

*Comité pour l'Histoire de l'Armement Terrestre*

*période 1945 - 1975*

Tome 3

Volume 3.2

CENTRES DE RECHERCHE

LES AUTRES CENTRES DE RECHERCHES

LRBA, LRSL-ISL, CEG

Par l' Ingénieur Général de l'Armement FAYOLLE  
avec les Ingénieurs Généraux de l'Armement  
MARCHAL, BEDOURA et CROSNIER



## **LE LABORATOIRE DE RECHERCHES BALISTIQUES ET AERODYNAMIQUES DE VERNON**

### **L.R.B.A.**

#### **ORIGINE**

Vers la fin de la 2<sup>ème</sup> guerre mondiale, les Allemands ont mis en oeuvre des armes nouvelles, qui leur ont permis pendant quelque temps d'espérer la victoire.

Ce furent d'abord les V1 et les V2 destinés l'un et l'autre au bombardement lointain et spécialement à celui de Londres; puis apparurent une série de fusées RHEINTOCHTER, SCHMETTERLING, ENZIAN, etc. destinées à abattre les avions de bombardement alliés. Ces dernières ne furent jamais parfaitement au point.

Un effort technique sans précédent avait été effectué tant du côté allemand bombes volantes, avions fusées, sous-marins de poche, SCHNORKEL, moteur WALTE pour sous-marins en plongée, que du côté allié: radars, télécommunication, guerre électronique, forteresses volantes, hélicoptères, port artificiel, etc.

Il importait que l'armée française soit au courant de ces nouveautés et soit capable de réaliser et de servir les armes qu'elle choisirait.

Un des articles de la convention de l'armistice précisait que les brevets allemands perdraient toute garantie et tomberaient dans le domaine public.

Les alliés se précipitèrent non seulement pour dépouiller les documents saisis, non seulement pour occuper les laboratoires et les centres d'essais comme Brunswick, Peenemünde, l'île danoise de Bomholm, mais aussi attirer chez eux les savants et techniciens allemands.

La France, pour sa part, installa entre autre l'équipe Messerschmitt à Decize, les techniciens de la firme Mauser à Mulhouse, à Saint-Louis en Alsace, l'équipe du professeur Schardin et regroupa à Vernon des ingénieurs et des techniciens venant de Peenemünde et experts en propulsion ou en guidage et l'équipe du professeur Maybach constructeur de moteurs de chars. Les études de balistique n'avaient jamais été complètement interrompues en France même pendant l'occupation. Le Général Dubouloz avait regroupé à Lyon un certain nombre d'experts chargés d'approfondir les théories de l'aérodynamique, car on devinait déjà que la vieille balistique appuyée sur les statistiques et les tables de tir devait céder le pas à l'aérodynamique et aux mesures.

De nombreux rapports concernant le V1 et le V2 et les autres fusées furent transmis à l'EMA qui les fit parvenir à la DEFA. Deux hommes ont joué un rôle fondamental dans l'exploitation par la France de ces documents: le professeur

MOUREU<sup>3</sup> et l'ingénieur en Chef LAFARGUE. Ils surent tirer les leçons du conflit et les transcrire dans les faits. -L'impulsion d'origine fut donnée par le professeur MOUREU, l'effort fut poursuivi et approfondi par l'IMC LAFARGUE<sup>3</sup>.

Sans remonter aux circonstances qui motivèrent l'action du professeur MOUREU, des possibilités dont il disposait à l'époque et de la relative désorganisation des structures de commandement qui facilitait les initiatives, ce fut à partir de 1945 qu'il mit en place le GOPA (groupement opérationnel des projectiles auto propulsés) en coopération avec les services intéressés scientifiques et service des explosifs (2<sup>e</sup><sup>ème</sup> bureau) sous l'égide de l'Armée de Terre. C'est la DEFA dont les attributions viennent d'être fixées (Juin 1945) qui a vocation d'organiser les expérimentations. Elle soumet à l'EMA un programme précis, se réservant la responsabilité globale des études, recherches et réalisations. Il en résulte la création d'un Centre d'études des Projectiles Auto propulsés - le CEPA comprenant deux départements distincts

- le département scientifique avec des personnels civils et militaires,
- le département technique (militaire) rattaché à la DEFA.

Le Directeur du CEPA est le professeur MOUREU assisté d'un ingénieur militaire l'IMC LAFARGUE. Le CEPA fonctionnera ainsi dans des conditions mai définies jusqu'en 1947, sa direction étant assurée sur un pied d'égalité par MM. MOUREU et LAFARGUE.

