

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



NOTE GENERALE D'INTRODUCTION

Au milieu des années 80, quelques personnalités du monde industriel, ayant contribué par leur créativité au renouveau de l'armement en France à partir de 1945, exprimaient leur intérêt pour la rédaction de l'Histoire de ce renouveau et en faisaient part au Délégué Général pour l'Armement.

L'aboutissement des réflexions sur ce sujet fut la décision du 26 mai 1986 du Délégué Général pour l'Armement de créer un comité pour :

" L'Histoire de l'Armement Terrestre dans la période 1945-1975 "

La présidence de ce comité m'était confiée avec pour tâche initiale d'en déterminer la composition de manière à disposer des compétences nécessaires pour traiter dans les meilleures conditions l'ensemble des thèmes du plan de travail envisagé.

Ces thèmes, qui constituent la trame de rédaction de l'Histoire de l'Armement Terrestre, se répartissent en deux familles :

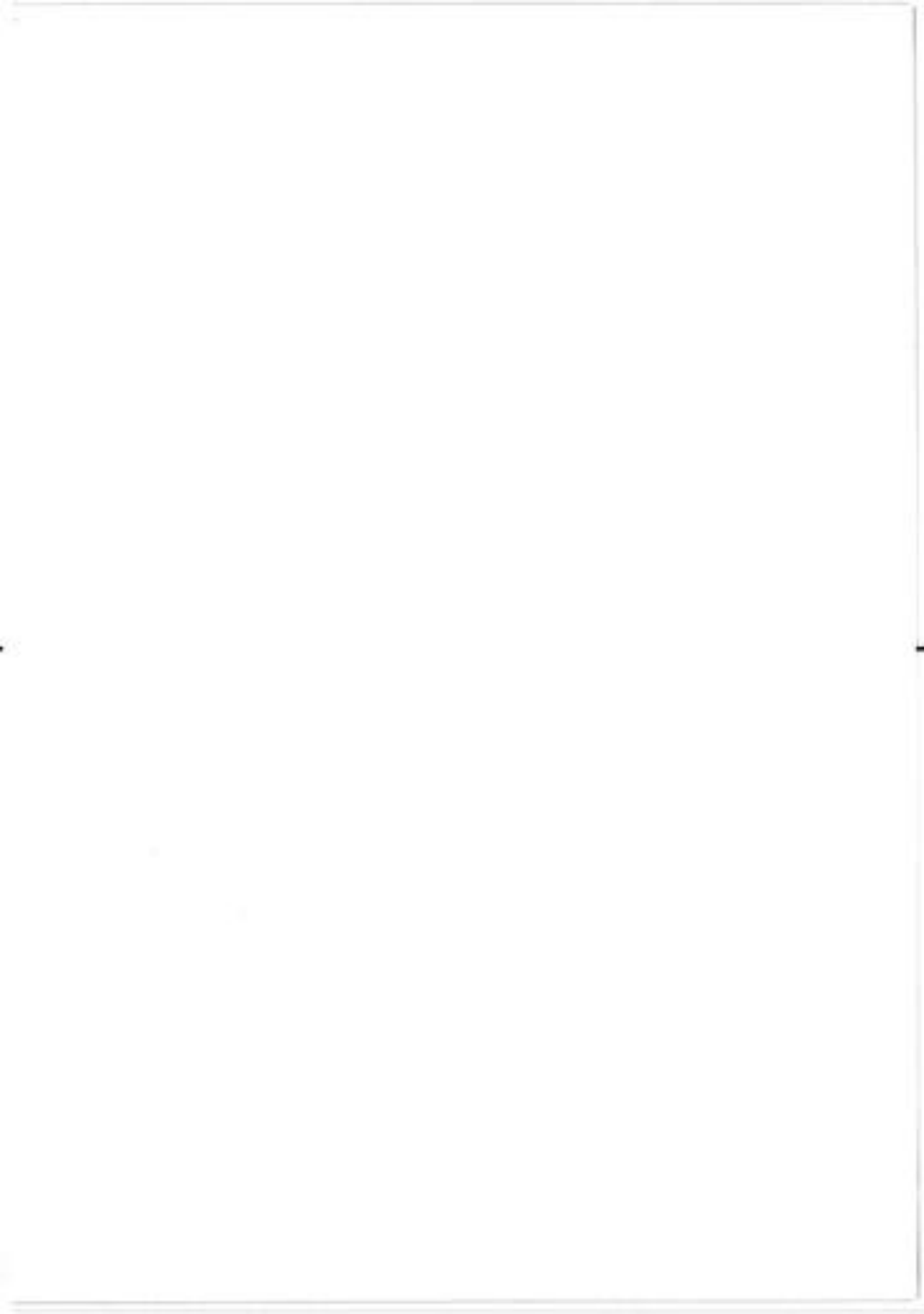
- ceux regroupés sous l'appellation "aspects généraux" traitant d'une part du rôle de l'Etat-major de l'Armée de Terre dans l'élaboration des programmes d'armement, d'autre part du rôle de la DEFA (puis DTAT), des problèmes d'organisation et de moyens, des centres de recherches, d'essais et d'évaluation, ainsi que des relations internationales, lesquelles se sont développées sous plusieurs formes après la Libération,

- ceux relatifs à l'équipement de l'Armée de Terre, traitant, après un rappel de la situation en 1945, des systèmes et matériels classés par finalité d'emploi, des équipements à utilisation diversifiée, et même de constituants - c'est le cas des poudres et explosifs - qui ont une incidence primordiale sur l'évolution des caractéristiques techniques et opérationnelles des armes et systèmes d'arme, quel que soit le milieu d'utilisation (Air, Mer, Terre).

Le traitement de chacun de ces thèmes a été confié à un des membres du comité, officier général pour les thèmes où l'Armée de Terre est directement impliquée, ingénieurs généraux de l'Armement et personnalités civiles éminentes de l'industrie d'armement pour les autres thèmes, chaque responsable disposant d'une totale autonomie pour constituer sa propre équipe de travail.

Chaque document - ouvrage ou article - a son propre style d'écriture, reflet de la personnalité de son rédacteur, mais, sur le fond, les différents documents ont des affinités qui tiennent aux recommandations faites dès le lancement des travaux :

- pour tous les thèmes, la genèse des affaires et les objectifs fixés, les idées créatrices, les initiatives prises, les résultats atteints doivent être mis en relief, lorsque cela est encore possible, les témoignages des personnalités ayant assumé des



responsabilités importantes durant la période considérée seront recherchés et des fiches biographiques seront établies pour des personnalités de haut rang ayant agi de manière déterminante au cours de leur carrière.

- pour les thèmes de la deuxième famille (systèmes, matériels, équipements...) la présentation doit être à dominante technique; on traitera non seulement des opérations programmées, que ces actions aient été menées à leur terme (adoption et production) ou stoppées (analyse des échecs) mais également des actions engagées à l'initiative de la Direction Technique dans cette période 1945-1975, dont certaines furent des réussites au plan national. On mentionnera également les initiatives prises concernant des adaptations d'équipements français à des matériels étrangers en vue de l'exportation.

Des disparités dans l'état d'avancement des documents ont conduit le comité à prévoir une diffusion par thème. Un ouvrage a été diffusé : il s'agit de celui relatif au thème "Propulsion - Détonation Pyrotechnie" dont l'IGA (CR) TOCHE avait la responsabilité ; comme il a été mentionné précédemment, cet ouvrage rédigé dans le cadre des activités du comité a un intérêt historique qui s'étend au delà du seul domaine de l'armement terrestre, et la diffusion en a été assurée par la Société Nationale des Poudres et Explosifs.

Au moment où va s'engager la diffusion des ouvrages et articles relatifs aux autres thèmes, j'adresse mes remerciements :

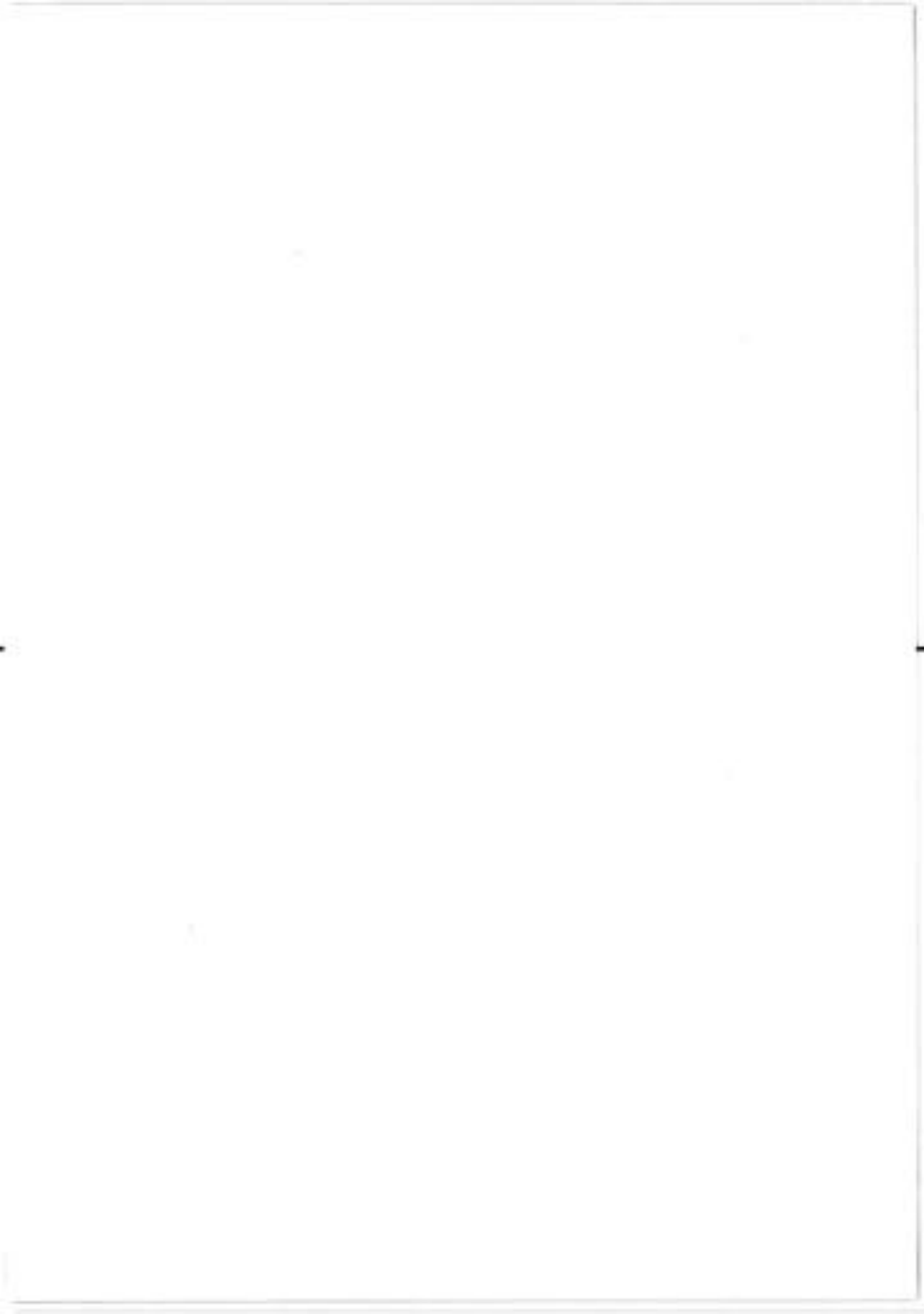
- aux membres du comité et aux équipes de rédaction qui ont participé bénévolement à ce travail, avec une pensée particulière pour les membres du comité qui nous ont quittés, le Général de Corps d'Armée GROSGEORGE, les Ingénieurs Généraux de l'Armement DEFRANCE, DERAMOND, COLLET-BILLON.

- aux organismes successifs qui ont assuré le soutien matériel du comité, à savoir le Centre des Hautes études de l'Armement avec la participation de la Direction Technique des Armements Terrestres, puis la Direction des Systèmes Terrestres et de l'Information depuis le printemps 1995,

- aux directeurs du Centre d'Archives de l'Armement de CHATELLERAULT, RICETA FURGET puis RICETA LACHEREZ, qui ont manifesté leur intérêt pour les travaux du comité en prenant des dispositions particulières pour faciliter la consultation des archives, et, récemment, en proposant au comité le soutien matériel du CAA pour l'édition et la diffusion des ouvrages et articles de l'Histoire de l'Armement Terrestre.

Saint-Cloud, décembre 1996
Le Président du Comité IGA MAREST



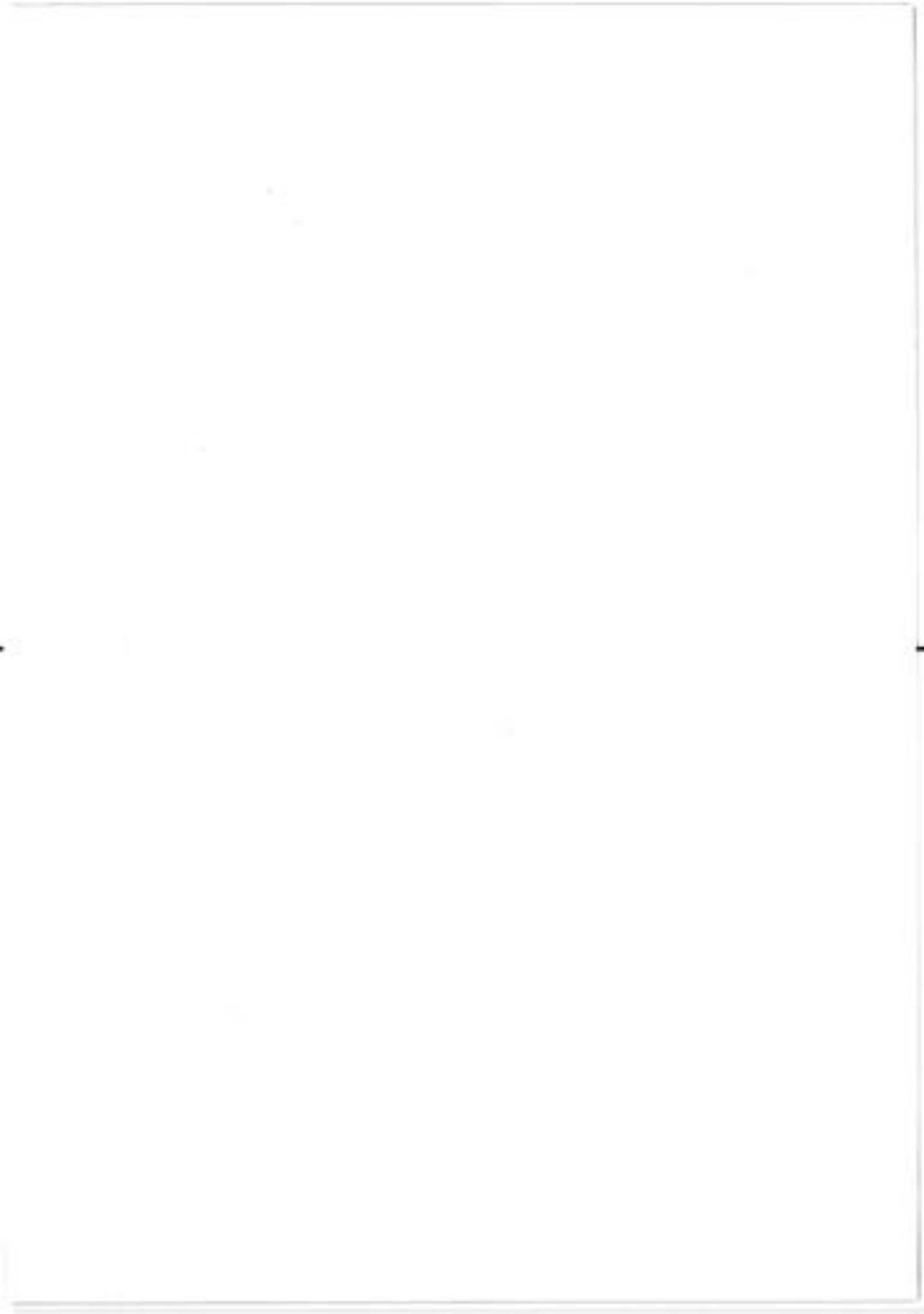


ANNEXE

LISTE DES PERSONNALITES AYANT PARTICIPE AUX TRAVAUX DU COMITE
POUR L'HISTOIRE DE L'ARMEMENT TERRESTRE
EN FIN DECEMBRE 1996.

(par ordre alphabétique).

IGA (2ème section) Assens
IGA (2ème section) Bienvenu
IGA (2ème section) Bodin
IGA (2ème section) Bongrain
IGA (2ème section) Bonnet
IGA (2ème section) Brindeau
IGA (2ème section) Cavé
IGA (2ème section) Dufoux
IGA (2ème section) Fayolle
IGA (2ème section) Givaudon
IGA (2ème section) Lesavre
IGA (2ème section) Marest
Général (2ème section) Petkovsek
Monsieur Précoul
IGA (2ème section) Ricaud
IGA (2ème section) Robineau
Monsieur Stauff
IGA (2ème section) Toche



COMITE POUR L'HISTOIRE DE L'ARMEMENT TERRESTRE

Plan général d'édition des travaux.

Première partie : Aspects généraux

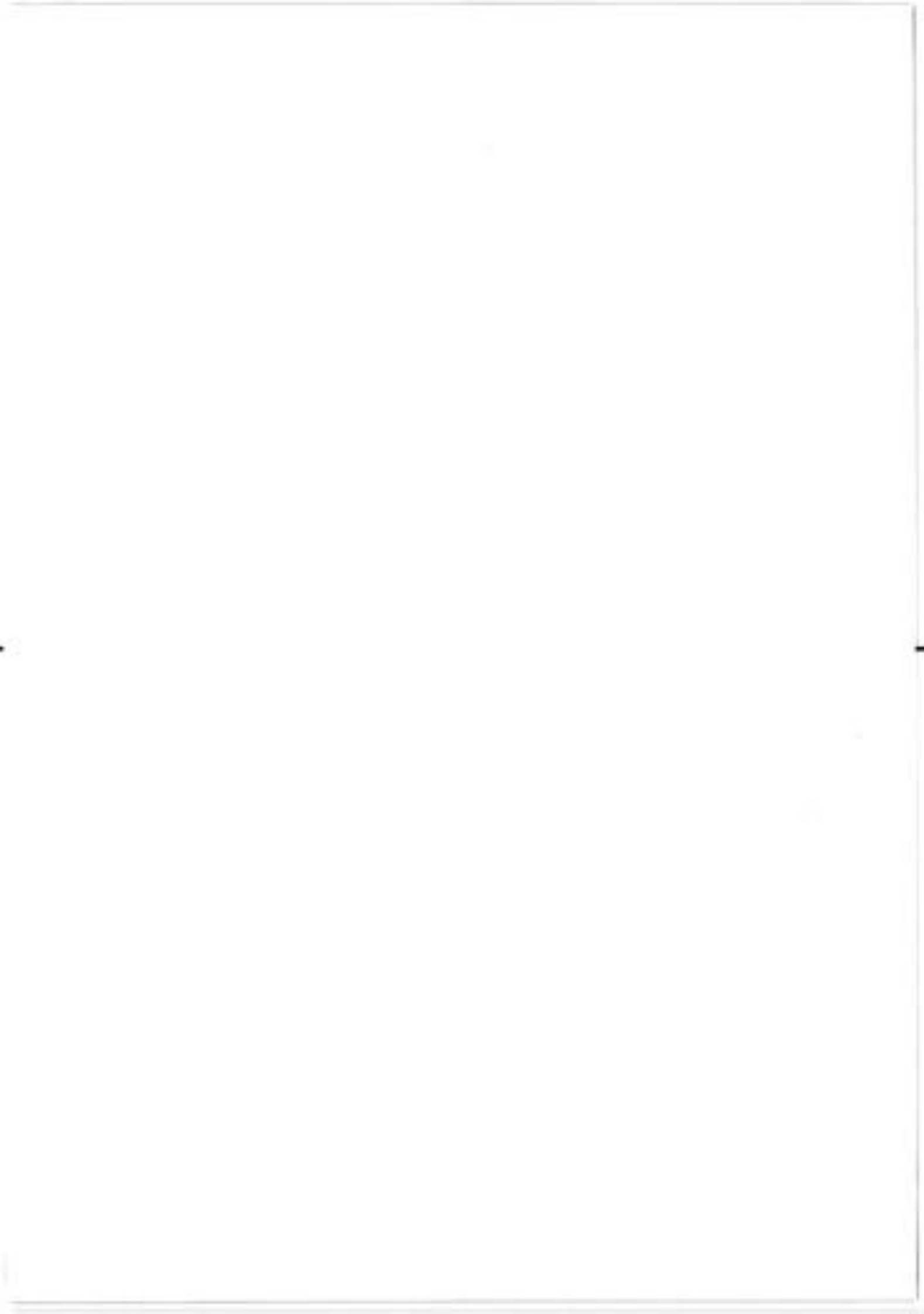
- Tome 1 « Rôle de l'Etat-major de l'Armée de Terre dans l'élaboration et la réalisation des programmes d'armement » suivi de
« Equipements de l'Armée de Terre en 1945 » par le Général Petkovsek
- Tome 2 « Organisation et moyens » par l'Ingénieur Général Dufoux (+)
- Tome 3 « Centres de Recherches » en deux volumes
Volume 3.1 « Le Laboratoire Central de l'Armement » par l'Ingénieur Général Cavé
Volume 3.2 « Les autres centres de recherche » par l'Ingénieur Général Fayolle.
- Tome 4 « Centres d'Essais et d'Evaluation » par l'Ingénieur Général Fayolle.
- Tome 5 « Relations Internationales » par l'Ingénieur Général Robineau.

