLECTIF D'AUTEURS, *La grande aventure de l'espace tome I*, Rombaldi, 1967.

DE GAULLE, Charles, *Lettres, notes et carnets (1945-1951)*, Plon, 1984, 553 p.

DURAND-DE JONGH, France, *De la fusée Véronique au lanceur Ariane, une histoire d'hommes 1945-1979*, Paris, Stock, 1998, 283 p.

ESNAULT-PELTERIE, Robert, *L'Astronautique*, Paris, Imprimerie A. Lahure, 1930, 248 p.

GATLAND, Kenneth, *Encyclopédie visuelle de l'exploration de l'espace*, Bordas, 1982, 286 p, coll. Encyclopédie visuelle.

HALL, R. Cargill, *History of rocketry and astronautics : proceedings of the third through the sixth History Symposia of the International Academy of Astronautics*, San Diego, Univelt, 1986.

KOELLE, Dietrich, *Partir pour l'espace, des premières fusées à Hermès*, Hatier, 1992, 118 p.

KOHLER, Pierre et GERMAIN, Jean-René, *Von Braun contre Korolev, duel pour la conquête de l'espace*, Plon, 1994, 277 p, coll. Non Fiction.

MOINEAU, Jean-Luc, *Les premiers pas de l'aventure spatiale française 1959-1979*, Editions de l'Officine, 2015, 236 p.

MOURIEUX, Pierre-François et VARNOTEUX, Philippe, *Alexandre Ananoff, l'astronaute méconnu*, Paris, Ed2A, 2013, 227 p, coll. Histoire.

NOUZILLE, Vincent et HUWART, Olivier, « Comment la France a recruté les savants de Hitler 1945-1950 », *L'Express*, 1999, n°2498, p. 123-140.

- OFFENSTADT, Nicolas, *L'historiographie*, Paris, Presses universitaires de France – Humensis, 2017, 127 p.
- POIRRIER, Philippe, *Introduction à l'historiographie*, Paris, Belin, 2009, 194 p, coll. Belin atouts, Histoire.
- SELLIER, André, *Histoire du camp de Dora*, Paris, La Découverte, 2001, 540 p, coll. La Découverte-poche Sciences humaines et sociales.
- VARNOTEAUX, Philippe, *L'aventure spatiale française, de 1945 à la naissance d'Ariane*, Paris, Nouveau monde, 2015, 432 p, coll. Histoire des sciences.
- VARNOTEAUX, Philippe, « La naissance de la politique spatiale française », *Vingtième siècle, revue d'histoire*, 2003, n°77.
- VARNOTEAUX, Philippe, « La part du CNRS dans les débuts de la conquête de l'espace 1945-1965 », *La revue pour l'histoire du CNRS*, 2002, n°6.
- VERSINS, Pierre, *Encyclopédie de l'Utopie, des voyages extraordinaires et de la science-fiction*, L'Age d'Homme, 2000, 1037 p, coll. L'Age d'Homme.
- VILLAIN, Jacques, *Jean-Jacques Barré, pionnier français des fusées et de l'aéronautique*, 1993.
- VILLAIN, Jacques, *L'aventure millénaire des fusées*, Paris, Presses Pocket, 1993, 127 p, coll. Presses Pocket, n°3620.
- VILLAIN, Jacques, *La France a-t-elle hérité de Peenemünde*, Paris, Publication SEP, 1992.
- VILLAIN, Jacques et TORRES, Félix, *Robert Esnault-Pelterie, du ciel aux étoiles, un génie solitaire*, Confluences, 2007, 414 p.

Les sources :

Archives militaires du Service historique de la Défense à Vincennes, particulièrement le fonds déposé par Mr. Roland Hautefeuille et le fonds du CEPA.

Archives départementales de la Haute-Garonne, avec le fonds déposé par Madame P. Contenson à l'Académie de l'Air et de l'Espace, concernant les travaux de Robert Esnault-Pelterie.