Cette dualité de direction conduit petit à petit à la prépondérance de la DEFA qui venait de créer dès mars 1945 le Laboratoire de Recherches Balistiques et Aérodynamiques - LRBA - à Vemon en vue de rassembler sur un même site, en un centre unique, les moyens en personnel, dont 60 spécialistes allemands, les laboratoires et les moyens d'essais couvrant en coopération avec le CEPA l'ensemble des techniques pouvant conduire à des systèmes d'Armes.

La coopération DEFA-CEPA se relacha peu à peu, le LRBA, disposant de moyens de plus en plus importants, s'imposa.

En octobre 1947, la décision fut prise de poursuivre le développement des équipements: création à Colomb Béchar au nord du Sahara d'une base de lancement, achat d'une emprise dans la région de GRAMAT en vue de réaliser des stations d'essais au point fixe de gros propulseurs (voir chapitre 1. 2. 5.).

L'EMA décida de concentrer les efforts sur les fusées de DCA et remit à plus tard tout étude de fusées balistiques.

Le professeur MOUREU se retira alors de ce circuit pour se consacrer à d'autres tâches.  
Le CEPA sombra dans l'oubli.

Le Professeur MOUREU, ancien adjoint de Frédéric JOLIOT-CURIE à la chaire de chimie et de physique nucléaire au Collège de France était depuis 1945 directeur du laboratoire municipal de la ville de Paris où il disposait d'un service de recherches scientifiques et d'un service des explosifs.  
Cf. Revue Historique des Armées n°2- 1989 "Recherches scientifiques et politique militaire en France (1945-1958) par Arnaud TESSIER et Roland HAUTEFEUILLE.

## I - MISSIONS

Le cadre général de la mission du LRBA, à son origine, est défini dans le préambule ci-dessus.

Tous les espoirs de maîtriser l'étude des engins reposaient alors sur le LRBA dont on poursuivait activement l'équipement.

Malgré plusieurs projets plus ou moins bousculés par les événements consécutifs à la guerre, la France ne disposait que d'une très petite soufflerie supersonique. La décision fut prise d'en construire une nouvelle beaucoup plus importante. Cette décision d'élargir la mission de l'établissement justifia son nom de Laboratoire de Recherches balistiques et aérodynamiques.

Le laboratoire fut dès l'origine divisé en 3 départements

- la propulsion qui, avec l'aide des Allemands venant de Penemünde, devait créer des moteurs et des engins à propulsion biliquide,
- le guidage qui devait créer les mécanismes et moyens de transmissions permettant de piloter et guider les engins,
- l'aérodynamique essentiellement super ou hypersonique.

Les réalisations auxquelles s'attachèrent les trois départements furent: l'EOLE, puis la VERONIQUE, des points fixes de plus en plus grands, la VESTA, les moteurs VEXIN, VALOIS et pour finir le VIKING qui devait permettre l'envol d'ARIANE; le guidage du PARCA, le pilotage du 1er étage du DIAMANT, du 2ème étage de l'ELDO, l'étude avec la Thomson du radar Aquitaine, "l'étude d'auto-directeurs" la réalisation de nombreux appareils de pilotage par inertie, la soufflerie supersonique jusqu'à Mach 4, quelques souffleries à rafales, le tunnel de tir hyperbalistique.

Cette liste, forcément très incomplète, donne une idée de la diversité et de la fécondité du L.R.B.A.

Par la suite d'autres services furent créés

- un bureau d'études. Il existait au sein du département guidage, en 1958; il prit son autonomie avec fonctions accrues, mettait en oeuvre d'importantes machines à calculer analogiques ou digitales, établissait des projets d'engins nouveaux, guidait et suivait leur développement; un laboratoire inertiel testait la qualité des systèmes inertiels construits dans l'industrie; un laboratoire d'optique étudiait la faisabilité et la réalisation d'un satellite d'observation.

Le service propulsion fut coupé en deux pour séparer la partie études de la partie expérimentation.

Le L.R.B.A. ainsi charpenté fut affecté en 1967 à la toute jeune Direction Technique des Engins (DTEn) puis en 1971 coupé en deux pour séparer les activités industrielles confiées à la Société d'études des propulsions (SEP) des activités étatiques.