Deuxième partie : Aspects techniques

- Tome 6 « Véhicules blindés et tactiques » par l'Ingénieur Général Bodin.
- Tome 7 « Matériel du Génie » par l'Ingénieur Général Brindeau, puis l'Ingénieur Général Mallet.
- Tome 8 « Armement de petit et moyen calibre » par l'Ingénieur Général Lesavre.
- Tome 9 « Armements de gros calibre » par l'Ingénieur Général Marest (+).
- Tome 10 « Armements antichars » par Monsieur Stauff.
- Tome 11 « Armements sol-air » par l'Ingénieur Général Collet-Billon (+) puis l'Ingénieur Général Bienvenu.
- Tome 12 « Détection, télécommunications, guerre électronique, systèmes informatique » par l'Ingénieur Général Assens.
- Tome 13 « Premiers travaux sur l'arme nucléaire » par l'Ingénieur Général Bonnet.
- Tome 14 « Défense NBC » par l'Ingénieur Général Ricaud.

Cette deuxième partie comprend en outre deux ouvrages :

- un ouvrage édité à part intitulé « Propulsion, détonation, pyrotechnie » par l'Ingénieur Général Toche,
- un ouvrage conservé en archives relatif à l'« Optique militaire » par l'Ingénieur Général Deramond (+) puis l'Ingénieur Général Glvaudon.



NOTE DE PRESENTATION

Lors de sa création en 1935, la DFA reçut les moyens nécessaires à l'exécution de sa mission par transfert, entre autres, des moyens d'expérimentation: Commissions d'expériences de la Direction de l'Artillerie et de l'Atelier de Précision de la Section Technique de l'Artillerie.

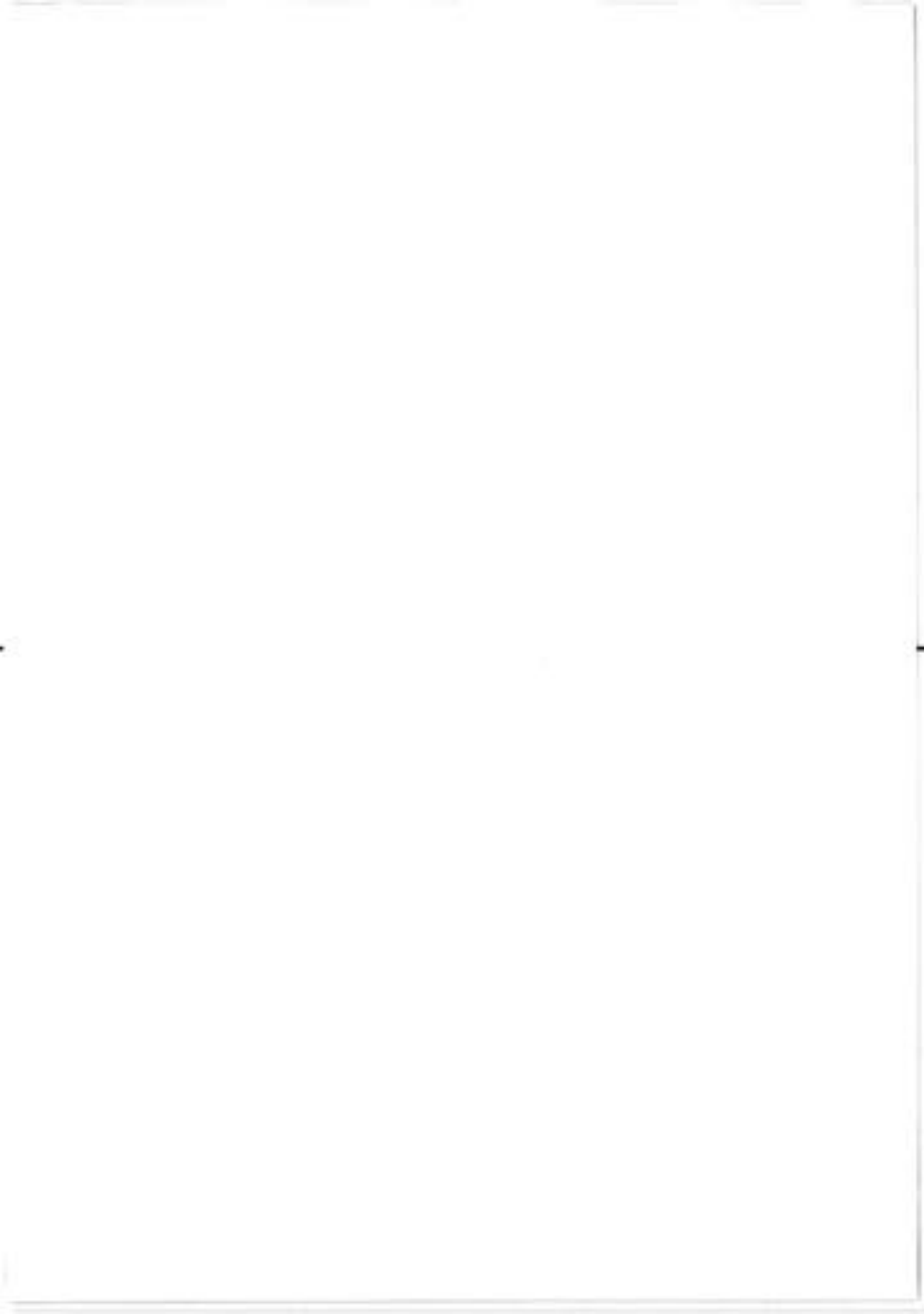
Les trois commissions deviennent à la DFA des Etablissements d'Expériences techniques: établissement d'expériences techniques de BOURGES (ETBS) de TOULON (ETTN) de VERSAILLES (ETVS).

L'Atelier de Précision devient l'Etablissement Central des Fabrications d'Armement puis le Laboratoire Central de l'Armement (LCA).

Dès la Libération en 1944, la DEFA, elle-même reconstituée, recouvrait ses établissements et les remettait en activité dans les domaines qui étaient les leurs et sur les lieux qu'ils occupaient antérieurement. Fortement endommagés, ils eurent tout d'abord à recréer la totalité de leurs moyens aussi bien immobiliers qu'expérimentaux. Par contre, le LCA, replié en Tam-et-Garonne pendant toute la durée des hostilités, avait pu poursuivre une importante activité, la diversifier et accroître ses moyens. Il se réinstalla provisoirement dans ses anciens locaux Place Saint-Thomas d'Aquin à Paris en 1945 et définitivement en 1954 au Fort de Montrouge à Arcueil. Bien structuré et encadré, il put servir de support aux services nouveaux qui se créaient tels que le Laboratoire de Recherches de Saint-Louis (LRSL), le Centre de Recherches de Gramat, l'Ecole Nationale Supérieure de l'Armement...

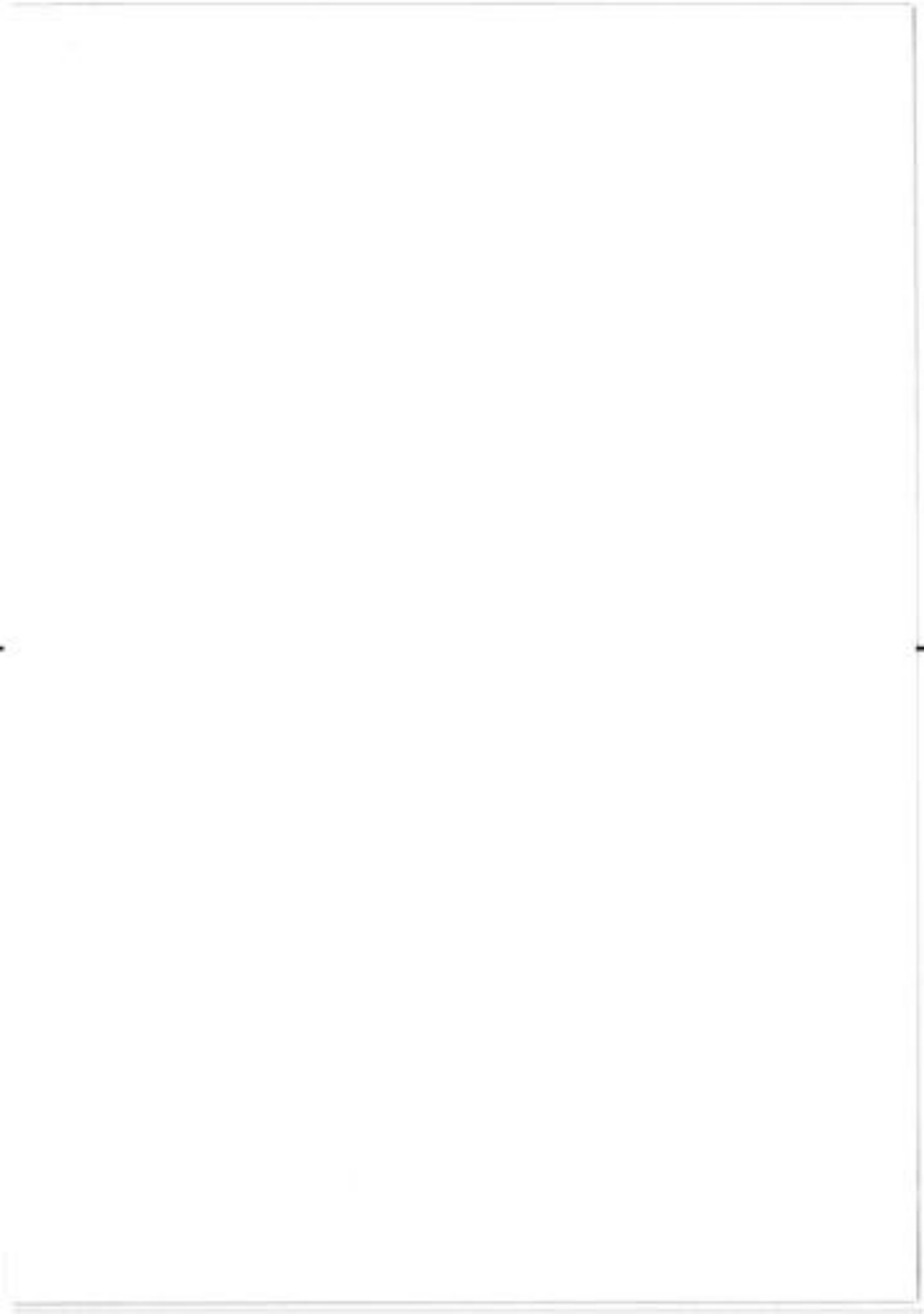
Furent ensuite créés successivement de nouveaux centres d'essais ou de recherches pour répondre aux besoins nés des missions nouvelles incombant à la DEFA ou résultant de circonstances particulières comme ce fut le cas du LRSL.

- 1945** Le Laboratoire de Recherches de Saint-Louis (LRSL) résultant de la transplantation en France de l'Institut de Balistique de la Luftkriegsakademie de Berlin-Gatow replié en zone française d'occupation à Biberach dans le Wurtemberg. Transformé en Institut franco-allemand en 1959 (IFSL) il passera sous la tutelle de la Direction des Recherches et Moyens d'Essais (DRME) peu après la création de cette direction en 1962.
- 1946** L'Etablissement d'Expériences Techniques d'Angers (ETAS) sur le terrain des Gaubourgs, à proximité de l'Ecole d'Application du Génie, pour effectuer l'expérimentation et l'évaluation des matériels de Génie Civil, suite au transfert à la DEFA du Service d'Etudes des Matériels du Génie précédemment rattaché à la Direction de cette arme.
- 1946** Le Laboratoire de Recherches Balistiques et Aérodynamiques de Vernon (LRBA), afin de développer les recherches et études concernant les armes nouvelles engins et roquettes autopropulsés et guidés. Le LRBA fut rattaché à la Direction Technique des Engins en 1967.



- 1947** Le Centre d'Essais de GRAMAT (CEG). La DEFA fait l'acquisition d'un terrain de 250 hectares dans la région de GRAMAT en prévision d'essais futurs au point fixe d'engins balistiques. Cette destination première ne fut pas retenue et le développement du Centre fut orienté vers des recherches de détonique applicables à l'atome puis à l'armement conventionnel. Le CEG rattaché au LCA fut transféré à la Direction des Recherches Etudes et Techniques (DRET) en 1977.
- 1948** La DEFA reçoit le Service Etudes et Fabrications des Télécommunications (SEFT) en provenance de la Direction des Transmissions. Les divers éléments de cette direction sont rassemblés au Fort-d'Issy. Son département Essais regroupait les moyens d'essais communs à l'ensemble des matériels des télécommunications. Compte tenu de l'importance et de l'étendue de sa mission, il a été inclus dans le cadre de la rubrique "Centre d'essais et d'évaluation" au même titre que les autres établissements d'essais. Le département Essais fut progressivement transféré au CELAR à Bruz au début des années 1970¹
- 1950** La DEFA, déjà organisée pour prendre en charge les questions relatives à la définition et à la production des matériels pour l'équipement du combattant parachutiste, crée un Centre d'Expériences de ces matériels (le CAP) rattaché administrativement à l'Atelier de Fabrication de Toulouse avec une zone de parachutage à Fonsorbes dans les environs de Toulouse.
- 1956** L'ETVS devient l'ETAG, Etablissement d'Expérimentation des Auto propulsés Guidés. Une partie de son activité concernant l'armement de petit calibre est reportée sur l'ETBS. L'ETAG lui-même fut supprimé en 1964 et ses missions transférées au LRBA, au LCA ou à l'ISL.
- 1957** L'importance croissante des essais en vol des engins auto propulsés (PARCA, HAWK...) conduisit à la création à Colomb-Bechar d'une structure permanente, base avancée de soutien, constituée en établissement autonome de la DEFA, dans le cadre de l'instruction ministérielle régissant l'organisation et le fonctionnement du Centre Interarmées d'Essais d'Engins Spéciaux (CIEES). La déflation des activités sur le site de Colomb-Bechar aboutit, pour la Sous-Direction Technique Terre (SDTT), à sa fermeture en 1965.
- 1960** Devant l'ampleur et l'urgence des travaux d'édification et d'équipement du champ de tir saharien, à grande portée pour satisfaire aux besoins d'essais des engins du programme balistique, il fut confié à la DEFA le soin d'organiser un service autonome par rapport au CIEES chargé de la direction et de la responsabilité de la réalisation de ces travaux. Ce fut le Service d'Equipement des Champs de Tir (SECT) qui fut implanté au Fort de Montrouge pour bénéficier du support du LCA. Le SECT fut transféré à la DRME en 1962, lorsque cette direction devint opérationnelle.

¹ : La SEFT est restée attachée à la DTAT.



Ainsi, jusqu'en 1959-1962, le DEFA disposait de quatre établissements de recherches et d'études (LCA - LRBA - LRSL - CEG) et huit établissements d'essais et d'évaluation. Sur le plan technique, ces établissements relevaient très directement des divers départements du Service technique concernés par la nature de leurs activités et apportaient pour une part, leur concours au développement des études.

Aux divers transferts ou suppressions ci-dessus mentionnés, il faut ajouter le transfert du LCA (devenu ECA puis ETCA) à la DRET en juin 1977 et la transformation de l'ETTN d'établissement autonome en antenne de la DTAT auprès du Centre d'Essais de la Méditerranée (relevant de l'autorité de la DRME).

La DAT disposait en 1987 de trois centres d'essais et d'évaluation, l'ETBS, l'ETAS et le CAP qui remplissent également les fonctions de centres techniques dotés de moyens d'essais, puissants, modernes et d'un personnel hautement qualifié, en tout 880 personnes dont 4 ingénieurs de l'Armement, 15 ingénieurs des Travaux d'Armement et d'une centaine de cadres civils et techniciens.

Les monographies des différents centres objet du tome 3 volume 3.1 et 3.2 ont été établies par des Ingénieurs Généraux (CR), réunis en un groupe de rédaction, ayant vécu, pour la plupart, une partie importante de leur carrière dans les établissements concernés.

Un canevas commun de présentation comporte les rubriques suivantes :

- historique ou origines - mission
- le site - son implantation domaniale
- les moyens d'essais et leur évolution
- principaux travaux réalisés et acquis techniques.

Pour les centres de recherches, les établissements traités sont les suivants :

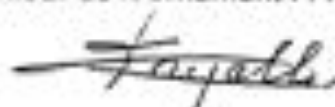
- Volume 3.1 :

LCA - Laboratoire Central de l'Armement IGA CAVÉ

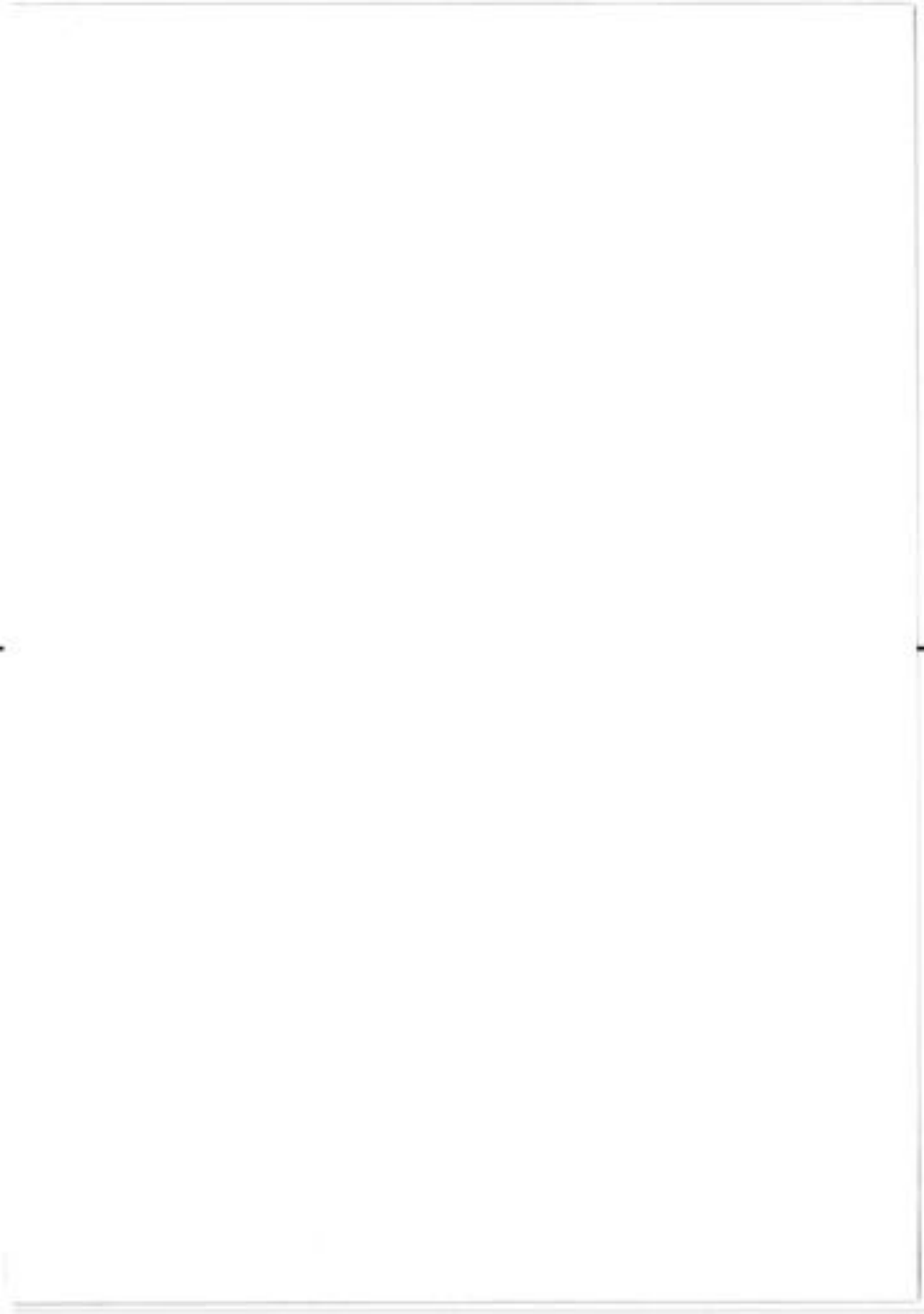
- Volume 3.2 :

| | | |
|-------------------|--|--------------|
| LRBA | - Laboratoire de Recherches balistiques et aérodynamiques | IGA MARCHAL |
| LRSL ² | - Laboratoire de Recherches de Saint-Louis | IGA FAYOLLE |
| ISL | - Institut franco-allemand de Saint-Louis | IGA BEDOURA |
| CEG | - Centre d'études de Gramat | IGA CROSNIER |
| | | IGA FAYOLLE |

Paris, 20 décembre 1990
L'Ingénieur de l'Armement FAYOLLE



² : Le Laboratoire Central de l'Armement a fait l'objet d'un volume séparé Tome 3 - Volume 3.1.