Les livres écrits par les pionniers eux-mêmes, à savoir *Navigation interplanétaire : allons-nous voir les premiers voyages interaeraux*, *L'Astronautique* et *Des premières fusées au V2 : quelles seront les utilisations pacifiques des fusées* d'Alexandre Ananoff, et *L'Astronautique* de Robert Esnault-Pelterie.

La transcription de la conférence donnée par Esnault-Pelterie en 1912, *Considérations sur les résultats d'un allégement indéfini des moteurs*. Extrait du Journal de Physique, fonds de Madame P. Contenson, Archives départementales de la Haute-Garonne.

Les articles de l'encyclopédie en ligne Universalis sur Tsiolkovski et Esnault-Pelterie. Egalement l'article d'Universalis *Conquête de l'espace – des pionniers à la fin de la guerre froide*.

Archives du Centre de documentation du musée de l'Air et de l'Espace Bourget, avec notamment le fonds Ananoff.

Le site de l'ESA, et notamment son article sur les pionniers de l'aéronautique française.

PDF de l'adjudant-chef Daniel Dubois, documentaliste du fonds Actualités de l'ECPAD, *La France à la conquête de l'espace*.

L'article de Vincent Nouzille et Olivier Huwart dans la revue *L'Express*, *Comment la France a recruté les savants de Hitler*.

Article publié par Jean-Jacques Serra sur le site de l'AAF, *Louis Damblanc père des fusées à étages*.

Articles de journaux d'époque, avec *L'Aérophile*, *le Quotidien de Montmartre*, *l'Echo d'Alger*, *Hebdo*, *Science et Vie*.

Articles issus du site officiel du CNES.

Vidéos issues du site de l'INA.

Une interview sur France Inter d'un ancien résistant déporté au camp de Dora.

Archives de l'Observatoire de l'Espace du CNES à Paris, notamment le fonds consacré à Jean-Jacques Barré.

Article sur Louis Damblanc dans *Bulletin de la société archéologique, historique, littéraire et scientifique du Gers*.

Article sur Konstantion Tsiolkovski issu du site officiel de la NASA.

Site officiel du musée de Peenemünde.

Sigles et acronymes

AAAF (3AF) : Association aéronautique et astronautique de France

AEPA : Association pour l'études de problèmes avancés

AGI : Année de géophysique internationale

APX : Arsenal de Puteaux

CASDN : Comité d'action scientifique de la Défense nationale

CCSDN : Comité de coordination scientifique de la Défense nationale

CEA : Commission à l'énergie atomique

CEES : Centre d'essais des engins spéciaux

CEF : Centre d'étude de la fusée

CEPA : Centre d'études des projectiles autpropulsés

CERES : Centre d'études et de recherches des engins spéciaux

CERMA : Centre d'études et de recherches de médecine aérospatiale

CERS : Conseil européen de recherches spatiales

CERN : Centre européen de recherche nucléaire

CIEES : Centre interarmées d'essais d'engins spéciaux

CNES : Centre national d'études spatiales

CNET : Centre national d'études des télécommunications

CNRS : Centre national de la recherche scientifique

COMEIA : Comité militaire des engins autpropulsés

CPGV : Commission des poudres de guerre de Versailles

CSG : Centre spatial guyanais

DCA : Défense contre les avions

DCCAN : Direction centrale des constructions des armes navales

DEFA : Direction des études et fabrications d'armement

DTI : Direction technique et industrielle

DTIA : Direction technique et industrielle de l'aéronautique

EA : Engins autpropulsés

EAG : Etudes aérodynamiques guidage

EAP : Etudes aérodynamiques propulsion

ECP : Ecole centrale de pyrotechnie

EOLE : Engin fonctionnant à l'oxygène liquide et à l'éther de pétrole

ESA : European space agency (Agence spatiale européenne)