## II – IMPLANTATION DOMANIALE

Le L.R.B.A. est situé sur un plateau boisé de 545 ha surplombant la rive droite de la Seine et sur le territoire de la commune de Vernon. Une route de 2 km environ gravissant une forte pente mène du pont de la Seine aux bâtiments principaux de l'établissement. Ce territoire était une ancienne propriété de la société Brandt qui y avait avant la guerre **dégagé** un champ de tir pour la réception de ses mortiers. Il est nationalisé en 1936, un atelier de chargement des obus de mortier, puis une usine de fabrication de cartouches anti-aériennes de 13 mn, 2 y sont successivement construits. Les Allemands voulurent pendant l'occupation y implanter une usine de fabrication de roulements à billes. Cette usine fut détruite par un bombardement avant même d'avoir été mise en route.

Dès 1945, l'Ingénieur général Libessart fut chargé de créer un établissement capable d'étudier et de fabriquer les armes nouvelles propulsées par fusées. Après bien des hésitations l'emplacement du plateau de Vernon fut choisi. Le décret de création porte le N° 481089 et sa date est 17 mai 1946.

Pratiquement tout était à faire, les locaux existants étaient tout juste suffisants pour loger les équipes d'Allemands arrivées au début de 1947. Faute de bureaux, ils étaient souvent obligés de travailler dans leurs chambres.

L'eau et l'électricité arrivaient sur le plateau mais en quantité très insuffisante.. Il n'y avait dans la ville de Vernon aucune ressource pour loger le personnel. Il fallut entreprendre simultanément ateliers, laboratoires, points fixes et locaux d'habitation.

La DEFA s'engagera à fond dans la politique de logement de son personnel. Une jolie cité de villas avec jardins fut aménagée pour les cadres. Un mess hôtel, une cantine ouvrière furent édifiés, une épicerie s'établit sur le plateau. A un autre emplacement s'élevait la cité ouvrière. La construction et l'aménagement des locaux se poursuivit par des améliorations successives jusqu'au-delà du passage du L.R.B.A. de la DEFA à la DTEn. Dans une enceinte entourée par un mur continu, on construisit 2 vastes bâtiments pour loger bureaux et laboratoires. Des bâtiments anciens furent rénovés pour installer la direction, l'atelier, le garage.

Dans une deuxième enceinte, éloignée d'au moins 800 m, étaient peu à peu édifiés tous les bâtiments destinés à l'étude de la propulsion à liquide. On y trouvait: des points fixes pour réaliser des combustions sans envol, des bâtiments spécialisés pour le stockage et la manipulation des Ergols, des points fixes pour l'essai de chasse des liquides ou l'allumage en altitude. Le bâtiment le plus impressionnant était le PF 4 capable d'expérimenter un engin complet de 100 T de poussée.

Dans une troisième enceinte se trouvaient réunies les installations de l'aérodynamique

- une soufflerie supersonique à Mach 4 à flux continu, - des souffleries à rafales,
- un tunnel de tir hypersonique avec un canon lance maquettes à deux étages.

Pour permettre l'installation de la grande soufflerie, il fut nécessaire de tirer une ligne haute tension électrique depuis Porcheville et d'installer un poste de transformation de l'E.D.F. sur le terrain militaire afin de disposer de la puissance nécessaire à son fonctionnement (14 000 kw) pour la soufflerie C 4 seule. L'eau nécessaire fut amenée de puits creusés dans la vallée de la Seine, mais atteignant la couche profonde. Par la suite, avec le développement du L.R.B.A. les puits furent réaménagés et multipliés.

A tous ces bâtiments furent ajoutés lorsque le L.R.B.A. reçut de nouvelles missions:

- un laboratoire d'optique pour permettre l'étude des satellites d'observation; - un laboratoire inertiel pour l'étude des composants inertiels : gyroscopes, accéléromètres, tables d'inertie, etc.;
- des hangars de grandes dimensions pour le montage et la manoeuvre de grands engins: DIAMANT, ELDO, etc.

Dans une enceinte éloignée fut édifié un ensemble de laboratoires destinés à l'étude du fluor comme ergol propulsif.

### **III – ADMINISTRATION DU L.R.B.A**

Le 1er octobre 1946, sous la direction de l'ingénieur général Libessart, fut créé un grand L.R.B.A. dont les annexes étaient: Saint-Louis, Mulhouse, Versailles, La Briche, Vemon.