LES CENTRES DE RECHERCHES

Le tome 3, relatif aux centres de recherches comporte deux volumes :

- Volume 3.1 : Le Laboratoire Central de l'Armement (LCA)
- Volume 3.2 : Le Laboratoire de Recherches Balistiques et Aérodynamiques de Vernon (LRBA), l'établissement de Saint-Louis (LRSL-ISL), le Centre d'études de Gramat (CEG)

Le LCA - L'introduction concerne l'origine de l'établissement (1794), son existence de 1940 à 45 et son installation à Arcueil ainsi que la création des écoles de l'Armement. Les activités sont ensuite exposées par domaines :

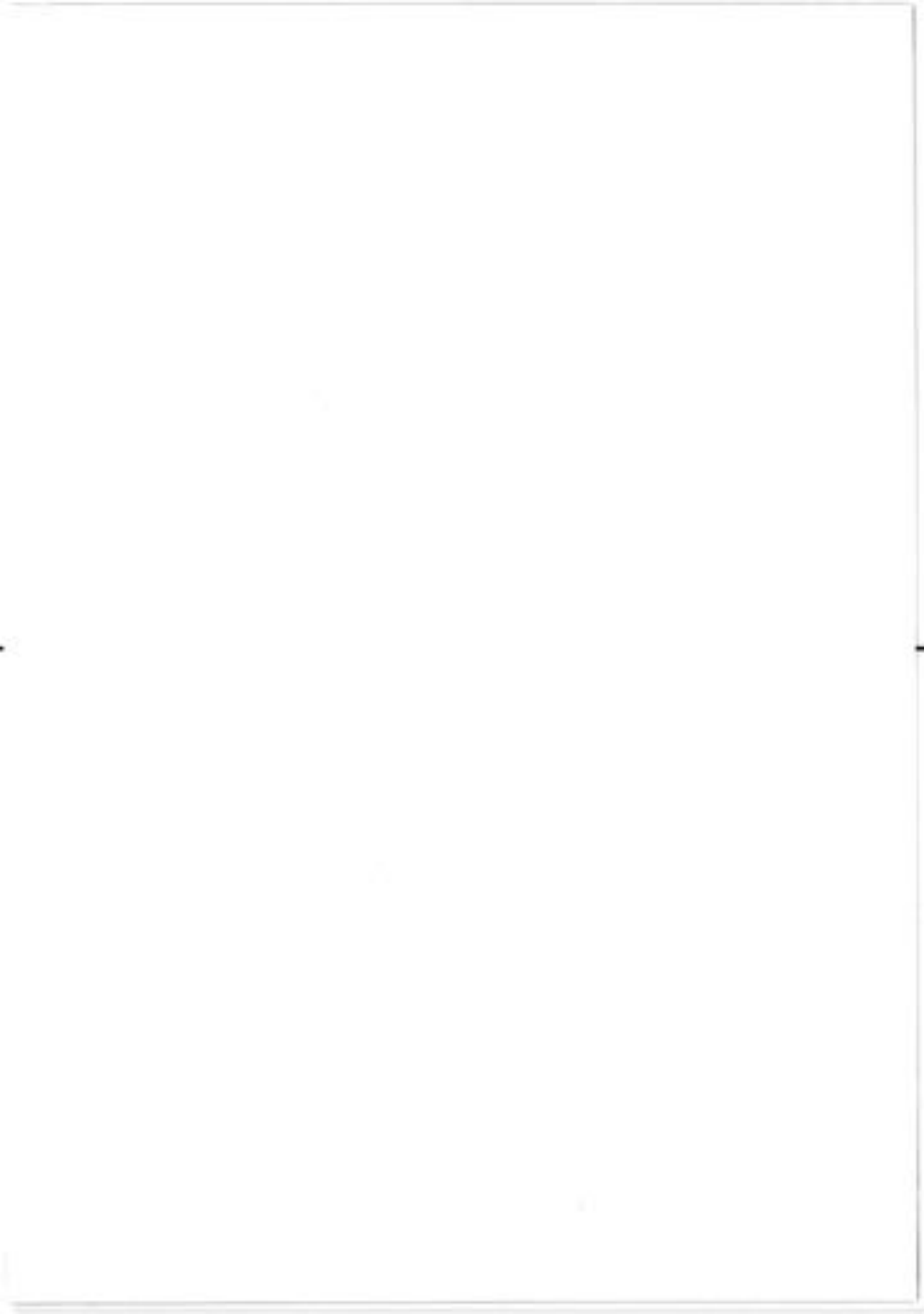
- domaine mécanique : usinage et contrôle dimensionnel de très haute précision, étude scientifique de l'usinage, études et contrôles métallurgiques, diffusion et application du contrôle statistique de la qualité...
- domaine électromécanique : métrologie balistique, cinématographie ultra rapide, centre informatique de calcul scientifique, traitement de signaux et d'images, automatismes...
- domaine chimie physique : analyses physico-chimiques, études des peintures, matériaux composites, corrosion, camouflage...
- domaine nucléaire : mission Interdirections (1957), détection et protection nucléaires, études théoriques des effets des armes, décontamination...

Un dernier chapitre est consacré aux nombreuses participations du LCA à des organismes français et internationaux civils et militaires.

Le LRBA - La structure de présentation est proche du canevas précité. Les travaux les plus marquants et les acquis techniques décrits sont très significatifs du rôle de pionnier du LRBA en matière de création de moteurs de lanceurs de fusées pour la conquête de l'espace.

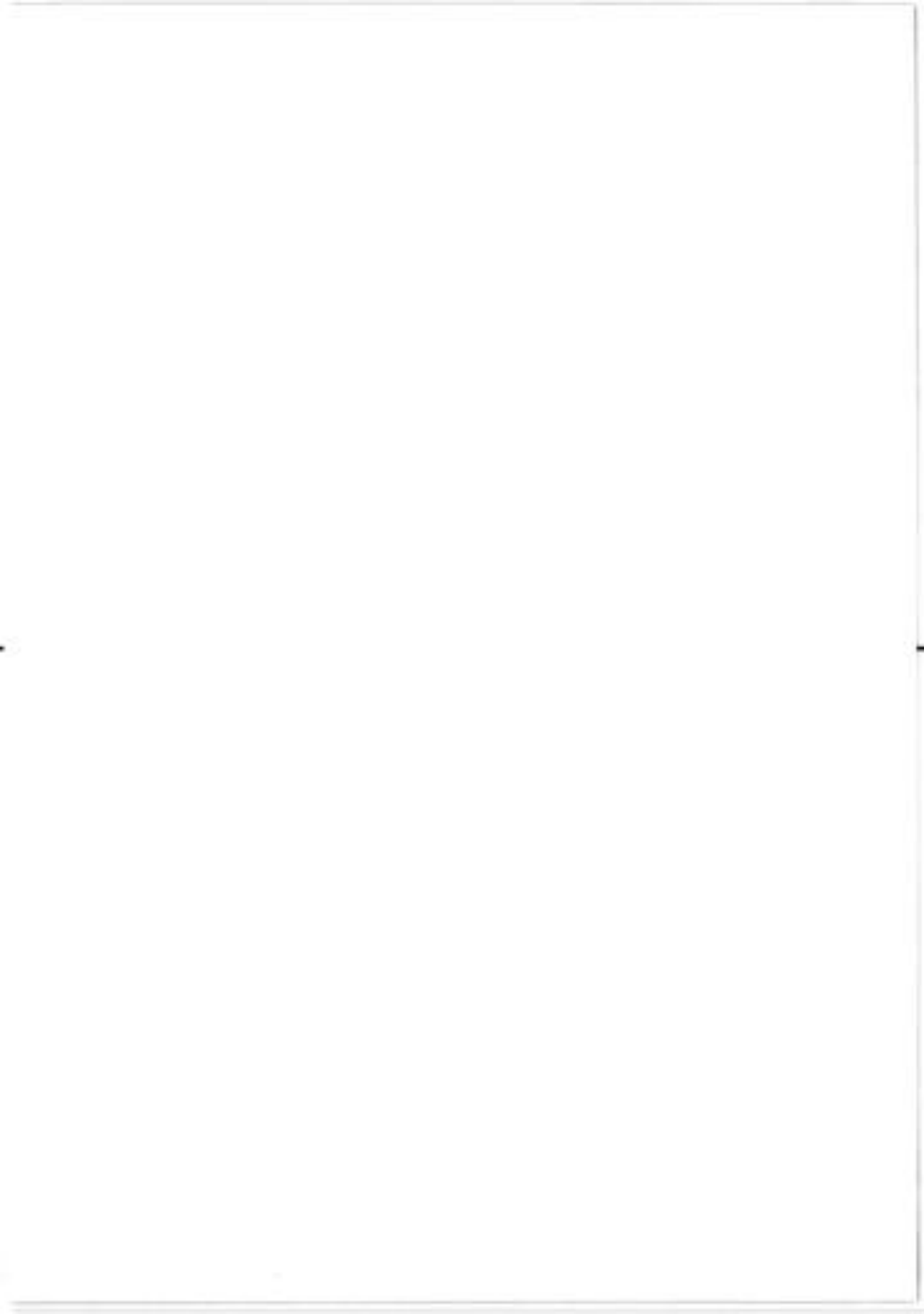
L'Etablissement de Saint-Louis - Centre spécialisé dans des études de balistique théorique et expérimentale et de détonique, sa présentation comporte deux volets: le LRSL établissement à statut et programmes de travail DEFA intégrant l'équipe allemande du professeur SCHARDIN et à dater de 1958, l'ISL, institut franco-allemand travaillant sur des programmes bi-nationaux.

Le CEG - Sa création, liée à celle de la Section Atomique de Limeil, est exposée dans un historique important. La présentation est divisée en deux parties correspondant avant 1969 à une activité centrée sur des études de détonique au service de l'atome et après 1969 au service des armements conventionnels, le CEG devenant l'expert de la DGA en matière de détonique.



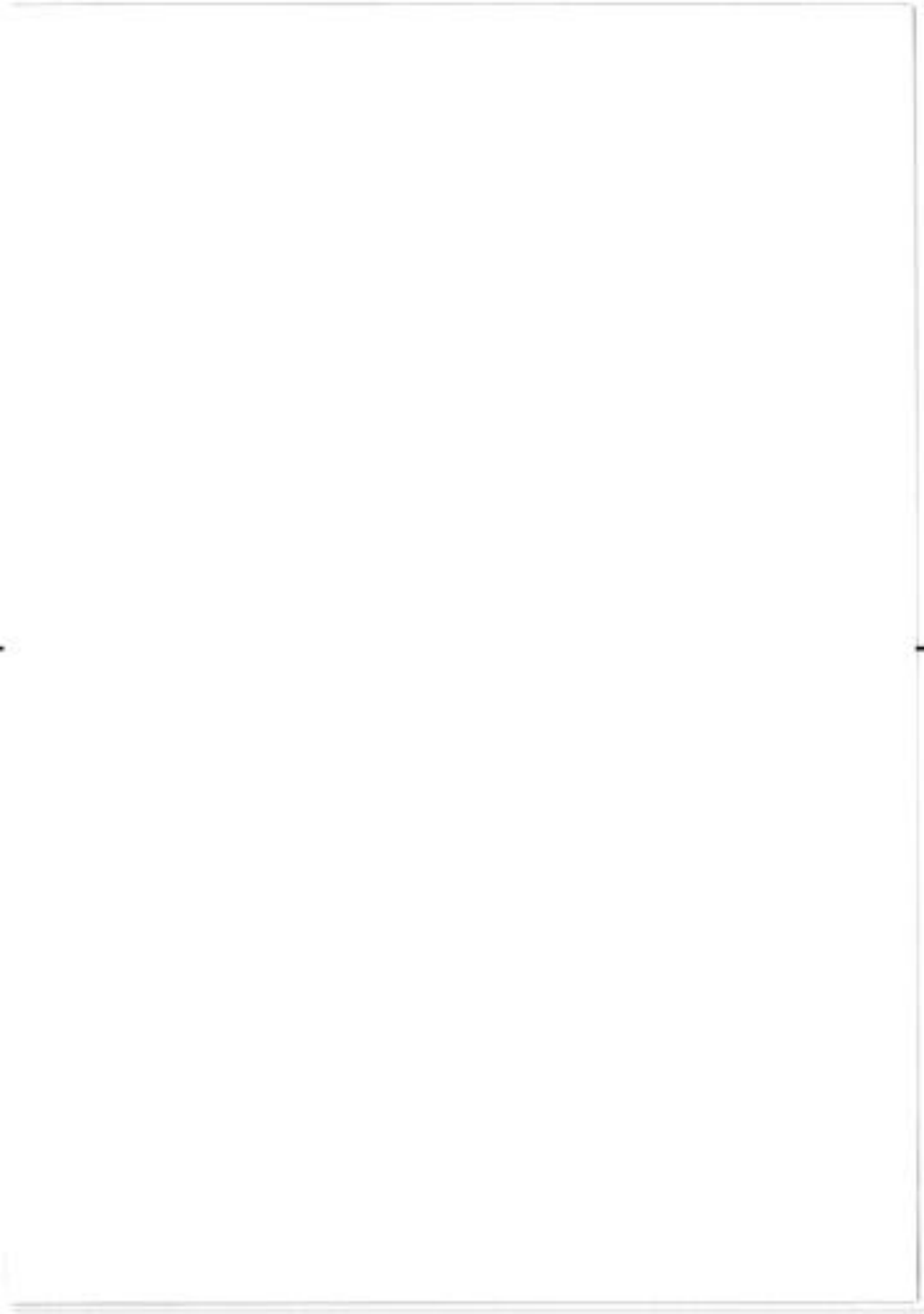
**LE LABORATOIRE DE RECHERCHES
BALISTIQUES ET AERODYNAMIQUES DE VERNON**

par l'INGENIEUR GENERAL DE L'ARMEMENT MARCHAL



SOMMAIRE

| | |
|---|-----------|
| LE LABORATOIRE DE RECHERCHES BALISTIQUES ET AERODYNAMIQUES..... | 12 |
| ORIGINE | 12 |
| I - MISSIONS | 14 |
| II - IMPLANTATION DOMANIALE | 15 |
| III - ADMINISTRATION DU L.R.B.A. | 16 |
| IV - LES ETUDES..... | 17 |
| MOTEURS DE CHARS | 17 |
| L' AERODYNAMIQUE | 18 |
| LE TUNNEL DE TIR..... | 18 |
| LA PROPULSION A LIQUIDES | 19 |
| GUIDAGE | 21 |
| LE BUREAU D'ETUDES | 23 |
| V - ACOUIS TECHNIQUE | 24 |
| ANNEXE I : GRANDE SOUFFLERIE SUPERSONIQUE..... | 26 |
| ANNEXE II : TUNNEL DE TIR..... | 28 |
| ANNEXE III : PROJECTILE AUTO-PROPULSE RADIO GUIDE CONTRE AVION PARCA | 31 |
| ANNEXES PHOTOGRAPHIQUES | 34 |



LE LABORATOIRE DE RECHERCHES BALISTIQUES ET AERODYNAMIQUES DE VERNON

L.R.B.A.

ORIGINE

Vers la fin de la 2^{ème} 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 WALTER 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

MOUREL³ 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 LAFARGUE³.

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^{ème} 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 IMC LAFARGUE. Le CEPA fonctionnera ainsi dans des conditions mal 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 Vernon 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 relâcha 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'oubli⁴.

³ : 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.

⁴ : Cf. Revue Historique des Armées n°2- 1989 "Recherches scientifiques et politique militaire en France (1945-1958) par Amaud 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'envoi d'ARIANE; le guidage du PARCA, le pilotage du 1er étage du DIAMANT, du 2ème étage de TELDO, 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 hyper-balistique.

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 (DTE) 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 1938, un atelier de chargement des obus de mortier, puis une usine de fabrication de cartouches anti-aériennes de 13 mm, 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° 481069 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'engagea 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 édifiées, 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, Vernon.

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 (ST/DEFA) 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 Vernon, 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 Camière s'occupait d'aérodynamique;
- l'IMP Tesson, expert en aérodynamique, fut muté à Vernon en janvier 1947 avec mission d'y 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 Marchal 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 hyper-balistique 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 Parca 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 carneau déflecteur 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 :

| Modèle | Poussée | Charge utile | Année de mise en service |
|---------------|-----------|----------------|--------------------------|
| 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 | 1964 |

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'Eido |
| 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 (dimétyle 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 moteur VEXIN | 24 | 3 | 2 | VE 121 DIAMANT A |
| L 17 moteur VALOIS | 4 | 0 | 0 | DIAMANT B |
| ELDO moteur CORA | 6 | 1 | 0 | 2ème étage de l'ELDO |
| VEXIN ARIANE | | | | n'a pas été tiré du temps du LRBA |

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 POGGÖ. 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 sol, 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 Vernon.

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 BERN 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 spatiale.

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.

ANNEXE I

GRANDE SOUFFLERIE SUPERSONIQUE

Les installations comprennent (voir fig. 1).

Un groupe de 2 moteurs asynchrones (1) (2) BROWN BOVERI entraîne, par l'intermédiaire de multiplicateurs (3) et (4), un compresseur axial basse pression (5) et un compresseur axial haute pression (6) qui ont un rapport de compression pouvant atteindre 3,3.