ESRO : European space research organization
ETV : Etablissement d'expérience technique de Versailles
GOPA : Groupe opérationnel des projectiles autopropulsés
IAT : Institut aérotechnique
IEG : Institut électrotechnique de Grenoble
IHTP : Institut d'Histoire du temps présent
LKA : Luftkriegs Academie
LPA : Laboratoire de physique de l'atmosphère
LRBA : Laboratoire de recherches balistiques et aérodynamiques
LRSL : Laboratoire des recherches techniques de Saint-Louis
MATRA : Mécanique aviation traction
ONERA : Office national d'études et de recherches aéronautiques
ONM : Office de météorologie nationale
PARCA : Projectile autopropulsé et radioguidé contre avions
SAGEM : Société pour l'application générale de l'électricité et de la mécanique
SAF : Société astronomique de France
SCEPR : Société civile d'études de la propulsion par réaction
SCMSA : Service central des marchés et de surveillance des approvisionnements
SEP : Société européenne de propulsion
SEPR : Société d'études de la propulsion par réaction
SEREB : Société d'études et de réalisations balistiques
SFENA : Société française d'équipements pour la navigation aérienne
SFIM : Société de fabrication d'instruments de mesure
SHD : Service historique de la défense
SNCASE : Société nationale de constructions aéronautiques du Sud-Est
SNECMA : Société nationale d'étude et de construction de moteurs d'aviation
STA : Section technique de l'artillerie
STAé : Section technique de l'aéronautique
TAP : Techniciens anciens de Peenemünde
UNESCO : United nations educational, scientific and cultural organization (Organisation des nations unies pour l'éducation, la science et la culture).
VfR : Verein für Raumschiffahrt (Association pour les voyages dans l'Espace)

Table des illustrations :

Illustration n°1 : portrait de Konstantin Tsiolkovski, page 9.

Illustration n°2 : le commandant Le Prieur présente au président de la République Raymond Poincaré son système de fusées montées sur avion, Verdun 1916, page 20.

Illustration n°3 : la fusée photographique de Maul et ses accessoires, page 21.

Illustration n°4 : portrait de Robert Esnault-Pelterie, page 25.

Illustration n°5 : création du comité du prix d'aéronautique REP-Hirsch, Paris, décembre 1927, page 35.

Illustration n°6 : carton d'invitation pour deux conférences d'Ananoff en 1935, page 37.

Illustration n°7 : Louis Damblanc présentant une de ses fusées, page 46.

Illustration n°8 : essai en vol d'une fusée Damblanc, page 51.

Illustration n°9 : entrée d'un tunnel de l'usine Mittelwerk du camp de Dora, Allemagne, avril-mai 1945, page 81.

Illustration n°10 : vue d'ensemble du point fixe de Vancia, près de Lyon, page 92.

Illustration n°11 : Moureu, Joliot-Curie et Chovin inspectent l'usine bétonnée de Watten, 2 octobre 1944, page 97.

Illustration n°12 : préparation d'une fusée EA-1941, page 121.

Illustration n°13 : une EA-1941 en vol, page 122.

Illustration n°14 : le CIEES d'Hammaguir, page 139.

Illustration n°15 : couverture du numéro du 11 mai 1950 du Journal de Tintin, page 158.

Illustration n°16 : affiche pour le premier Congrès international d'aéronautique, Paris 1950, page 159.

Illustration n°17 : une fusée EOLE mise en place sur son pas de tir, page 173.

Illustration n°18 : EOLE au décollage, page 177.

Illustration n°19 : préparation pour essai d'un engin PARCA, page 179.

Illustration n°20 : une fusée Véronique sur son pas de tir à Hammaguir en 1959, page 188.

Illustration n°21 : premier lancement de la fusée Diamant-A le 26 novembre 1965, page 196.