A cette époque, sur le plateau de Vernon, il y avait une équipe de forestiers dirigée par le commandant du matériel Caumartin, quelques bâtiments plus ou moins abîmés par la guerre et un dépôt d'objets très divers appelé: le Maroc.

A partir de 1947 arrivèrent les équipes d'ingénieurs allemands, l'ingénieur en chef Sorlet remplaça le commandant Caumartin, un service "Bâtiments et Moteurs" local fut créé avec M. Dufour, qui seconda le Général Pujol placé près de la direction centrale.

En 1949, peu avant le départ de l'ingénieur général Libessart en 2ème section le grand L.R.B.A. éclate en morceaux et Vernon devient autonome. L'I.M.C. Sorlet nommé Directeur eut pour mission d'organiser l'administration de l'établissement et de construire bâtiments techniques et logements.

La direction technique des études incombait à l'ingénieur en chef Lafargue (STIDEFA) dont 3 adjoints étaient chargés des 3 services techniques du L.R.B.A.:

- l'IMC Girardin aidé de l'IMC Guilbaud s'occupait du guidage avec, comme correspondant à Vemon, l'I.M.1 Collet Billon;
- l'IMC Barre s'occupait de propulsion, son correspondant était l'IM1 Corbeau puis l'IMC Sevestre à partir de 1954. L'IMC Carrière s'occupait d'aérodynamique;
- l'IMP Tesson, expert en aérodynamique, fut muté à Vernon en janvier 1947 avec mission d'organiser un service aérodynamique et d'y installer la grande soufflerie supersonique.

**En 1951**

L'IMC Carrière est muté à Vernon.

**En 1953**

L'IMC Girardin prend la direction du L.R.B.A., sa fonction englobant désormais aussi bien la technique que l'administration.

**En 1958**

L'étude du Parca est arrêté et la DEFA a quelques difficultés à alimenter en personnel, en crédits et en études son enfant. Le L.R.B.A. se cherche une vocation en participant aux travaux destinés à la force de frappe que dirige la SEREB. Il crée en son sein un nouveau service: le bureau d'études.

**En 1962**

L'IMC Marchai devient directeur; les travaux sont de plus en plus tournés vers les moteurs des engins de force de frappe, le propulseur des DIAMANTS A et B. du 2ème étage de l'ELDO.

**En 1965**

Est créée la Direction Technique des Engins. Le L.R.B.A. lui sera rattaché après quelques années d'existence. Ainsi, faute de s'être suffisamment intéressée aux engins, la DEFA perdait un établissement de pointe le L.R.B.A.

Notons, pour mémoire, qu'en 1971 le L.R.B.A. est coupé en deux pour séparer les activités industrielles et étatiques. La partie industrielle forme avec la SEPR une nouvelle société la SEP dont le directeur est l'ancien directeur de la Direction des Engins l'IGA Soufflet. L'IGA Bagaria reprend la partie étatique composée pour l'essentiel de la soufflerie du laboratoire inertiel et du tunnel de tir.

Au moment où il a été coupé en deux, le L.R.B.A. comprenait approximativement 1000 personnes dont 100 ingénieurs, 20 ingénieurs militaires et 15 ingénieurs des travaux.

**IV – LES ETUDES****MOTEURS DE CHARS**

Une équipe de 70 personnes dirigée par le docteur Maybach et son adjoint Von Kienlun fut transférée à Vernon en 1947. Elle venait de Friedrichshafen et était spécialisée dans l'étude et la construction des moteurs de chars. L'ICA Roland qui dirigeait le département auto chars du service technique de la DEFA pensait à l'époque à un char de 50 tonnes, il donna pour mission à l'équipe Maybach la réalisation de son moteur. L'IM Bedaux et M. Puisais assuraient la liaison entre les techniciens allemands et les services français.

Le premier prototype fut présenté en janvier 1948, et l'industrialisation se poursuivit.

Quand elle fut achevée, l'équipe Maybach se dispersa et disparut de Vernon.

## L' AERODYNAMIQUE

Le L.R.B.A. regroupa une importante partie des ingénieurs qui avaient poursuivi des travaux d'aérodynamique pendant la guerre.

Il fallut créer de toutes pièces les moyens nécessaires aux études modernes. Deux installations puissantes: une soufflerie supersonique en continu et un tunnel de tir hyperballistique furent réalisés. En outre 3 souffleries à rafales soufflant dans des caissons à vide furent mises en oeuvre.