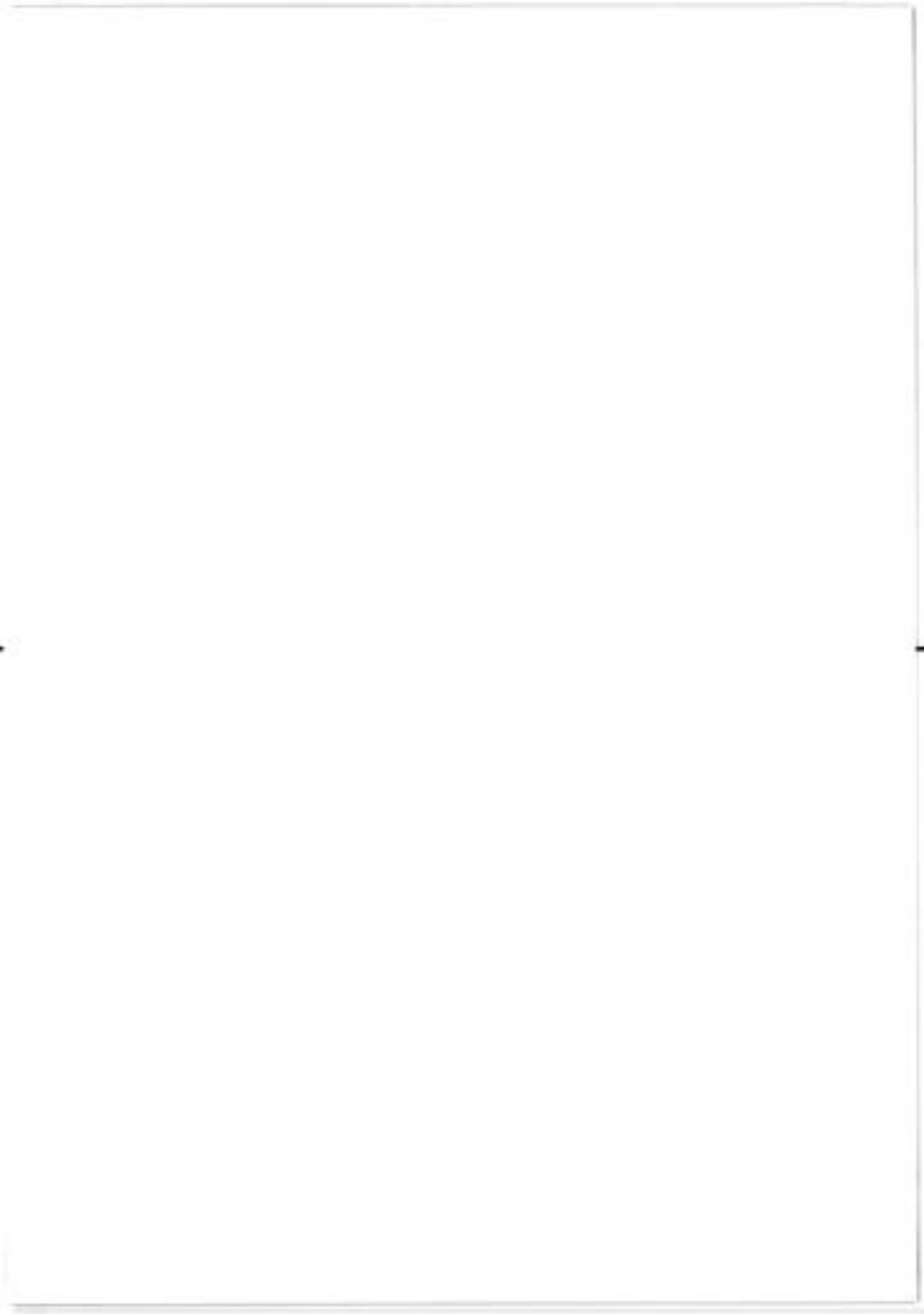
L'air sortant des compresseurs a une température de 180°, il doit être refroidi par des réfrigérants (7) et (8) à circulation d'eau. L'eau est ensuite refroidie par une chute dans une tour extérieure à ventilation forcée.

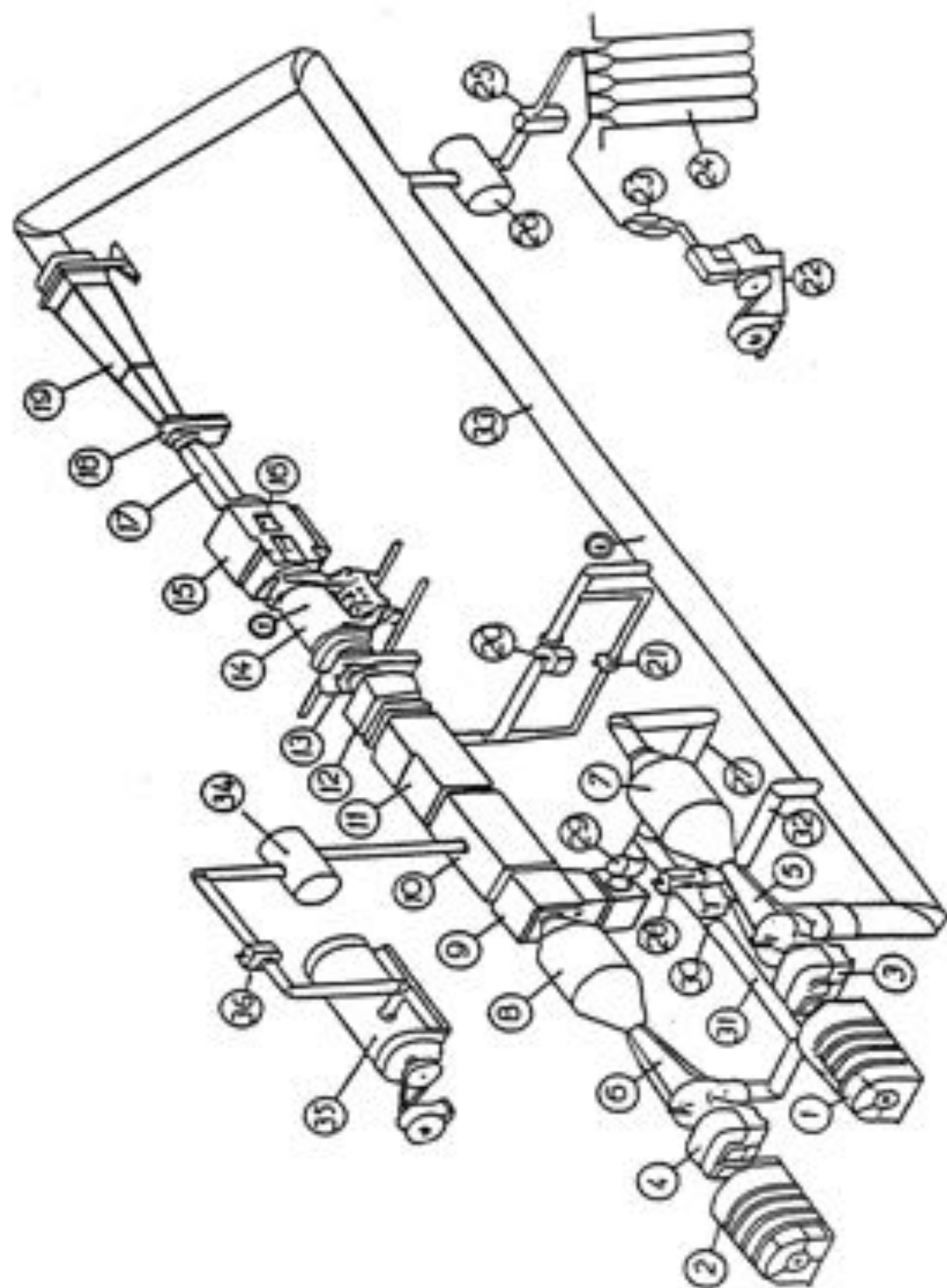
Le rapport de compression nécessaire varie avec le nombre de Mach, aussi un système de vannes permet-il de passer de la marche en parallèle des compresseurs (vanne 28 fermée) pour les bas nombres de Mach à une marche en série (29 fermée) pour les grands; il faut en effet un rapport de 11 pour atteindre $M = 4,5$ ce que donne le produit $3,3 \times 3,3$ des 2 compresseurs. Le débit d'air atteint 35 kg par seconde pour le fonctionnement en série et 60 kg pour le fonctionnement en parallèle.

Après la sortie des réfrigérants, l'air parcourt une chambre de tranquillisation où la vitesse est rendue uniforme puis arrive à la tuyère après avoir franchi une portion de tube amovible à joints compensateurs permettant le changement rapide et automatique des tuyères. La tuyère correspondant au nombre de Mach choisi a un profil soigneusement calculé et réalisé par un gâblage entre gabarits, avec une matière du genre araldite; l'état de surface doit être parfait pour assurer à la sortie de la tuyère dans la chambre de mesure une zone d'écoulement parfaitement homogène de Mach constant. C'est à cet endroit qu'est placée la maquette sur un support dont les mouvements sont télécommandés depuis une salle de contrôle extérieure. Les composantes des efforts aérodynamiques sur la maquette et les pressions sont mesurées par des capteurs fournissant des signaux électriques qui sont enregistrés automatiquement. La section de la veine de mesure est 40 cm x 40 cm.

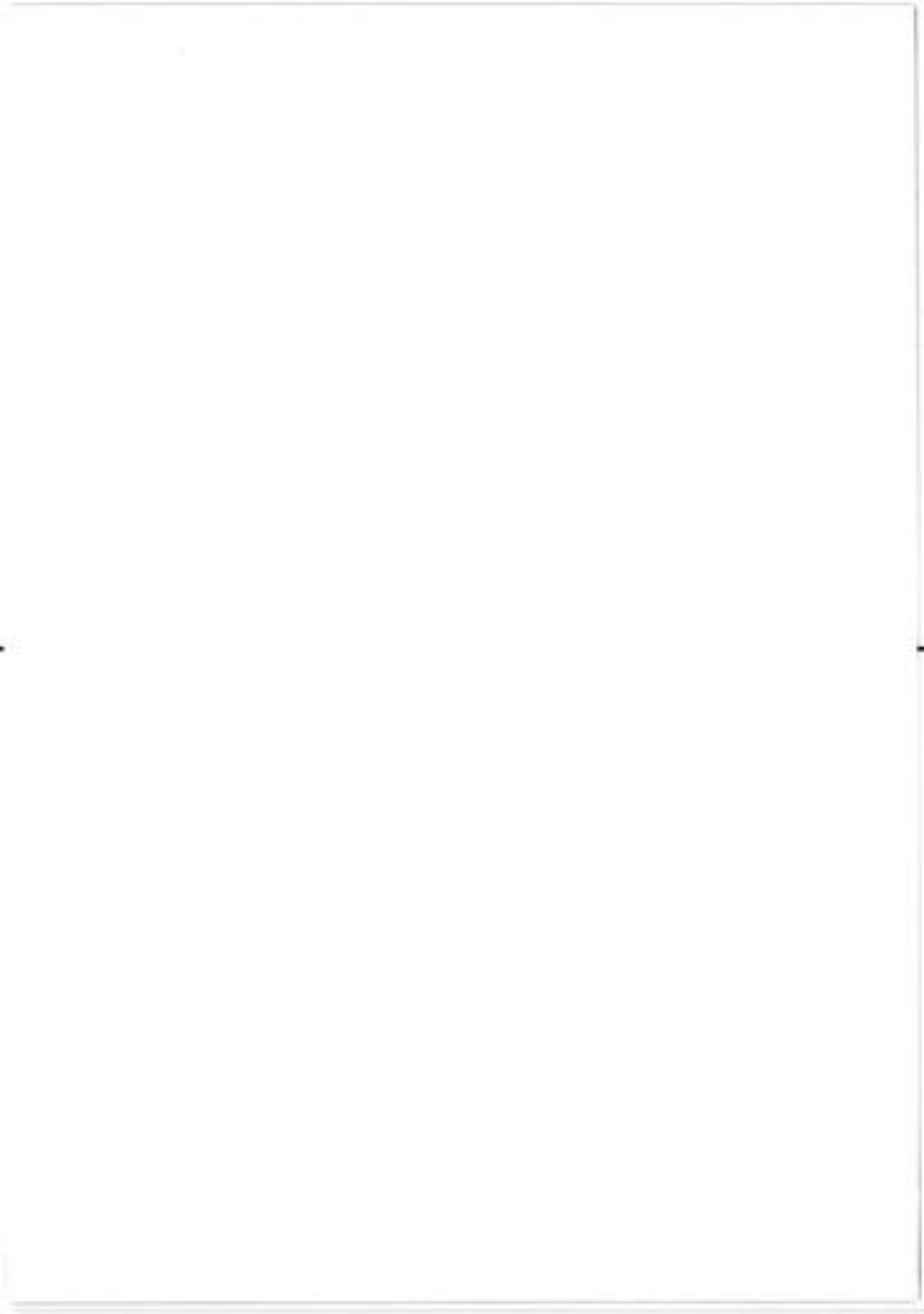
A la sortie de la chambre de mesure viennent le diffuseur à col réglable où l'air se ralentit et le circuit de retour aux compresseurs. Un by-pass facilite le démarrage de la soufflerie et comprend un système assurant la régulation de la pression. Le circuit est alimenté en air sec par un parc de stockage d'air sous pression.

Les soufflantes furent commandées dès 1946 à BROWN BOVERI. Avant de décider d'implanter la soufflerie à Vernon, il fallut discuter avec l'EDF pour obtenir une ligne de puissance de 30 000 kW allant de Porcheville à Vernon. L'ATS usina les tuyauteries, en partie avec les tuyaux récupérés en Allemagne. A l'origine, les mesures étaient faites avec des moyens mécaniques. Peu à peu l'électronique s'imposa et les mesures se multiplièrent. Les résultats étaient rassemblés dans une pièce contiguë, où arrivaient également les circuits de commande. La stioscopie fut également installée avec dispositif de photographie instantanée.





SOUFFLERIE SUPERSONIQUE - LRBA VERNON



ANNEXE II

TUNNEL DE TIR

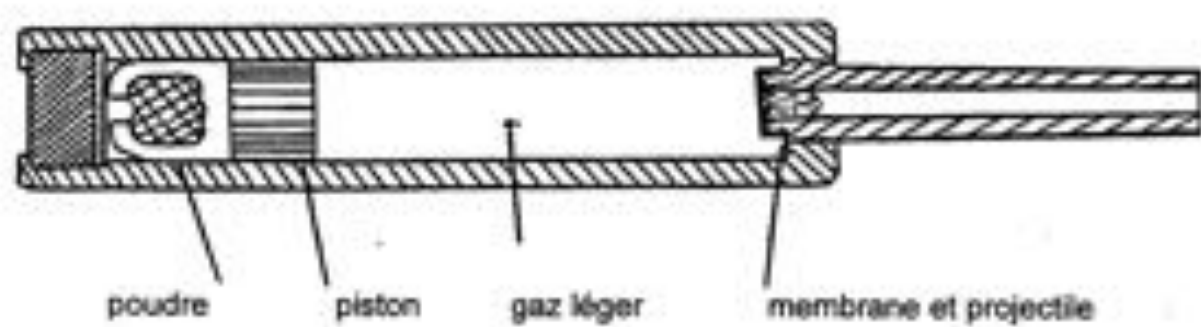
Au tunnel de tir à l'air libre, à canon à poudre, installé au début, a succédé un tunnel dit "hyper balistique". Le canon à double étage équipant ce tunnel de tir est un canon à gaz léger. Le gaz léger peut être de l'hélium ou de l'hydrogène. le principe de fonctionnement du canon est simple: la charge de poudre en combustion pousse le piston qui comprime le gaz léger car une membrane (qui peut être solidaire du projectile) obture l'orifice de jonction du tube de compression et du tube de lancement plus petit. Vers la fin de la course du piston, la membrane se rompt sous l'effet de la montée en pression et le projectile est accéléré par le gaz léger qui se détend derrière lui. On peut atteindre une vitesse voisine de 6 000 m/s. Pour assurer un fonctionnement satisfaisant et sans incident de ce canon, la vitesse du piston, qui atteint quelques centaines de m/s, et la résistance de la membrane doivent être bien réglées. La résistance des maquettes aux fortes accélérations pose également quelques problèmes. Le tunnel qui suit est étanche, ce qui permet de faire varier la pression pour mieux simuler le nombre de REYNOLDS.

Les mesures dans ce tunnel deviennent très délicates et ces très grandes vitesses imposent le dixième de micro-secondes dans la précision des temps. D'autre part, la luminosité de l'air qui enveloppe l'ogive rend difficile la prise de photographies nettes du projectile.

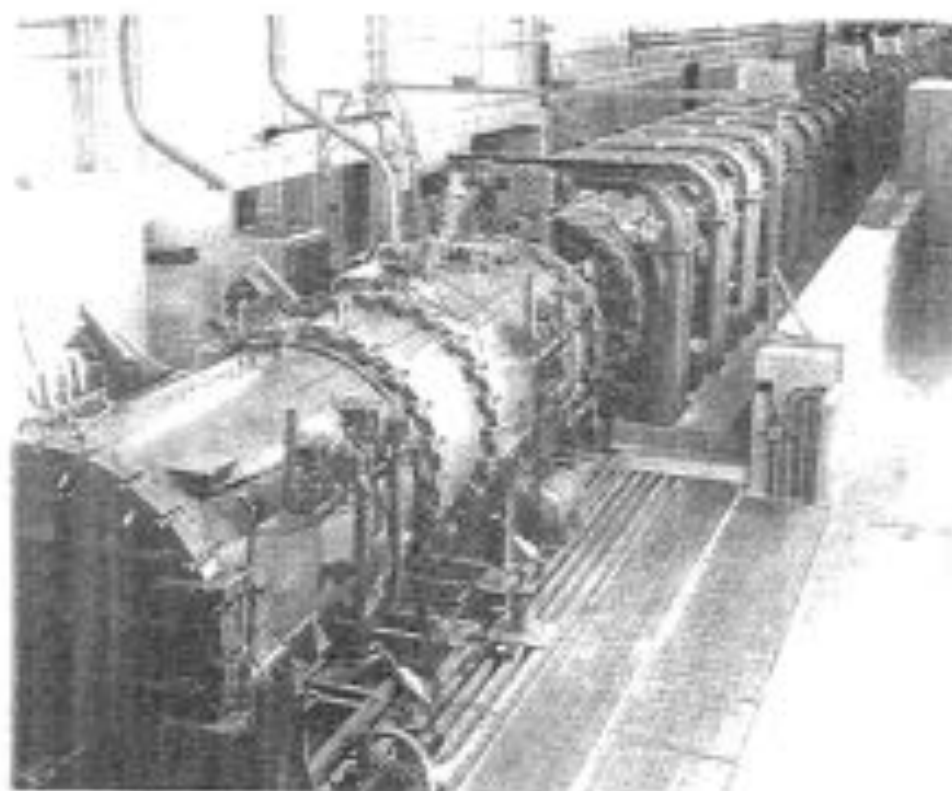
Dans le tunnel de tir est placée une série de sections équipées chacune de 2 postes photographiques de grande précision et de générateurs à éclairs dont la lumière est focalisée sur les objectifs au moyen de miroirs concaves de grande taille intérieurs au tunnel (on arrive ainsi à surmonter la luminosité propre du projectile). Le déclenchement des éclateurs est obtenu par le passage de l'ogive dans une barrière hyperfréquence, à chaque section, donnant également le temps de passage au moyen d'un compteur électronique.

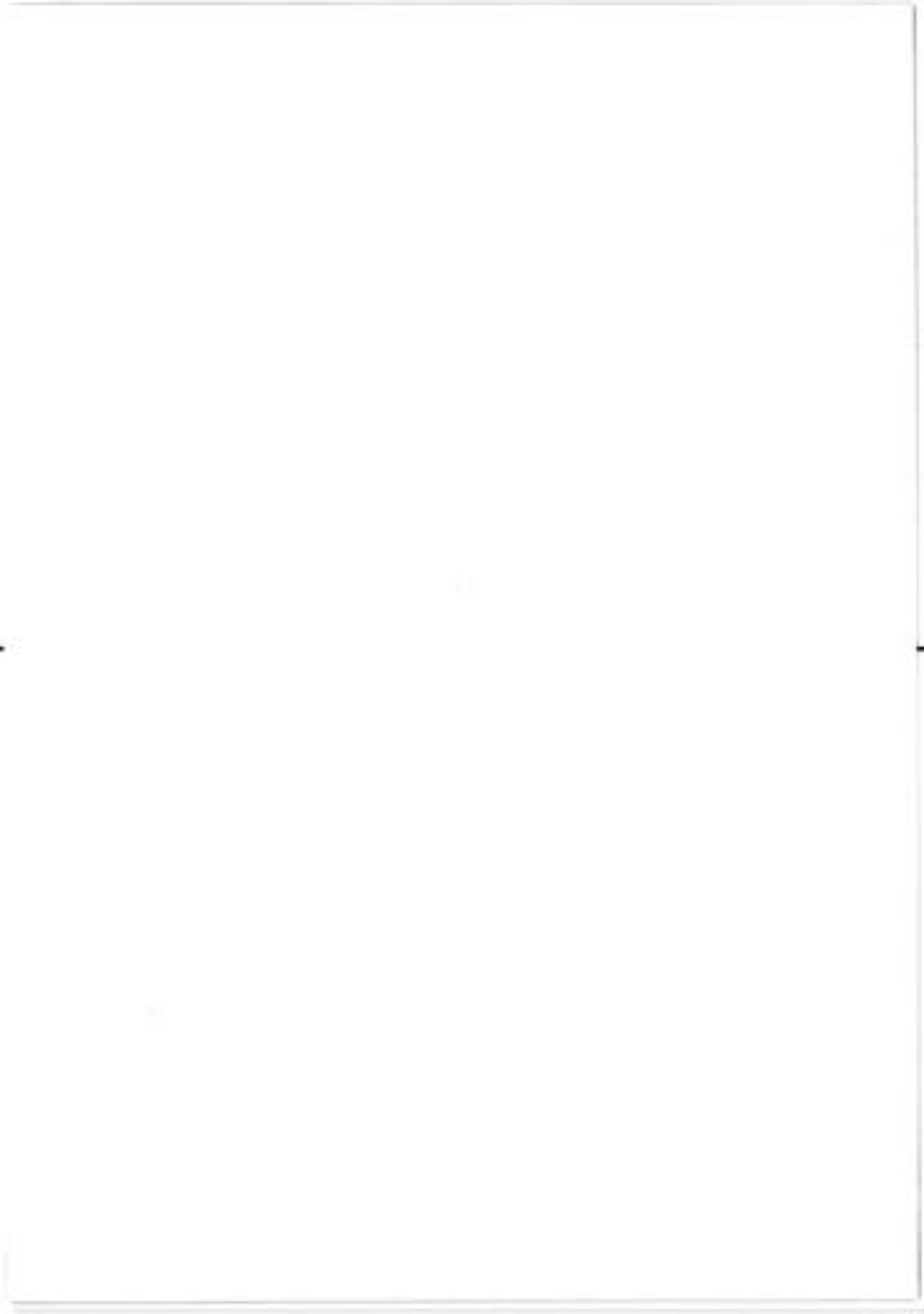
Les chambres photographiques étant montées sur des piliers rigides extérieurs au tube métallique pressurisé, la position et les angles de la maquette par rapport à ces deux plaques orthogonales peuvent être déterminés avec grande précision.