Table des matières :

REMERCIEMENTS.....	4
INTRODUCTION.....	5
PREMIERE PARTIE : NAISSANCE DE L'ASTRONAUTIQUE FRANÇAISE ET PREMIÈRES EXPÉRIMENTATIONS.....	17
CHAPITRE 1 : UNE NOUVELLE FORME DE SCIENCE, L'ASTRONAUTIQUE.....	18
I. Les premières expérimentations françaises.....	18
A. La fusée, engin remis à l'honneur.....	18
B. L'émergence de pionniers français et étrangers.....	22
II. Le rêve du voyage spatiale.....	26
A. Les premiers travaux d'Esnault-Pelterie.....	26
B. Le voyage spatiale, une rêve à concrétiser.....	30
C. Une volonté de vulgariser l'astronautique.....	33
CHAPITRE 2 : INNOVATIONS FRANÇAISES ET VISIONS D'AVENIR.....	40
I. De nouvelles contributions françaises.....	40
A. Autres études françaises en astronautique.....	40
B. L'astronautique dans le futur.....	42
II. Les travaux de Louis Damblanc.....	44
A. Un pionnier novateur.....	44
B. Les fusées à étages de Damblanc.....	48
CHAPITRE 3 : LA FUSÉE COMME ARME DE GUERRE.....	55
I. Les pionniers français au service de l'armée.....	55
A. Esnault-Pelterie et le potentiel militaire des fusées.....	55
B. Les travaux de Jean-Jacques Barré.....	62
II. De l'autre côté du Rhin.....	67
A. Structuration de l'astronautique allemande.....	67
B. Militarisation de l'astronautique allemande.....	71

DEUXIÈME PARTIE : FRANCE ET ALLEMAGNE, DESTINS CROISÉS.....	74
CHAPITRE 1 : L'ALLEMAGNE SUPPLANTE LA FRANCE.....	75
I. L'astronautique française paralysée.....	75
A. Les travaux français à l'arrêt.....	75
B. Ralentir les recherches allemandes : la bataille de l'eau lourde.....	77
II. L'astronautique allemande s'impose.....	80
A. Les principales installations allemandes.....	80
B. L'avènement du V2 et autres engins allemands.....	82
CHAPITRE 2 : MAINTENIR L'ASTRONAUTIQUE FRANÇAISE DURANT LA GUERRE ET LA RECONSTRUIRE.....	89
I. Les travaux de Barré sous l'occupation.....	89
II. Visite des installations allemandes.....	94
CHAPITRE 3 : UNE ASTRONAUTIQUE FRANÇAISE RELANCÉE.....	104
I. Reconstruction de l'astronautique française.....	104
A. Les premières structures.....	104
B. Les Allemands au service de l'astronautique française.....	110
II. Reprise des études astronautiques en France.....	120
A. Les nouvelles études de Barré.....	120
B. La reconstitution du V2.....	126
C. Autres projets de l'après-guerre.....	133
TROISIÈME PARTIE : VERS UN VÉRITABLE PROGRAMME SPATIAL FRANÇAIS.....	137
CHAPITRE 1 : DÉVELOPPEMENT DE L'ASTRONAUTIQUE FRANÇAISE.....	138
I. Une structuration qui se poursuit.....	138
A. De nouvelles structures et organisations.....	138
B. Etudes sur différents aspects de l'astronautique.....	145
II. Un rêve d'ailleurs toujours présent.....	151
A. Le voyage spatial bientôt possible.....	151
B. Continuer à vulgariser l'astronautique.....	155

CHAPITRE 2 : LES ÉTUDES POUR LE COMPTE DE L'ARMÉE.....	161
I. Vers l'abandon du V2.....	161
A. Poursuivre l'étude du V2 ?.....	161
B. Le Super-V2.....	170
II. Les missiles de l'armée.....	171
A. La fusée EOLE et autres versions.....	171
B. Autres engins autopropulsés de l'armée.....	178
 CHAPITRE 3 : L'AVÈNEMENT DES FUSÉES-SONDES FRANÇAISES.....	183
I. L'engin ONM.....	183
II. La fusée Véronique.....	185
 CONCLUSION.....	190
 BIBLIOGRAPHIE.....	198
 LES SOURCES.....	200
 SIGLES ET ACRONYMES.....	202
 TABLES DES ILLUSTRATIONS.....	204
 TABLE DES MATIÈRES.....	205