La grande soufflerie supersonique en continu présentait les caractéristiques suivantes: les nombres de Mach peuvent varier de 1,3 à 4,5. La puissance maximale est de 14 000 kW et la pression amont peut atteindre 10 atmosphères. La section de la veine est de 40 cm x 40 cm. Une importante collection de maquettes montre la diversité des essais qui ont été réalisés. Pratiquement tous les missiles, tous les engins ont été essayé là, les avions Marcel Dassault ont souvent demandé des essais. Les gouvernes du Concorde et les entrées d'air du Concorde ont été mises au point dans la grande soufflerie. Sa description fait l'objet de l'annexe I.

## LE TUNNEL DE TIR

Il n'est pas possible de réaliser des souffleries permettant une simulation parfaite des phénomènes observés en vol à des vitesses hypersoniques, il serait donc très intéressant de pouvoir tirer des maquettes à ces vitesses, l'air restant au repos. Malheureusement les vitesses que peuvent atteindre les projectiles des canons à poudre sont limitées, inférieures à 2000 m/s, même si le poids de la maquette devient infime. Une grande partie de l'énergie fournie par la combustion de la poudre sert en effet à s'accélérer elle-même. Pour aller plus vite, il faut que la même énergie soit fournie à un gaz plus léger que la poudre. C'est ce qui est réalisé dans le canon à double étage. Ce canon lance des projectiles maquettes dans un tunnel de tir spécialement conçu et équipé de moyens de mesures et d'observation. C'est ainsi que furent étudiés, entre autres, les modèles de tête de rentrée de la force de frappe. La description du tunnel de tir fait l'objet de l'annexe II.

La grande soufflerie possédait un dispositif qui permettait de souffler à l'extérieur; il était prévu pour l'étude des stato-réacteurs. Malheureusement ces essais se révélèrent si bruyants qu'il fallut y renoncer et envoyer l'équipe chargée du stato-réacteur à l'ETVS. La grande soufflerie C 2 fut inaugurée solennellement le 6 avril . 1951.

Depuis a été installée à Vernon une soufflerie à chocs pour l'étude des phénomènes hypersoniques.

La grande soufflerie supersonique et le tunnel de tir sont encore aujourd'hui des installations de tout premier plan.



## LA PROPULSION A LIQUIDES

Dans l'enceinte réservée aux essais des propulseurs à liquide, on trouvait un premier ensemble où étaient groupés les bâtiments destinés au stockage et à la conservation des ergols.

Un peu à l'écart il y avait les points fixes (P.F.).

Le point PF 1 capable de recevoir des engins d'une poussée de 10 à 15 T fut mis en service dès 1949. L'engin EOLE à oxygène liquide ayant explosé, son étude fut abandonnée et le PF 1 accidenté fut provisoirement remplacé par le PF 3.

En 1961 fut mis en service le PF 2 qui pouvait recevoir normalement des engins d'une poussée de 25 T et exceptionnellement jusqu'à 50 T.

En 1963 ce fut le tour du PF 4 qui pouvait recevoir des engins d'une poussée de 100 T.

Le PF 5 fut spécialisé dans la chasse des ergols. Un système de trompe raréfiant l'air permettait de simuler le vol en altitude. Une grande sphère de 10 m de diamètre, dans laquelle on pouvait faire le vide, permettait de simuler l'allumage en altitude.

Sur chaque point fixe furent réalisés plusieurs centaines d'essais. Chacun d'eux était équipé d'un important réseau de mesures dont la complexité dépendait de l'état de la technologie de l'électronique au moment où était conçu et construit le banc. Or, la croissance de l'électronique étant exponentielle, on pouvait, pendant un tir au PF 4, effectuer 900 000 points de mesure.

Sur tous les points fixes l'engin était placé verticalement tuyère en bas et envoyait les gaz de combustion dans un cameau défecteur qui les projetait en avant loin des parties sensibles de l'installation.

Dans chaque ensemble il y avait des réservoirs capables d'alimenter les moteurs, ce qui avait lieu lors des premiers essais. Par la suite tout l'engin lui-même pouvait être fixé sur le bâti du point fixe et il était même possible de faire varier l'inclinaison de la tuyère pendant le tir.