On peut ainsi déduire de la trajectoire et des positions angulaires les différents coefficients aérodynamiques de la maquette.

CANON A GAZ LEGER**Schéma de principe du canon à gaz léger**



TUNNEL HYPERBALISTIQUE**LRBA/EAS****LONGUEUR : 75 m (en 3 tronçons) - ϕ : 1.20 m**



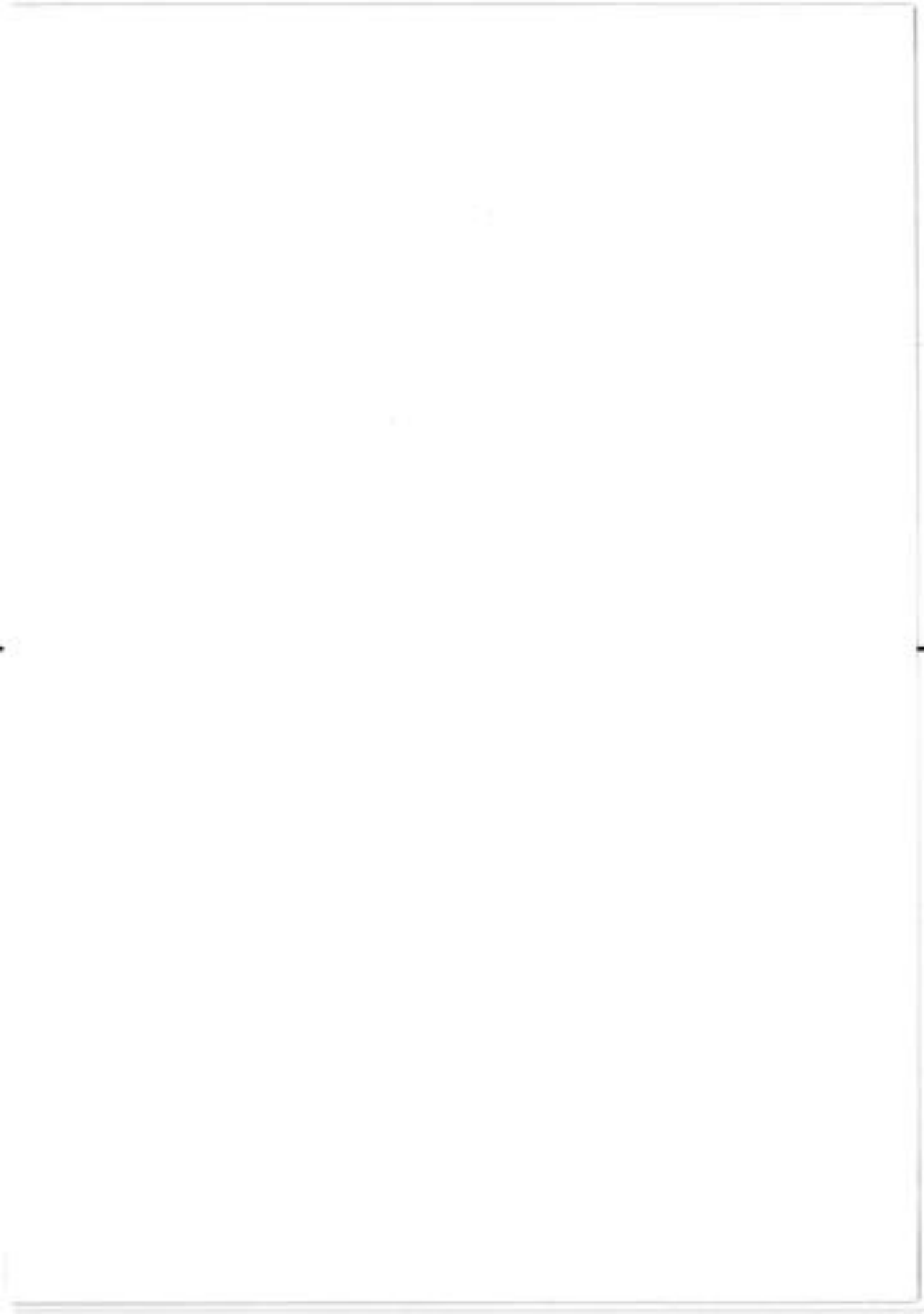
ANNEXE III

PROJECTILE AUTO-PROPULSE RADIO GUIDE CONTRE AVION PARCA

Le PARCA, dont l'étude fut demandée au L.R.B.A. dès 1949, était un engin propulsé par un propulseur principal à poudre d'une durée de 30 secondes et de 2 tonnes de poussée et par 4 propulseurs auxiliaires de 8 T de poussée pendant 4 secondes. Il pesait 1,100 T et s'orientait par l'action d'une voilure canard en croix commandée par 2 servo moteurs qui étaient mis en service après la séparation des auxiliaires. Ces servo moteurs hydrauliques étaient actionnés par un liquide stocké dans un réservoir divisé en 2 parties par une membrane.

Du gaz comprimé envoyé à la demande venait presser sur la membrane et chassait les liquides dans les moteurs. Le guidage était assuré par une chaîne au sol comportant 2 radars, le premier suivait l'avion attaqué, l'autre suivait le PARCA et devait le ramener, après la séparation des propulseurs auxiliaires, sur la ligne joignant le poste au sol à l'avion, puis le maintenir sur cette ligne, l'engin devenu ainsi un "grimpeur de radar" rattrapait l'avion moins rapide que lui, une fusée de proximité assurait la détonation de la charge militaire au moment opportun.

Une seconde version du PARCA baptisée ELEONORE, beaucoup plus aérodynamique que la précédente, avait été étudiée et réalisée à l'état de prototype au L.R.B.A., avant la décision d'arrêt de l'étude.



NOTE ANNEXE : LA TELEMESURE APX

par L'INGENIEUR GENERAL DE L'ARMEMENT BEDOURA

En 1949 débutait le projet PARCA, missile sol air de moyenne portée, auquel coopéraient les équipes de propulsion et de guidage du LRBA de Vernon ainsi que plusieurs services de l'APX. Ce dernier Etablissement, chargé de construire la cellule de l'engin et les principaux servomoteurs, entreprenait également le développement d'une télémessure multi-voies nécessaire aux essais des futurs engins expérimentaux, maquettes et prototypes.

Ce fut d'abord le Capitaine des transmissions COUFLEAU, détaché à l'APX, qui définit les caractéristiques du futur système et construisit les premières maquettes.

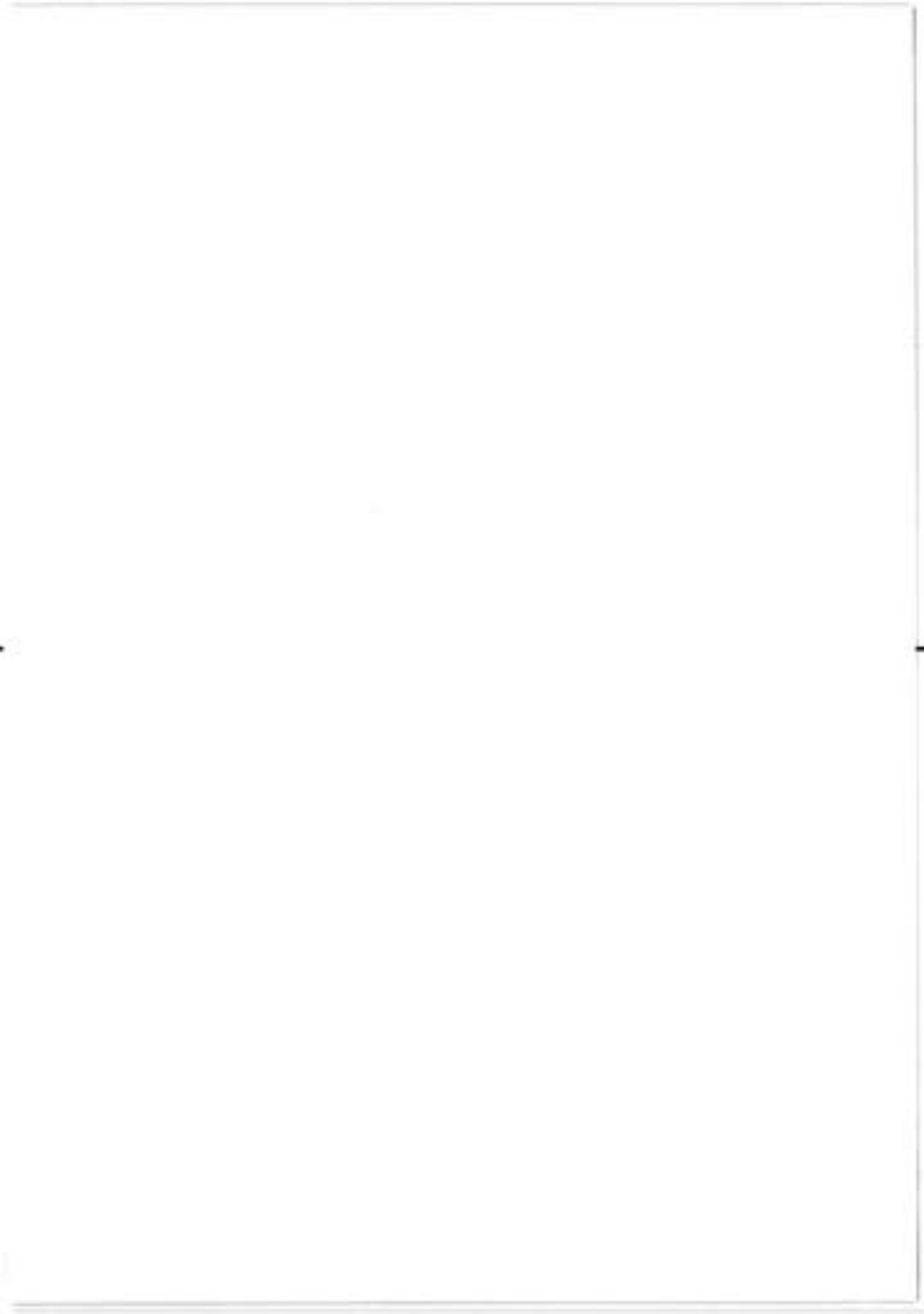
Début 1951 les Capitaines BEDOURA et PANAEFF, tous deux détachés par la SEFT installée depuis peu au Fort d'Issy, reprirent la direction du projet, décidèrent du standard à adopter et mirent au point successivement, assistés d'une petite équipe de techniciens, les premiers émetteurs de bord, les sous-ensembles de réception, de décodage et d'enregistrement, le matériel et les méthodes de dépouillement, l'architecture des stations.

Le standard retenu était pour l'époque une nouveauté; on avait grossièrement le choix entre une télémessure à sous-porteuses modulées en fréquence, chacune représentant une voie de mesure et une télémessure commutée dans le temps (time multiplex). Ce fut la dernière solution qui fut retenue, considérée comme plus économique et moins exigeante en bande passante.

Chaque voie de mesure, commutée mécaniquement à une cadence de 35 par seconde (suffisante pour caractériser des phénomènes de variation relativement lente) était modulée en largeur d'impulsion. Ce type de modulation permettait d'obtenir théoriquement une précision de quelques %, précision considérable pour l'époque, sous condition expresse de disposer de références de bord retransmises par un petit nombre des voies commutées.

La difficulté majeure devait en fait provenir de la mise au point du commutateur de 30 voies (une vingtaine utilisables, compte tenu des voies de synchronisation et d'étalonnage) dans une ambiance engin particulièrement sévère. L'électronique de l'époque ne permettait pas d'envisager un commutateur purement électronique à plus de 1 000 cycles seconde (35 x 30 voies), aussi fallut-il sélectionner un micromoteur entraînant un balai de très faible inertie sur la piste de commutation à 30 plots dont la réalisation fut confiée au Laboratoire Central de l'Armement.

Les autres difficultés inhérentes au développement des différents sous-systèmes furent résolues sans difficulté majeure dans les années 51 et 52, ce qui permit d'effectuer dès cette dernière année des mesures en tir réel avec une fiabilité croissante au cours de campagnes de tirs de PARCA et de VERONIQUE. De 52 à 55



les tirs se succédèrent à Suippes, Larzac, Quiberon, Canjuers, Hammaguir... et les premières stations implantées dans une semi-remorque purent être installées ensuite à poste fixe à Hammaguir et aussi à l'île du Levant, le CERES ayant adopté ce matériel après des tirs réussis sur engin MARROUCA en 1953.

Le matériel de bord ($F = 156$ Mcs) avait été mis au point sous sa forme définitive en 2 versions (tubes miniatures et tubes subminiatures) et une bonne centaine d'exemplaires avaient été construits par l'APX de 52 à 54, dont la moitié réellement utilisés, avant que la construction ne soit confiée à la Société DERVEAUX, l'APX lui ayant livré un dossier de fabrication complet.

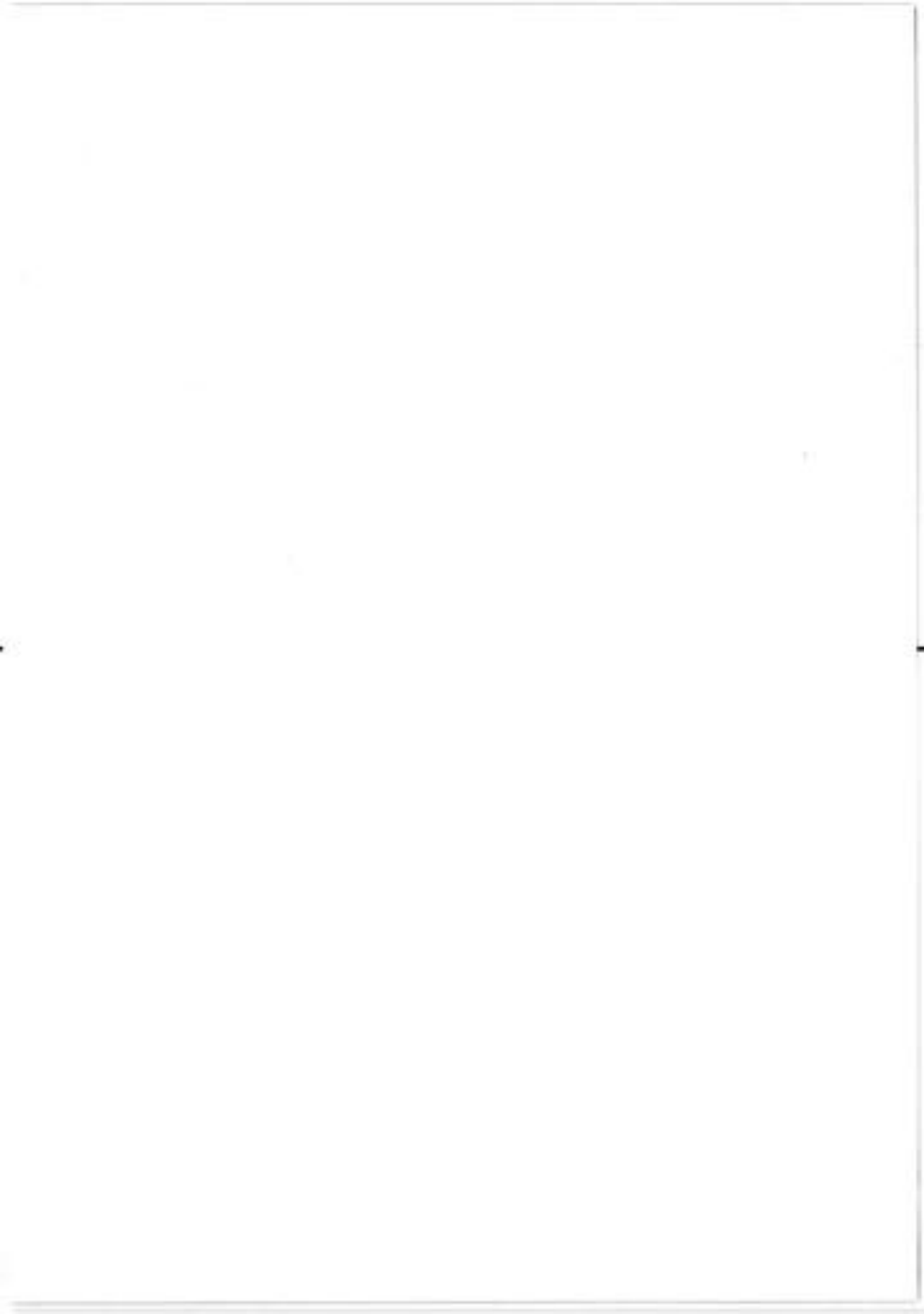
Cette télémessure devait rester en service jusqu'en 1963, exploitée par l'ETAG. Elle avait apporté une contribution considérable au développement des systèmes d'engins propulsés. Au delà des données de mesure qu'elle avait permis de collecter avec une fiabilité accrue sur plus d'une centaine de tirs d'engins tactiques expérimentaux et de fusées sondes, ce, en concurrence avec les enregistreurs de bord dont la récupération fut toujours assez aléatoire, la télémessure APX devait apporter des enseignements précieux à d'autres titres :

- 1) L'influence perturbatrice du jet de propulsion sur la propagation des liaisons radio, ce qui devait conduire à multiplier ces liaisons en ce qui concerne la télémessure même par diversité d'émission en disposant d'un émetteur de pointe d'engin et d'un émetteur de sabot de dérive, et encore plus par diversité de réception en créant des stations mobiles placés en flanquement de la trajectoire.
- 2) Le rôle fondamental de l'enregistrement magnétique, encore peu connu au début des années 50, quand aucun matériel de qualité (en dehors de quelques magnétophones permettant une reproduction approximative de la parole) n'existait en Europe.