Le L.R.B.A. a étudié et fabriqué successivement les fusées sondes suivantes

<b>Modèle</b>	<b>Poussée</b>	<b>Charge utile</b>	<b>Année de mise en service</b>
VERONIQUE N 4 tonnes		60 kg à 65 km	1952-1953
VERONIQUE NA 4 tonnes		50 kg à 135 km	1954
VERONIQUE AGI 4 tonnes		60 kg à 210 km	1959-1969
VERONIQUE 61 6 tonnes		60 kg à 300 km	1961-1973
VESTA	16 tonnes	1 T à 250 km	<b>1964</b>

Les fusées sondes n'étaient pas guidées ni pilotées; un système de câbles permettait de les diriger au départ pendant quelques dizaines de mètres.

Le L.R.B.A. a aussi étudié les moteurs propulseurs suivants

Modèle	Poussée	Durée	Affecté à:
VEXIN	28 T	90 s	Expérimentation de la force de frappe V 121 et DIAMANT A
VALOIS	35T	115 s	Diamant B
CORALIE	4 x 7 T		2ème étage de l'Eldo
VIKING	40 T puis 55 T		Moteur du 1er et 2ème étage de l'ARIANE

Il faut ajouter à cette liste déjà impressionnante 2 études qui n'ont pas abouti /

- L'EOLE alimenté par oxygène liquide et éther de pétrole.
- Le PARCA à liquides étudié en 2 versions: à membrane ou à piston de 2 T de poussée. Finalement la propulsion à poudre a été préférée.

Un micropropulseur à base d'hydrazine de quelques décagrammes de poussée a été mis au point. Il était destiné à l'orientation des satellites.

Au début les ergols étaient : acide nitrique + kérosène .

A partir de VERONIQUE AGI: acide nitrique + essence de térébenthine. On ajoutait au combustible un peu plus de fantol pour initier la combustion.

A partir du moteur VALOIS: N2 O4 + UDMH (diméthyle hydrazine dissymétrique) le mélange est hypergolique.

L'injection était obtenue par pressurisation des réservoirs. Les gaz créant la pression étaient obtenus par combustion d'un bloc de poudre sur les premiers modèles et par un petit moteur à 2 liquides à partir du VALOIS. Dans les 2 cas ils étaient refroidis par injection d'eau.

Sur le moteur VIKING l'injection était obtenue par une turbopompe sans engrenages entraînée par un petit moteur à liquides.

## RESULTATS DES TIRS

Engin ou Moteurs	Nombre de tirs	Nombre d'échecs	Dus à la propulsion	Observations
VERONIQUE N15	15	10		
VERONIQUE AG1	48	8	4	
VERONIQUE 61	19	2	0	fusées sonde
VESTA	5	0	0	
EMERAUDE				VE 121
moteur VEXIN	24	3	2	DIAMANT A
L17				
moteur VALOIS	4	0	0	DIAMANT B
ELDO				2ème étage de
moteur CORA	6	1	0	l'ELDO
VEXIN				n'a pas été tiré
ARIANE				du temps du IPRA

Les moteurs VEXIN, VALOIS et VIKING étaient montés sur des cardans qui permettent le pilotage, chacune des 4 tuyères de CORA pouvait s'incliner.

Sur tous les moteurs l'injection était réalisée par des trous placés sur un cylindre formant la paroi de la chambre de combustion. De petits orifices permettaient de créer un film ergol combustible qui protégeait la paroi de la tuyère. Comme tous les constructeurs d'engins à liquide le L.R.B.A. eut des difficultés pour surmonter l'effet POGGO. C'est une vibration résultant d'un couplage entre l'injection des liquides dans la chambre de combustion, l'accélération de l'engin et l'élasticité des parois. Le circuit d'arrivée des liquides dans la chambre a dû être plusieurs fois modifié.

Grâce aux études du L.R.B.A. l'Europe a pu trouver sa place parmi les fabricants de lanceurs.

## GUIDAGE

Le département "guidage" s'occupait du pilotage des engins, fonction qui consiste à maintenir ces derniers sur leur trajectoire théorique, et du guidage fonction qui consiste à les faire obéir aux ordres qu'on leur envoie ou qu'ils élaborent eux-mêmes.

En 1945 il n'y avait à la DEFA aucun spécialiste de ces questions, plus encore que pour la propulsion l'apport des ingénieurs allemands a été essentiel. Pour piloter un engin, il faut une table d'inertie, des vérins pour mouvoir les tuyères orientables et une chaîne électronique incluant dans ses calculs outre les indications de la table d'inertie les efforts aérodynamiques et la souplesse de la structure de l'engin. Pour guider un engin il faut un ou des radars pour situer et suivre la cible, et en outre, soit une antenne

pour envoyer les ordres élaborés au soi, soit à bord une tête de poursuite par auto-guidage pointée au départ sur la cible. De plus, l'engin devra avoir des dispositifs lui permettant d'incurver sa trajectoire.

En 1945, malgré de nombreux efforts, les Allemands n'avaient encore jamais réussi à guider convenablement leurs fusées anti-aériennes. Les principes de la théorie des asservissements n'étaient pas encore clairement dégagés et diffusés. L'électronique ignorait le transistor. L'hyperfréquence était un domaine encore très peu exploré.

Après quelques études sur les fusées à grande portée, il fut demandé au L.R.B.A. de réaliser une fusée sol-air, ce fut le PARCA (projectile autopropulsé radioguidé contre avions). Sa description fait l'objet de l'annexe III.

L'étude fut poursuivie de 1945 à 1958, l'APX construisit plus de 100 engins qui furent livrés au 701 GAG (groupe d'artillerie guidée) pour expérimentation.

Le L.R.B.A., l'APX, l'ETBS puis l'ETAG assurèrent de nombreuses campagnes d'abord en France puis au CIEES à Colomb-Béchar pour la mise au point des engins et de la chaîne de guidage.

En 1958, au moment de la création de la SEREB et à l'instigation du Général Crépin, l'étude fut définitivement arrêtée et la France ainsi que l'Italie, l'Allemagne et le Benelux construisirent sur brevets américains le HAWK.

Le L.R.B.A. ressentit durement cette décision et la plupart des ingénieurs allemands ou français, spécialistes d'hyperfréquences, quittèrent Vemon.

La technique PARCA pouvait-elle porter des fruits ? Il semble bien que oui, car la CFTH qui avait travaillé à l'élaboration de la chaîne de guidage, en accord avec le L.R.B.A., élaborera par la suite le CACTUS, engin anti-aérien vendu à l'Afrique du Sud, puis à la France sous le nom de CROTALE. De son côté, la DTCN étudia et mit au point un engin dont la technologie était voisine de celle du PARCA, le MASURCA.

Les équipes du L.R.B.A. ont réalisé avec la CFTH le radar AQUITAINE, radar de guidage qui devait constituer, avec la fusée PARCA, un système d'arme complet. Le Service d'Équipement des Champs de Tir (SECT) reprit en 1962, l'étude de l'AQUITAINE avec le LRBA et la Société THOMSON pour le transformer, compte tenu de sa grande précision, en radar de poursuite de champs de tir d'une classe très supérieure au radar SUPERCOTAL alors en usage.

On utilise actuellement sur les champs de tir des centres d'Essais le radar BRETAGNE et le radar BEARN dérivé de l'AQUITAINE.

Ces mêmes équipes ont réalisé le pilotage du VE 121 avec des vérins à embrayage magnétique, et celui du DIAMANT et de CORA, 2ème étage de l'ELDO, avec des vérins hydrauliques. La chaîne de commande des vérins a été mise au point à l'aide d'une installation particulière qui permettait de travailler avec les vérins réels.

Un atelier d'essais des composants des engins et spécialement des composants inertiels a été monté, il se développa et permit de tester les tables d'inertie construites par la SAGEM sous licence KEAFORTT. Deux centrifugeuses y furent installées ainsi que des tables vibrantes. Ceci forma l'embryon de ce qui est devenu le laboratoire inertiel pour l'ensemble des Directions Techniques de la DMA, à partir des années 70.

Le L.R.B.A. construisit les premiers paliers à air, puis quelques années plus tard, les paliers magnétiques actuellement commercialisés.

En outre un certain nombre de prototypes, qui n'ont pas eu de suite, ont été construits: citons, entre autres, une table d'inertie, une tête d'auto-poursuite et un prototype de satellite d'observation pour lequel avait été équipé un laboratoire d'optique spatial.

Bien évidemment de pareils travaux demandaient l'aide de puissantes machines à calculer, qui furent regroupés au sein d'un bureau d'études composé d'une cinquantaine d'ingénieurs et techniciens.

## **LE BUREAU D'ETUDES**

Il fallait au L.R.B.A. des moyens, d'une part pour calculer et optimiser les trajectoires des fusées à plusieurs étages, d'autre part pour déterminer les fonctions de transfert des asservissements de pilotage ou de guidage.