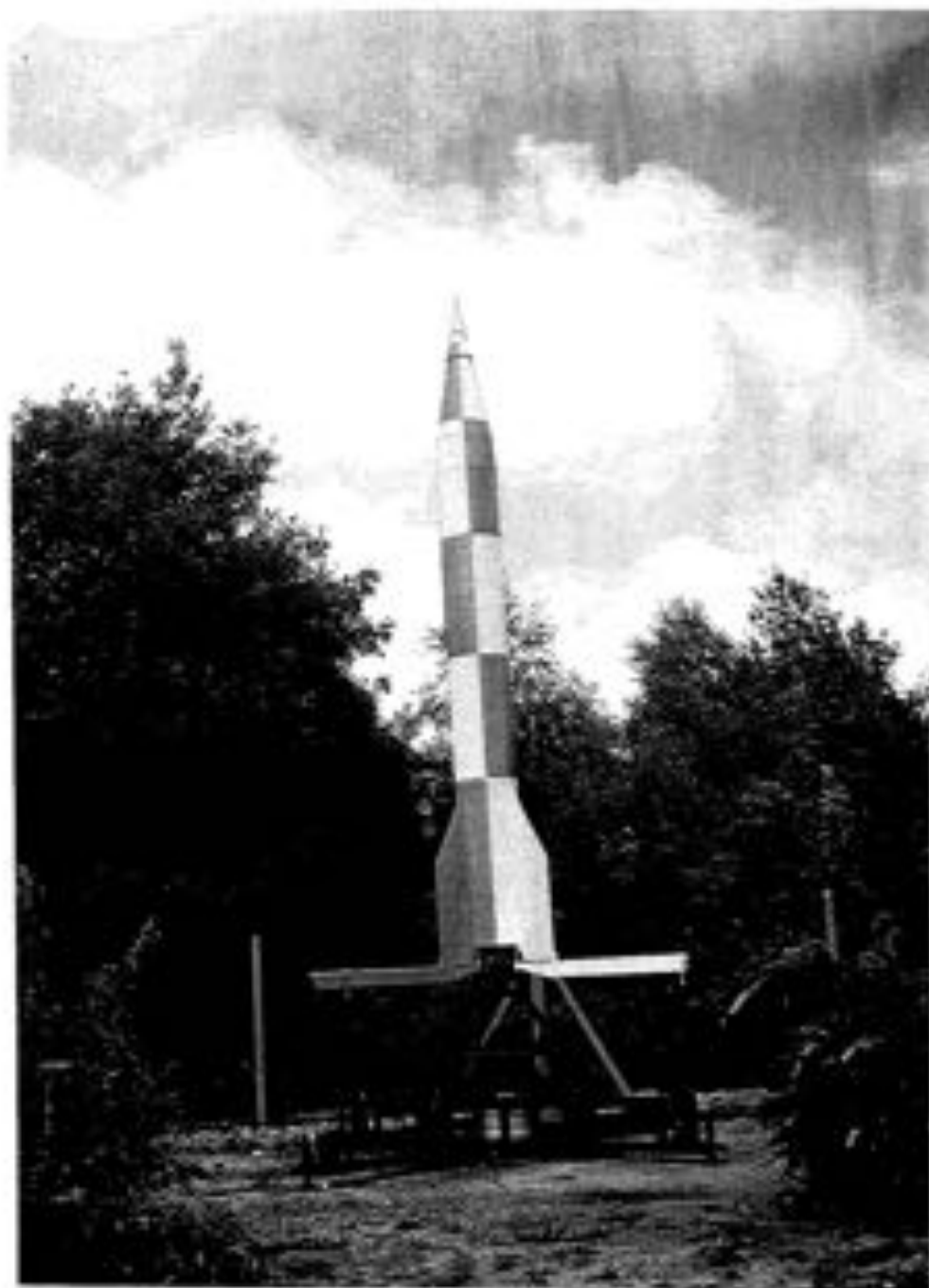
Un enregistreur AMPEX avait été approvisionné dès 1951 et servit de simulateur en laboratoire pour tester les sous ensembles de réception et de commutation à partir des bandes enregistrées, éléments de tir réels ou fictifs; il devait devenir par la suite l'élément central de toute station de réception et libérer celle-ci de la nécessité d'embarquer de multiples enregistreurs, en général trop délicats pour l'ambiance de champ de tir et les contraintes du transport.

L'enregistreur magnétique permettait dès 1954 de pallier les délais toujours trop longs au vu des constructeurs pour l'obtention des résultats de mesure et de délivrer en semi-différé sur le champ de tir même les paramètres jugés les plus intéressants.

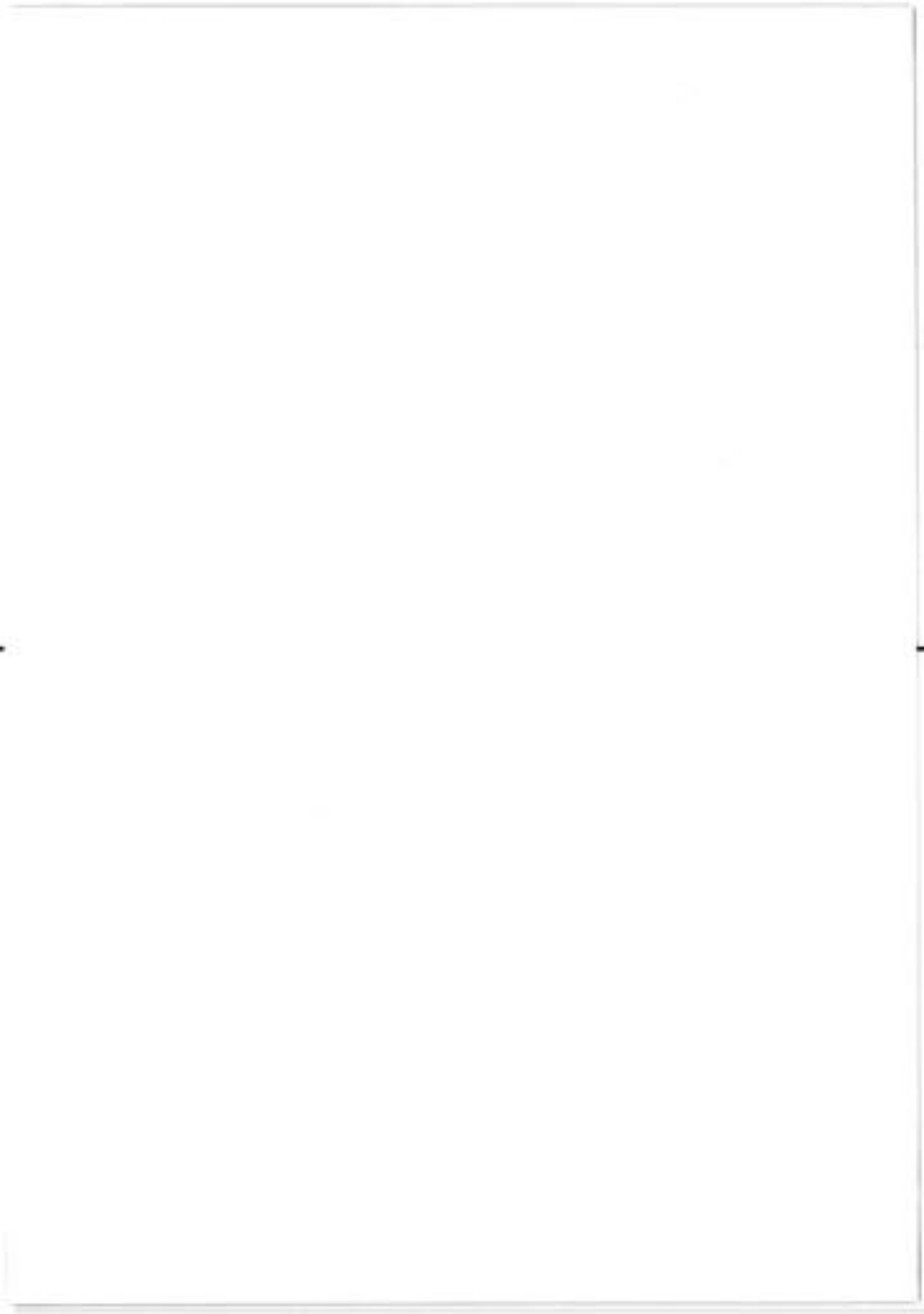
L'expérience accumulée au début des années cinquante avec la télémessure APX devait grandement servir les responsables des projets d'équipement du champ de tir balistique au Sahara et dans les Landes dix années plus tard, tant en ce qui concerne l'organisation des moyens de mesure eux-mêmes que leur exploitation et les méthodes de dépouillement des essais.



ANNEXES PHOTOGRAPHIQUES

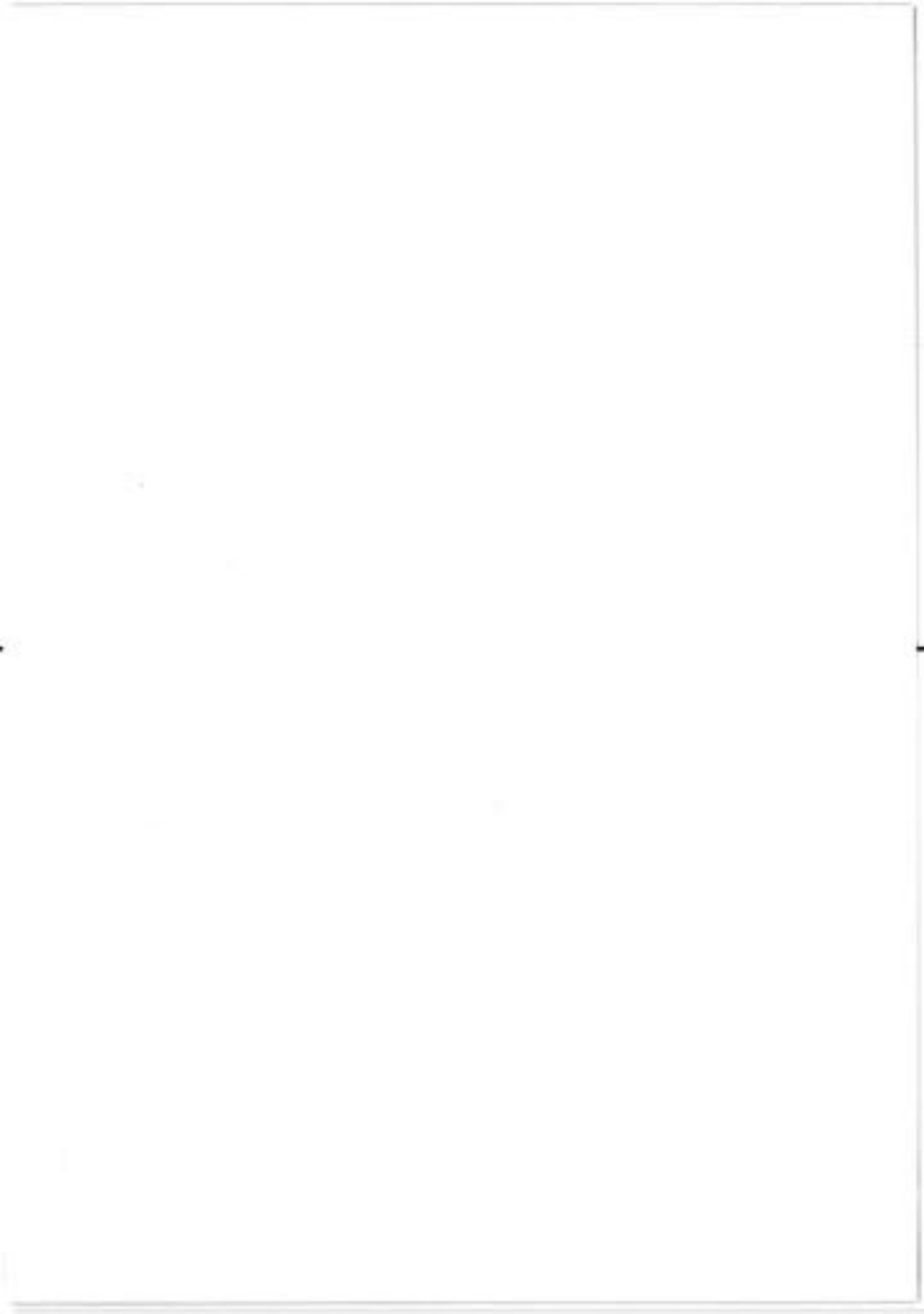


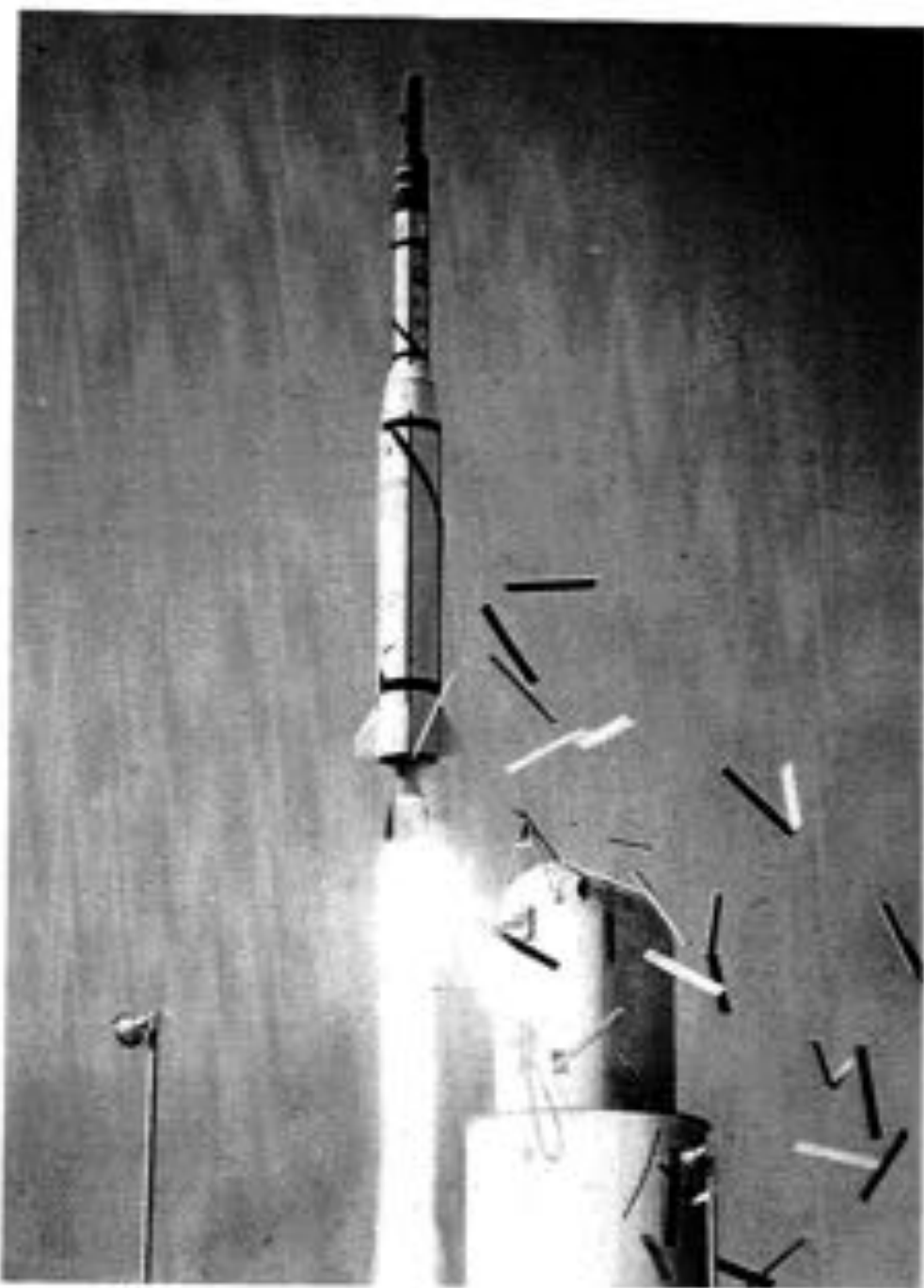
VERONIQUE AGI SUR SA RAMPE
DANS LE CADRE DE LA FORET DE VERNON



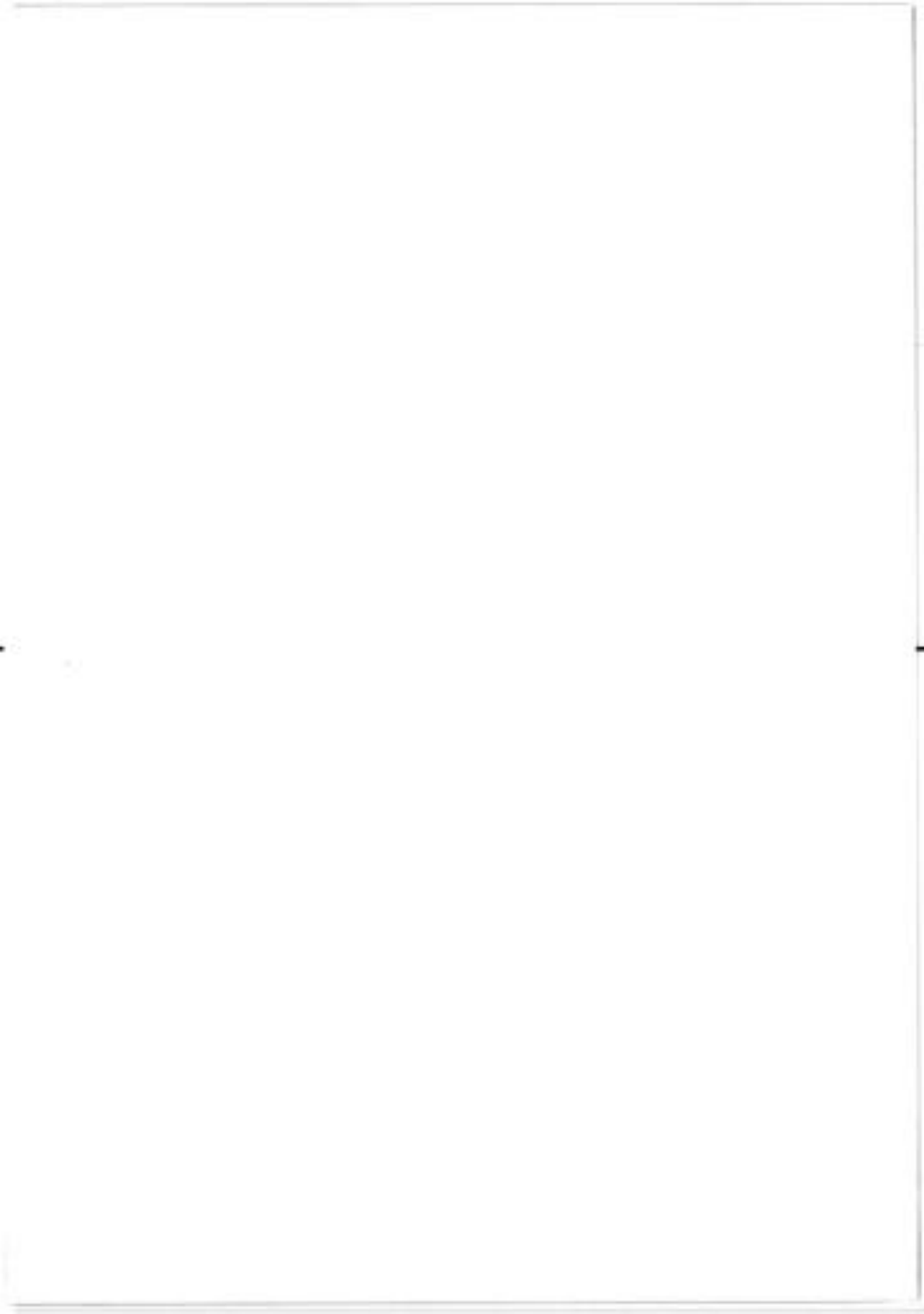


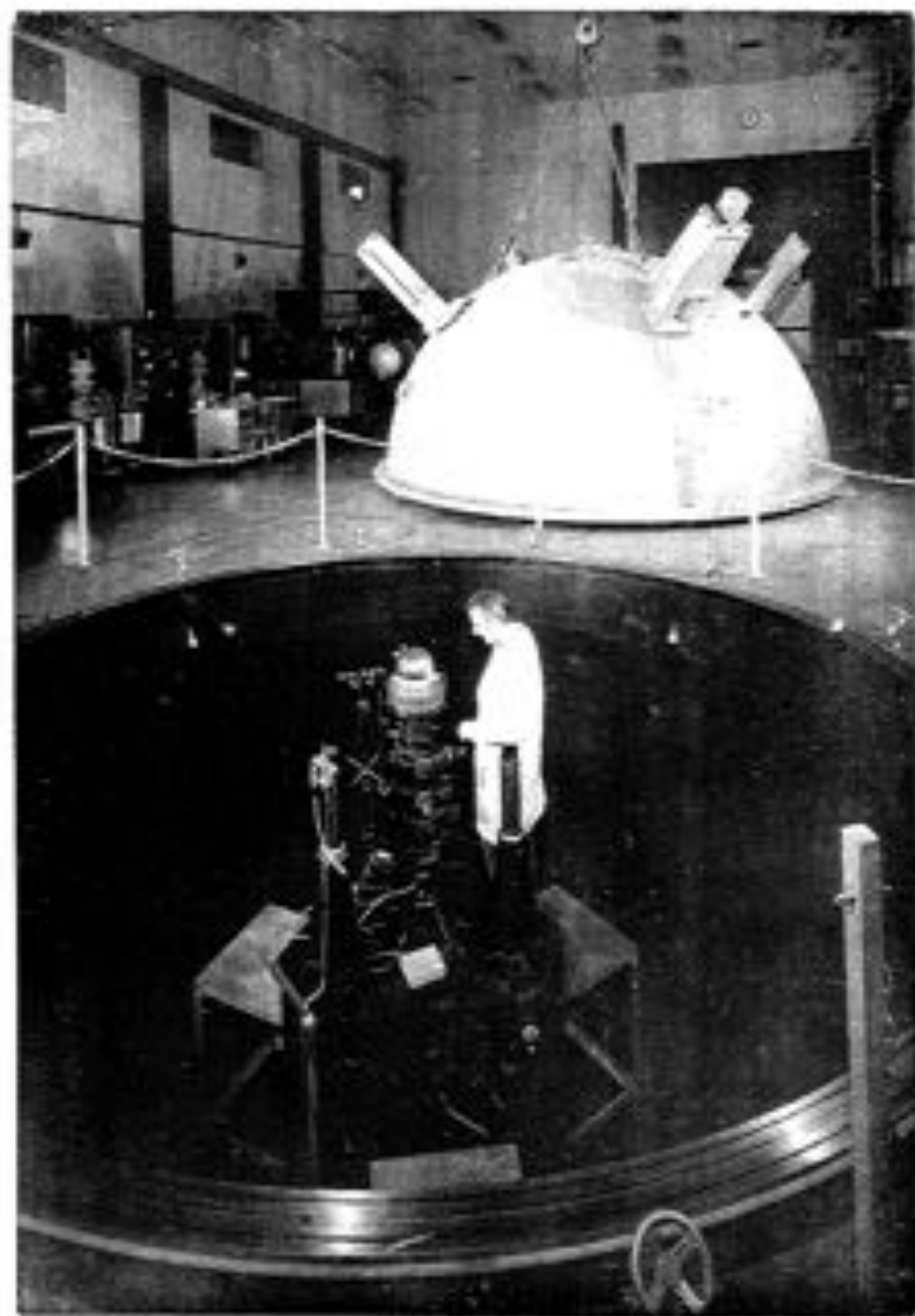
PARCA SUR SON CHARIOT DE TRANSPORT. 1958
ON APERÇOIT LES GOUVERNES PLACÉES EN CANARD A L'AVANT ET
LES PROPULSEURS AUXILIAIRES A POUVRE A L'ARRIERE