Or, s'il était possible de calculer la façon dont se comporte un engin sous les efforts de la propulsion ou de l'aérodynamique, il était très difficile d'affecter des coefficients corrects à certains engins mécaniques comme les vérins qui manoeuvrent les tuyères ou les moteurs hydrauliques. De là naquit l'idée de créer une simulation des boucles d'asservissements en incluant dans cette boucle une machine analogique, une digitale, et les organes réels qui ne se prêtaient pas au calcul. Il a fallu de plus étudier les remèdes à appliquer à l'effet POGGO et le comportement en orbite des satellites d'observation.

Le L.R.B.A. disposa donc de divers calculateurs qu'il prit soin de renouveler au fur et à mesure des progrès foudroyants de l'informatique.

La société SEA (qui fut par la suite une des sociétés fondatrices de la CII) construisit dans les années 50 SABA, ensemble de calcul analogique fonctionnant avec des lampes et une alimentation propre (30 m d'armoires électroniques placées côte à côte). SABA servit à établir le programme du PARCA. Couplé à un calculateur arithmétique créé également par SEA, il permettait de faire des simulations.

Cet ensemble fut remplacé en 1962 par le couple DOROTHEE PACE. DOROTHEE était une calculatrice digitale particulièrement rapide construite par SEA. PACE était un calculateur analogique fabriqué par EAI (société américaine).

Ce couple DOROTHEE PACE permit de faire de très bonnes simulations pour le pilotage du DIAMANT A et B et pour l'ELDO. Il fut remplacé en 1970 par un couple ayant de meilleures performances.

De plus le L.R.B.A. disposait d'ordinateurs renouvelés lorsque des modèles nouveaux apparaissaient

- en 1960 le GAMMA ET extension tambour, de BULL,
- au milieu des années 60 le GAMMA 30 S de BULL,
- en 1968, l'IBM 360/40 auquel on a adapté dès 70 une console de visualisation.

Les progrès de l'informatique sont illustrés par la comparaison suivante, le calcul d'une trajectoire prenant:

- 10 heures sur GAMMA ET
- 30 minutes sur GAMMA 30 S
- 2 minutes et demi sur IBM 360/40
- quelques secondes sur un ordinateur actuel

## V – ACQUIS TECHNIQUE

Evoluant dans un domaine nouveau, beaucoup d'études du L.R.B.A. n'ont pas abouti à des réalisations, néanmoins elles ont eu une grande utilité car:

1°/ Elles ont souvent ouvert des voies qui par la suite furent, ou pourront être, reprises fructueusement.

2°/ Elles ont formé des équipes susceptibles de conduire des recherches analogues dans des domaines voisins.

On peut dire que le PARCA a ouvert la voie du ROLAND et du CROTALE et que l'autodirecteur du MAGIC 1 s'inspira largement des études d'auto-directeurs faites par le L. R. B.A.

- du satellite d'observation dont l'étude est reprise aujourd'hui pour le satellite militaire et existe sous forme civile, le SPOT;
- de la table d'inertie prototype qui a été le point de départ du laboratoire inertiel.

Par contre, on peut citer parmi les acquis techniques non contestables :

- le moteur MAYBACH,
- la soufflerie supersonique, qui a entre autres permis de réaliser les entrées d'air des chasseurs de Marcel Dassault et du CONCORDE,
- le tunnel de tir hyper-balistique, indispensable pour l'étude du projectile de la force de frappe,
- les moteurs utilisant des liquides stockables,
- VERONIQUE, VESTA, VEXIN, EMERAUDE, VALOIS, VIKING,
- le laboratoire inertiel devenu le laboratoire inertiel de la DMA,
- les paliers à air et magnétiques,
- l'aide apportée à la SEA par la création de SABA et DOROTHEE,
- le radar AQUITAINE.

Pour survivre le L.R.B.A. a dû mener deux batailles fort rudes. Au début des années 1960 et avec l'aval de la SEREB il était question d'abandonner la technique de propulsion à liquide. L'insistance du L.R.B.A. a évité cette erreur.

Vers 1968, le L.R.B.A. a entrepris sur ses propres crédits l'étude des moteurs à turbopompe. Cette étude a donné naissance au moteur Viking qui équipe Ariane.

On peut affirmer que, sans les travaux du L.R.B.A., jamais aucun satellite français n'aurait été mis en orbite par des lanceurs français et l'Europe se serait contentée de faire placer ses propres satellites en orbite par des lanceurs américains (ou russe ou chinois, voire japonais).

La fusée ARIANE est fille du LRBA.