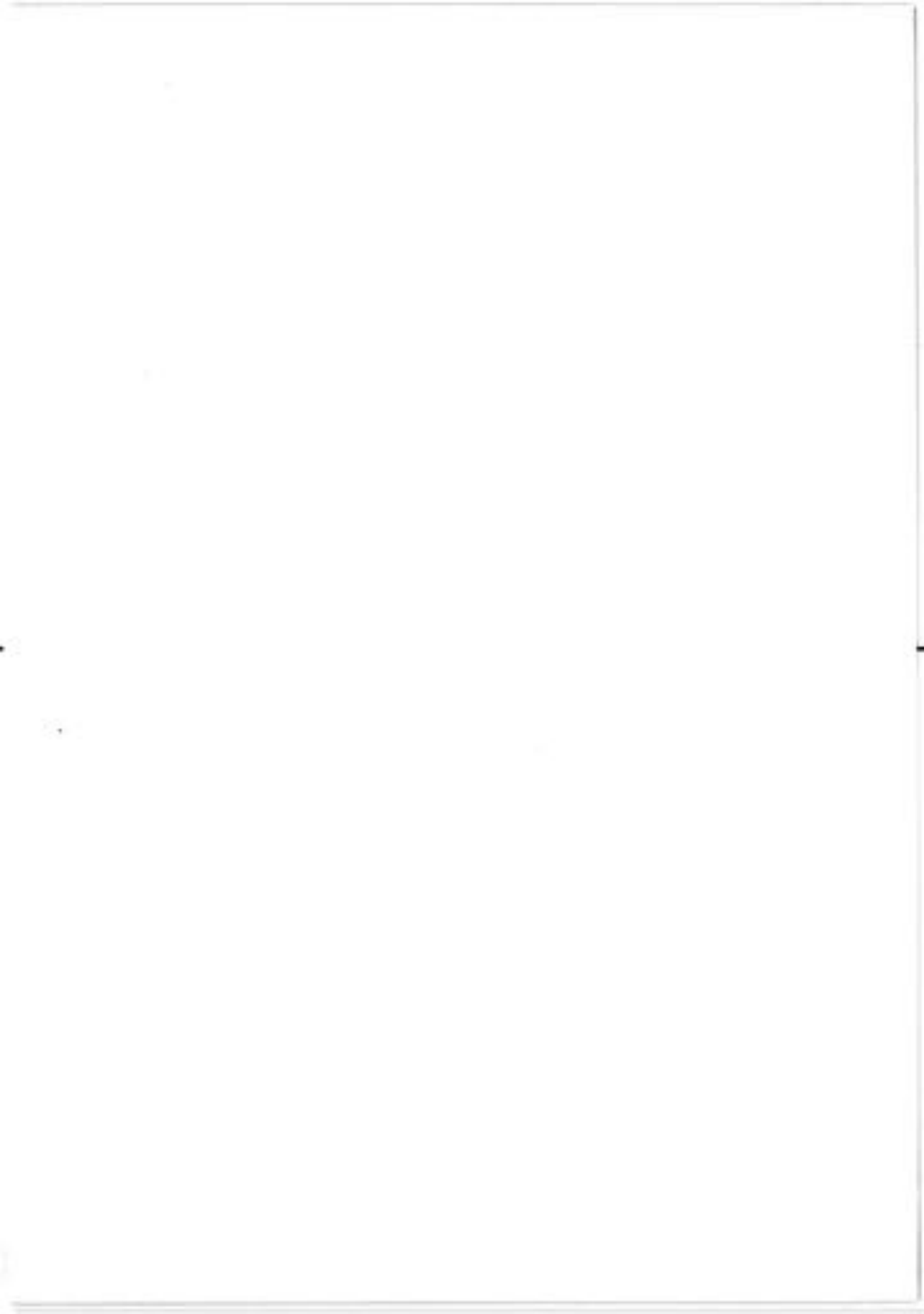


DIAMANT A, TIRE POUR LA 1ERE FOIS AVEC SUCCES
LE 26 NOVEMBRE 1965.
IL A MIS EN ORBITE UN SATELLITE
LES LATTES QUI TOMBENT SE SEPARENT AU MOMENT DU DECOLLAGE
LE DIAMANT ENLEVE SA ROBE DE CHAMBRE QUI LE PROTEGEAIT
DU CHAUD ET DU FROID.



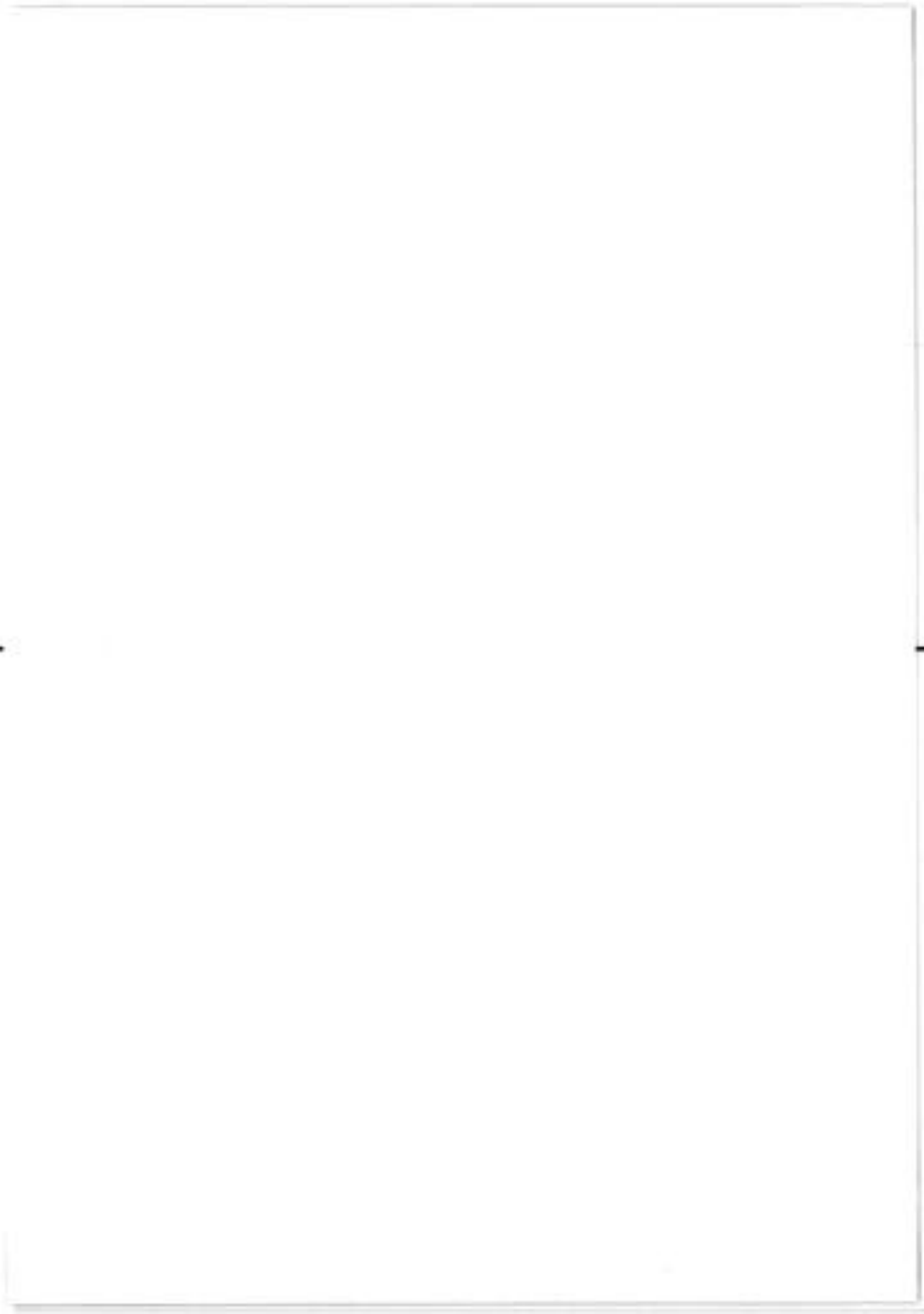


CAISSON DE SIMULATION POUR SATELLITE





POINT FIXE DE TIR PF4
MISE EN SERVICE EN 1963



L'ETABLISSEMENT DE SAINT-LOUIS :**2.1. LE LABORATOIRE DE RECHERCHES DE SAINT-LOUIS****2.2. L'INSTITUT FRANCO-ALLEMAND DE SAINT-LOUIS****par l'INGENIEUR GENERAL DE L'ARMEMENT FAYOLLE (2.1.)****avec l'INGENIEUR GENERAL DE L'ARMEMENT BEDOURA (2.2.)**

1911

28

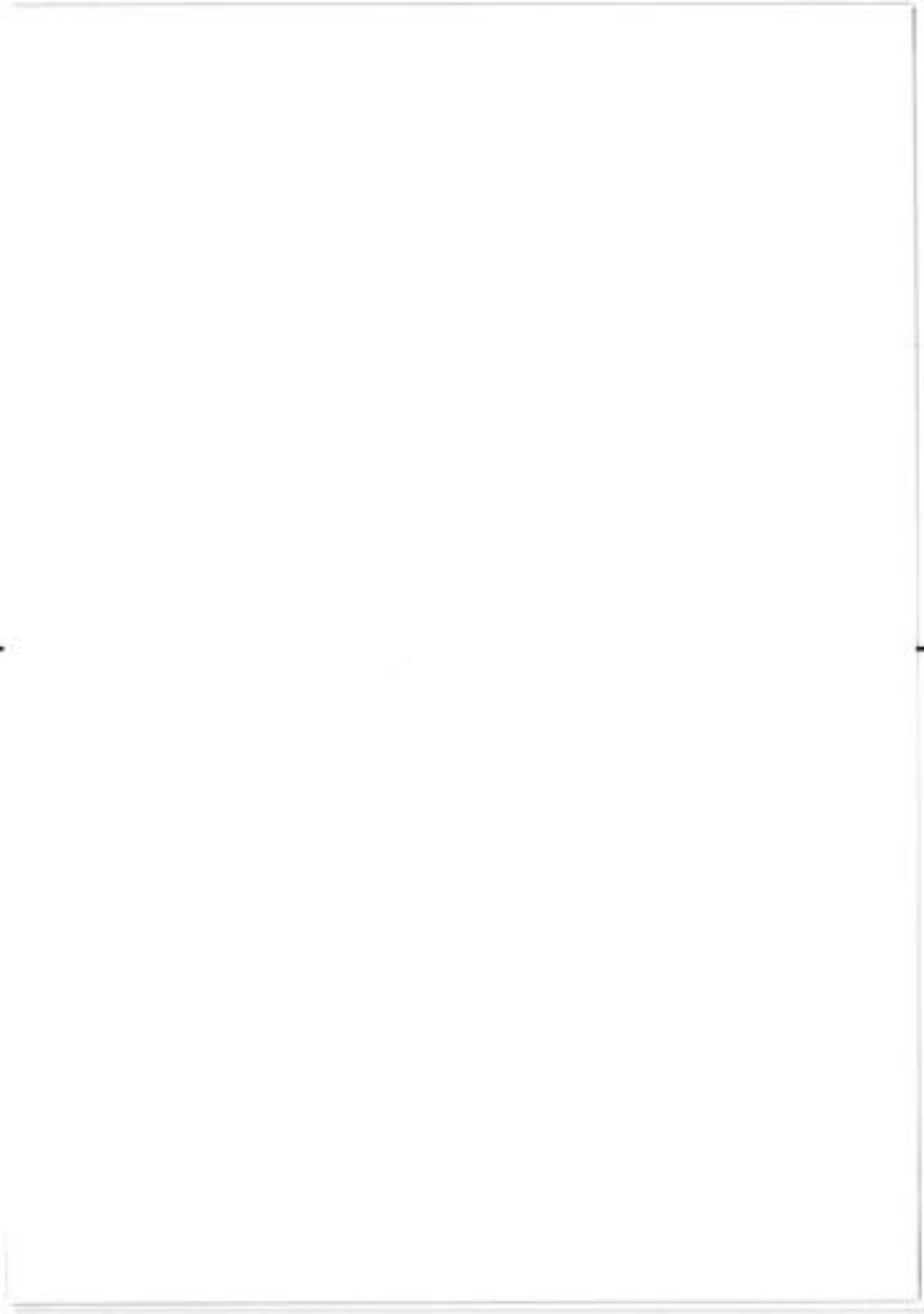
29

30

31

SOMMAIRE

| | |
|--|-----------|
| L'ETABLISSEMENT DE SAINT-LOUIS | 41 |
| | |
| I - LE LABORATOIRE DE RECHERCHES DE SAINT-LOUIS | 41 |
| ORIGINES | 41 |
| DEMARRAGE du LRSL (1945-1947) | 43 |
| SITUATION ADMINISTRATIVE | 47 |
| DIFFICULTES RENCONTREES | 48 |
| APPORTS SCIENTIFIQUES ET TECHNIQUES | 49 |
| TRAVAUX REALISES | 50 |
| QUELQUES REALISATIONS MARQUANTES | 52 |
| TRANSFORMATION DU LRSL | 53 |
| L'IGA CASSAGNOU | 55 |
| Le Professeur SCHARDIN | 55 |
| | |
| ANNEXE : LISTE DE QUELQUES RAPPORTS DU LRSL DE 1945 A 1959 | 56 |
| | |
| II - L'INSTITUT FRANCO-ALLEMAND DE ST LOUIS (ISL) | 58 |
| ORIGINES | 58 |
| CHARTRE ET MISSION - ORGANISATION | 58 |
| ACTIVITES SCIENTIFIQUES - PROGRAMME TRIENNAL | 59 |
| TRANSFERT DES RESULTATS DE RECHERCHE | 61 |
| COOPERATION AVEC DES ORGANISMES NATIONAUX - | 61 |
| ROLE PARTICULIER DE L'ISL | 61 |
| QUELQUE EXEMPLES DE TRAVAUX ILLUSTRANT LES RESULTATS | 61 |
| ACQUIS PAR L'ISL | 61 |
| <i>Munitions sans douille et à douille combustible</i> | 62 |
| <i>Bruits, lueurs et fumées à la bouche d'une arme</i> | 62 |
| <i>Comportement de projectiles et de roquettes sur leur trajectoire</i> | 62 |
| <i>Effet du rayonnement laser sur différents matériaux</i> | 63 |
| <i>Développement de lasers spéciaux</i> | 63 |
| <i>Anémométrie laser en mécanique des fluides</i> | 63 |
| <i>La microholographie par l'analyse de la forme et du mouvement de petites particules</i> | 63 |
| <i>Mesures à bord d'un projectile en vol</i> | 63 |
| MOYENS D'INVESTIGATION DE L'ISL | 64 |
| <i>Membres directeurs de l'ISL depuis sa création</i> | 65 |
| | |
| ANNEXE : CONGRES FRANCO-ALLEMAND ET INTERNATIONAUX TENUS A L'ISL | 66 |
| | |
| ANNEXES PHOTOGRAPHIQUES | 68 |



L'ETABLISSEMENT DE SAINT-LOUIS L.R.S.L.

I - LE LABORATOIRE DE RECHERCHES DE SAINT-LOUIS

ORIGINES

Le laboratoire de recherches de SAINT-LOUIS (LRSL) créé en août 1945 résulte du transfert en FRANCE du laboratoire de l'INSTITUT FÜR BALLISTISCHE FORSCHUNG DER LUFTKRIEGSAKADEMIE de BERLIN GATOW replié vers la fin de la guerre dans le WURTEMBERG à BIBERACH, zone d'occupation française. Il y fut découvert au cours d'une visite de l'IMC LHOMME et l'IMI FAYOLLE fin mai 1945.

C'est un institut de recherches⁵ dont le domaine principal d'activité est la balistique: étude et analyse des phénomènes se déroulant dans des temps très courts, mettant en oeuvre de très grandes forces, vitesses, accélérations ou pressions.

L'installation présentée en état de marche par son directeur le Professeur SCHARDIN et ses principaux collaborateurs comprenait :

- 8 laboratoires dont 4 spécialisés dans l'étude et la réalisation de moyens particuliers nécessaires aux études expérimentales,
- une section de travaux théoriques de balistique d'exploitation des résultats expérimentaux,
- un laboratoire de chimie chargé de fournir les explosifs et dispositifs d'amorçage aux autres laboratoires.

Ils sont adaptés à:

- l'analyse physique des phénomènes balistiques (études expérimentales, physiques, chimiques et mathématiques),
- l'étude du développement des installations et appareillages nécessaires aux travaux expérimentaux,
- l'exploitation des phénomènes physiques mis en évidence par les méthodes expérimentales ou qui jouent un rôle dans la réalisation de l'appareillage,
- la poursuite possible de travaux scientifiques dans d'autres domaines grâce à la grande pratique des moyens et des méthodes.

L'animateur est incontestablement le Professeur SCHARDIN, âgé de 42 ans, directeur scientifique depuis 1936. Dès 1927 il était assistant du Professeur CRANZ à l'Institut de physique de l'école polytechnique de BERLIN (laboratoire de balistique de l'ancienne académie de la technique militaire).

Ses travaux ainsi que ceux de CRANZ en cinématographie rapide étaient bien connus en FRANCE avant la guerre.

Le transfert en FRANCE fut décidé sur place dès l'issue de la visite par l'IMC LHOMME et par l'IMI FAYOLLE qui procéda à l'opération au titre du LCA en expédiant la totalité du matériel à VERSAILLES-SATORY où le LCA pouvait disposer d'emplacements suffisants sous réserve d'y réaliser les infrastructures nécessaires. En cours de déménagement le professeur SCHARDIN, puis 10 de ses collaborateurs firent connaître leur acceptation de venir à VERSAILLES poursuivre leurs travaux, les uns pour une durée limitée (de 1 à 2 ans), le Professeur SCHARDIN lui-même pour une durée un peu plus longue et, en outre, 15 ouvriers pour le temps réduit nécessaire au remontage des matériels spéciaux du laboratoire.

La doctrine d'exploitation en FRANCE d'un tel laboratoire n'était pas encore clairement perçue: l'Ingénieur Général NICOLAU directeur du LCA envisageait la création d'une version purement française d'un laboratoire de Balistique et de Détonique, par Extension de l'embryon de laboratoire de Balistique intérieure qui existait alors au LCA à SATORY (IM MARCHAL) et du Service d'Electromécanique de l'IMI FAYOLLE, service spécialisé en métrologie balistique, par assimilation en quelques années des techniques développées par les allemands et des connaissances à recueillir auprès des services alliés.

L'opportunité de créer en FRANCE un Etablissement de recherches de cette nature devenait en effet une évidence après la récupération de l'Institut SCHARDIN.

L'installation en région parisienne paraissant à l'époque indésirable à l'Etat-Major des Armées, celui-ci prescrivit à la DEFA de rechercher une implantation à proximité de la frontière franco-allemande permettant une installation des laboratoires en territoire français et le logement des familles allemandes en territoire allemand. C'est ainsi que fut choisi, début juillet 1945 le site de SAINT-LOUIS en ALSACE pour les laboratoires et les villages de WEIL et HALTINGEN en Allemagne pour la résidence des familles avec un transit routier possible par le barrage de KEMBS seul moyen de franchissement du RHIN sans traverser le territoire suisse à BALE.

Ces conditions nouvelles d'implantation modifiaient les données concernant le nombre et la qualité des personnels allemands susceptibles d'être retenus. La liste en fut reprise en commun par Messieurs FAYOLLE et SCHARDIN. 35 personnes furent sélectionnées (scientifiques, techniciens, et ouvriers) qui signèrent un contrat de travail à dater du 1er août. 15 autres contrats étaient envisagés à court terme.

Le 15 août 1945, les familles étaient installées à WEIL et HALTINGEN et le matériel acheminé à SAINT-LOUIS. L'IG NICOLAU prenait en charge son annexe du LCA dénommée Laboratoire de Recherches de SAINT-LOUIS, le LRSL.

L'IMI FAYOLLE avait pu mener cette opération en deux mois et demi, grâce, il faut le souligner à la coopération très active de l'équipe SCHARDIN. L'IM MITJAVILLE puis l'IM CAVE prenait la direction du LRSL en attendant la nomination d'un officier supérieur pour assumer cette fonction.

Les conditions nouvelles d'implantation du LRSL à SAINT-LOUIS modifiaient également la doctrine d'exploitation envisagée initialement dans le contexte d'une installation à VERSAILLES. Sans abandonner cependant ses vues pour l'avenir

FIG NICOLAU posait, pour l'immédiat les bases d'un régime de fonctionnement de son annexe :

- Commandement de l'annexe par un officier supérieur,
- Direction technique et scientifique confiée au professeur SCHARDIN,
- Comité technique de direction présidé par le directeur du LCA comprenant des ingénieurs militaires du LCA et des ingénieurs militaires désignés par le service technique DEFA,
- Réunions périodiques à SAINT-LOUIS,
- Fonctionnement administratif en annexe du LCA.

C'est le 16 août 1945 que le LRSL entrait en activité au profit de la DEFA et des services techniques français.

Ainsi, grâce à l'action de l'IMI FAYOLLE, à son appréhension réaliste de la situation, à la rapidité des décisions prises et au soutien immédiat du LCA, mais grâce aussi au Professeur SCHARDIN, à sa volonté, sa clairvoyance et son autorité sur ses collaborateurs, la dispersion de "L'Institut BERLIN GATOW" fut évitée et son unité conservée pour l'essentiel. Les conditions optimales d'un bon départ étaient réunies.

L'officier supérieur désigné par l'EMAT fut le Chef d'escadron CASSAGNOU qui prit ses fonctions de directeur le 1er novembre 1945.

DEMARRAGE du LRSL (1945-1947)

Le LRSL s'installait à SAINT-LOUIS à quelques kilomètres de la ville suisse de BALE dans une ancienne fonderie d'aluminium appartenant à une firme allemande⁵ placée sous séquestre en tant que propriété de l'état français.

C'était une usine très moderne, de belle présentation, entièrement clôturée, disposant de grands espaces libres, relativement isolée du pays. La superficie couverte dépassait les besoins immédiats mais réservait de grandes possibilités de développement futur.

Les travaux d'aménagement de grands bâtiments de type industriel en shed consistaient essentiellement, dans une première phase, en cloisonnements appropriés aux besoins fonctionnels. Ils pouvaient être effectués dans des délais très courts malgré la pénurie de matériaux.

Ces aménagements de première urgence furent conduits en respectant les dispositions d'un plan d'ensemble d'un projet établi par le Professeur SCHARDIN.

Un important atelier de mécanique et de menuiserie était à installer d'urgence afin de faire face à la fois aux besoins de remise en état des matériels qui avaient souffert du transport et à participer à l'aménagement des locaux.

⁵ : Ancienne société GROENINGER rachetée par la société allemande LEICHTMETALWERKE.

A cette date, les effectifs allemands se composaient outre le professeur SCHARDIN de:

- 9 docteurs physiciens ou chimistes,
- 6 ingénieurs diplômés,
- 7 ingénieurs techniciens,
- 17 ouvriers, manipulateurs, calculateurs, secrétaires, provenant tous de l'institut replié à BIBERACH.

Les effectifs français étaient réduits à quelques personnes détachées du LCA.

Il était urgent de redonner une activité à ces personnels allemands. En attendant la reconstitution des laboratoires, il fut demandé au Professeur SCHARDIN par l'IG NICOLAU d'établir un dossier précisant le rôle de chacune des sections, les travaux qu'elles pourraient entreprendre, de présenter un programme de travaux théoriques et de faire procéder à la rédaction, par chacun de ses collaborateurs, des mémoires sur leurs acquis techniques et leurs activités spécifiques pendant les hostilités.

Ceux-ci étaient en effet dépositaires de connaissances approfondies sur l'état de la technique de l'Armement en Allemagne à la fin de la guerre.

De son côté, le Professeur SCHARDIN, également soucieux de donner une activité à ses collaborateurs et d'assurer la continuité entre l'Institut de BERLIN GATOW et SAINT-LOUIS, reprenait sa tradition de réunions scientifiques hebdomadaires.

Pendant cette même période, d'autres récupérations purent être faites en Allemagne, notamment d'un lot important d'archives par l'IM MITJAVILLE en zone d'occupation américaine.

Au début de l'année 1946, 10 laboratoires étaient constitués :

- balistique intérieure,
- balistique extérieure et terminale,
- cinématographie par étincelles,
- radiographie éclair,
- ondes courtes (appliquées aux mesures balistiques),
- chimie-préparation d'explosifs et d'amorces,
- électronique-application à l'instrumentation,
- ondes de choc,
- charges creuses,
- mesures balistiques,

dont les noms suffisent à eux seuls à préciser leurs domaines d'activités.

A partir des possibilités expérimentales ainsi recrées et des documents rédigés par l'équipe allemande le chef du Service Technique de la DEFA put préciser les dispositions tendant à la consolidation de l'implantation à SAINT-LOUIS du LRSL, implantation qui n'avait été initialement retenue qu'à titre provisoire et à établir des propositions de travaux d'études dès janvier 1946.

Le développement des installations se poursuit activement pendant les années 1946-47. D'autres sections ou laboratoires furent créés :

- balistique théorique,
- physique théorique,
- aérodynamique théorique,
- aérodynamique expérimentale, souffleries, métallurgie, essais des matériaux,
- bureau de dessin,
- bibliothèque, documentation, traduction,

alimentées par le recrutement en Allemagne de nouveaux spécialistes de diverses origines. Citons en particulier le rapatriement en octobre 1950 sur SAINT-LOUIS du bureau d'étude de souffleries d'EMMENDINGEN qui travaillait déjà pour le LRBA. Il jouera un rôle important dans la conception de la soufflerie supersonique de VERNON et donnera une nette impulsion aux études aérodynamiques au LRSL.

Ainsi tout le personnel scientifique est allemand. Il est placé sous la direction scientifique du Professeur SCHARDIN et sous son autorité pleine et entière.

Dans le même temps et sous une forme déjà préconisée par le Directeur du LCA, l'encadrement supérieur français se met en place. Quatre postes d'adjoints aux recherches sont créés à SAINT-LOUIS, tenus par des ingénieurs militaires des FA. Leur compétence recouvre l'ensemble des activités des laboratoires.

En 1948, l'inspection de la DEFA instaure un collège "d'ingénieurs correspondants" au nombre de 9 lors de sa création (dont les IMC LAFFARGUE, CAROUGEAU, BESSE, les IM DEFRANCE, FAYOLLE, TESSON, CARRIERE, VIARD (ingénieur des poudres) choisis au sein du ST/DEFA ou provenant des établissements. Une charte des relations entre ingénieurs correspondants, ingénieurs adjoints aux recherches, le Directeur scientifique, les Chefs de laboratoire, le Directeur de l'établissement codifie des règles de fonctionnement particulières au LRSL sur les plans tant technique qu'administratif et financier.

- Le programme des travaux et son financement sont établis par le service technique DEFA qui en fait suivre le déroulement par les ingénieurs correspondants.
- Les adjoints aux recherches sont les représentants locaux permanents des ingénieurs correspondant du Directeur, chacun pour un groupe de laboratoires. Ils veillent à l'exécution du programme, assurent la mise en place des moyens nécessaires et contrôlent leur emploi. Leur rôle fut déterminant dès leur entrée en fonction. De plus, leur participation personnelle aux travaux dans certains secteurs de recherches prit de plus en plus d'importance⁶.

Fin 1946, les effectifs se présentaient ainsi :

FRANCAIS

3 officiers ingénieurs
 1 sous officier
 19 administratifs
 4 techniciens
 60 ouvriers

ALLEMANDS

49 scientifiques dont 13 docteurs
 physiciens ou chimistes et 7 ingénieurs
 2 administratifs
 26 techniciens, ouvriers et secrétaires

Le développement des activités conduit à aménager des emplacements d'expérience et de tirs en extérieur dans la forêt de la HART à l'île NAPOLEON près de MULHOUSE (décret d'affectation du 13.8.1947). Ces emplacements largement utilisés seront progressivement abandonnés après quelques années d'exploitation à la suite de la mise à disposition de la DEFA pour ses 2 établissements de SAINT-LOUIS et de MULHOUSE (AME) par l'autorité militaire régionale, d'un terrain d'essais dans le champ de tir de garnison. Le layon dont disposera la DEFA sur ce champs de tir permettra :

- les tirs au canon et à l'arme automatique jusqu'à 400 mètres (1500 m sous certaines contraintes),
- l'exécution d'explosions statiques,
- les tirs sur blindages à faible distance avec des obus à charge creuse.

Des dépôts de munitions et produits pyrotechniques sont également mis à disposition ainsi que des locaux de gardiennage et d'usages divers.

A SAINT-LOUIS les moyens seront complétés avant 1958 par :

- un équipement de calcul électronique GAMMA 3 de BULL et tambour magnétique,
- un tunnel de tir expérimental de 150 mètres pour tir au canon de 20 mm (1954),
- une soufflerie à rafales (1956).

Le développement des moyens spécifiques liés aux besoins expérimentaux conduit à réaliser un ensemble d'ateliers de façonnage des poudres et de conditionnement des explosifs et des locaux de stockage de munitions confectionnées et de petites quantités de poudre et d'explosifs.

Ces installations conformes aux normes réglementaires permettent d'effectuer des travaux pyrotechniques dans les conditions optimales de sécurité pour le personnel et pour la population voisine de l'établissement.

Un bâtiment fonctionnel est construit en 1953 pour loger les services administratifs.

Dans ce même bâtiment est également installée une véritable bibliothèque technique très méthodiquement organisée comportant une grande salle de lecture et les bureaux des bibliothécaires.

Sept pavillons pour le logement des cadres français sont édifiés à SAINT-LOUIS (1954). Deux blocs de logements sont mis à disposition des techniciens allemands à WEIL (1952).

SITUATION ADMINISTRATIVE

La tutelle du LCA s'est exercée jusqu'au 1^{er} octobre 1946 date à laquelle la DEFA fonda, sous la direction de IIG LIBESSART⁷ un grand établissement de Recherches, le Laboratoire de Recherches Balistiques et Aérodynamiques, (LRBA) dont le siège était à SAINT CLOUD et regroupait les Etablissements:

- de VERNON en cours de création,
- de VERSAILLES-SATORY (ETVS),
- de FORT de la BRICHE en région parisienne,
- de SAINT-LOUIS.

Cette structure centralisée disparut en avril 1949 peu avant le passage en 2^{ème} section de IIG LIBESSART. Le LRBA à VERNON, devint un établissement autonome de la DEFA, dépendant techniquement de ST/ERT/DEFA.

Les crédits d'études et de fonctionnement du LRSL lui sont attribués par l'administration centrale, la rétribution des personnels allemands faisant l'objet de dispositions particulières.

Tout en conservant la structure d'encadrement précitée, la DEFA avait procédé à l'affectation de quelques ingénieurs militaires, ingénieurs de travaux d'Armement, d'officiers d'administration et le recrutement d'ingénieurs civils et de techniciens sur contrat ainsi que du personnel ouvrier d'origine principalement locale afin de renforcer les effectifs.

En mars 1958, lors de la transformation du LRSL en Institut franco-allemand ses effectifs se présentaient approximativement ainsi :

| ALLEMANDS | FRANCAIS |
|--|---|
| 30 Professeurs, docteurs et Ingénieurs diplômés | 5 Ingénieurs militaires dont le Directeur |
| 20 Ingénieurs | 2 Ingénieurs de travaux |
| 25 Ouvriers | 2 Officiers d'administration |
| 5 Administratifs-Secrétaires | 5 Ingénieurs civils |
| | Environ 200 Ouvriers-Secrétaires Gardiens-Chauffeurs |
| <hr/> 80 | <hr/> 216 |

7 : IIG LIBESSART avait consacré une grande partie de sa carrière à des travaux de balistique intérieure et expérimentale, de détonique et d'aérodynamique. Il avait pu poursuivre une certaine activité dans ces domaines en Grande-Bretagne pendant toute la durée des hostilités.

DIFFICULTES RENCONTREES

La mise en fonctionnement de l'établissement pour atteindre un régime de croisière satisfaisant ne fut pas sans poser au Commandant CASSAGNOU de nombreux problèmes dans l'exercice d'un commandement particulièrement difficile.

Ils tenaient en premier lieu au caractère bi-national de ses effectifs et à l'inadaptation des règlements administratifs à une création de ce type. Ils étaient également d'ordre psychologique. L'incertitude qui régnait quant au devenir de l'établissement dans l'esprit de certains et jusqu'à un très haut niveau hiérarchique pouvait peser sur la détermination de donner au LRSL son plein épanouissement. La lourdeur et les contraintes du dispositif d'encadrement français sous-tendues par cette incertitude latente étaient perçues par l'équipe allemande comme un frein à son activité. Le Professeur SCHARDIN en faisait état dans un mémorandum à l'occasion du 5ème anniversaire de l'établissement. Il était indispensable d'établir une confiance réciproque entre les parties prenantes française et allemande. En fait celle-ci s'instaura assez rapidement après une inévitable période de rodage au cours de laquelle les conditions de travail, de relations extérieures et d'accueil se précisèrent, dans un climat de grande franchise et de réalisme et les responsabilités de chacun apparurent plus clairement.

Le sérieux du travail effectué dans les laboratoires, les résultats obtenus, leur présentation objective créèrent l'atmosphère de confiance souhaitée. La qualité des visiteurs et le jugement qu'ils portaient sur le LRSL concoururent à l'accroissement de son assise et de sa réputation tant nationale qu'internationale.

Par ailleurs, les problèmes de la vie courante des allemands et des familles se sont réglés entre 1945 et 1949 grâce entre autre aux efforts des autorités françaises, allemandes (et suisses !) répondant aux démarches du Commandant CASSAGNOU et aux liens personnels qui s'établirent, favorisés par l'affectation des personnels militaires du LRSL aux forces d'occupation (4646 GRA à LÖRRACH puis MULHEIM) et leur logement à LÖRRACH⁵.

Dans l'ensemble, les personnels allemands du LRSL étaient plutôt favorisés par rapport à l'ensemble de leurs compatriotes.

Les résiliations de contrat inévitables après un recrutement un peu hâtif furent relativement peu nombreuses. Une sélection put être effectuée. Quelques fonctionnaires furent tenus d'honorer leurs statuts en reprenant rang dans leurs administrations respectives en RFA. Dans l'ensemble le noyau fut à peu près conservé.

Un autre problème épineux auquel eut à faire face le Directeur dès décembre 1945 fut la revendication du droit de propriété des lieux posée par l'ancienne propriétaire (affaire GROENINGER), problème envenimé par une violente campagne de presse haineuse et mensongère qui faillit même remettre en cause l'implantation du

⁵ : A souligner l'aide efficace que ne cessa d'apporter le commandement militaire régional français à LÖRRACH-WEL.

LRSL à SAINT-LOUIS. Il fut définitivement réglé par le décret d'expropriation pris en date du 5 octobre 1950 par le gouvernement français.

Enfin, la présence d'allemands à SAINT-LOUIS pouvait, pensait-on, risquer de soulever quelques difficultés. Il n'en fut rien même pendant la haineuse campagne de presse précitée reprise par un journal local, et le règlement très strict qu'avait établi le Directeur, fut rapidement assoupli.

Une autre campagne de presse fut déclenchée un peu plus tard pendant la période des tractations franco-allemandes en vue de la création de l'ISL. Tout aussi insidieuse et mensongère, elle tentait d'accréditer l'idée que les allemands travaillaient sur des problèmes concernant la bombe atomique française.

APPORTS SCIENTIFIQUES ET TECHNIQUES

Pendant l'année 1946, l'activité fut principalement consacrée à la remise à hauteur des laboratoires et la rédaction de notes techniques. Les moyens furent reconstitués au niveau élevé des besoins de recherches développées en Allemagne à l'Institut SCHARDIN. Les chefs de laboratoires avaient de bonnes connaissances scientifiques et une très grande pratique expérimentale et un savoir faire dans les domaines, d'ailleurs très spécialisés, qui étaient les leurs, un peu à la manière américaine. Leur avance technique représentait un capital scientifique très important.

A la même époque, à la DEFA, des moyens de recherche déjà assez peu étoffés avant la guerre se recréaient péniblement sur les ruines des établissements. Le LCA était probablement le seul établissement structuré et encadré en état normal de fonctionnement à son retour de CAUSSADE. Le profit qu'il tira de ses premiers contacts avec sa nouvelle annexe fut immédiat et concret: ses ingénieurs ne furent cependant pas les seuls à bénéficier des avancées techniques ainsi disponibles et les visiteurs furent nombreux à SAINT-LOUIS. L'exploitation des archives et des notes techniques plus récentes, la confrontation avec la méthodologie allemande, les échanges entre spécialistes accélérèrent très certainement pour une part la renaissance et le développement en FRANCE de la recherche dans les domaines des connaissances rassemblées à SAINT-LOUIS.

Cet important volet d'activité orienté vers la diffusion et le transfert des connaissances acquises se développera constamment.

Elle se manifesta par :

- l'accueil de visiteurs d'horizons très divers, industriels travaillant pour la défense nationale, ingénieurs et officiers des 3 armes, spécialistes français et étrangers appartenant à des centres de recherches (ONERA-CNES-CEA...),
- des visites d'élèves de grandes écoles militaires (constructions navales, ENSAR...) et détachement de longue durée de stagiaires (CNRS),
- des colloques à objet précis très ouverts sur l'extérieur.

- des participations importantes à des congrès et particulièrement aux congrès internationaux de cinématographie ultra-rapide où la présence des représentants du LRSL et du Professeur SCHARDIN était très appréciée,
- une large diffusion de nombreuses publications qui conduisit en 1954 à développer des moyens de traduction, d'impression et de tirage importants. En 1950 on dénombre la parution de 165 rapports et 127 notes techniques.

A la fin de l'année 1946, le Professeur SCHARDIN présenta un premier rapport d'activité dans les 3 domaines :

- problème de résistance de l'air,
- étude de phénomènes de combustion et de détonation,
- développement des appareils de mesures balistiques.

Le développement des appareils de mesures balistiques constitue un deuxième volet important de l'activité par le caractère d'intérêt général qu'il recouvre, débordant la seule application à l'expérimentation balistique et aérodynamique nous citerons :

- les moyens de visualisation des phénomènes rapides qui font appel à des équipements de prises de vues cinématographiques rapides (caméras à étincelles, radiographie-éclair, obturateurs à cellules de KERR ou à transformateur d'images...) et à leurs dispositifs et méthodes optiques associés),
- la mesure des pressions dans les bouches à feu,
- la mesure de la vitesse des projectiles par barrières optiques ou magnétiques et mesure du temps par comptage électronique, appareil utilisant l'effet DOPPLER en ondes centimétriques,
- la mesure de la vitesse d'écoulement gazeux par sonde ionique et des pressions dans les ondes de choc par microphone condensateur,
- la prise de vue par radiographie éclair, particulièrement précieuse pour les essais de charges explosives,
- la création de moyens divers adaptés à un besoin donné.

Le développement industriel de certains de ces appareils était repris par le LCA.

Le laboratoire de chimie, principal fournisseur des autres laboratoires en explosifs et dispositifs d'amorçage, doué d'une grande expérience dans la manipulation de ces produits constitue un moyen supplémentaire et original de grande efficacité.

Si l'activité du LRSL, dans ses débuts put sembler à certains esprits critiques quelque peu "statique", la richesse en moyens expérimentaux qui en résulta, joint à la grande pratique de leurs utilisateurs et à la complémentarité des sections en firent un potentiel scientifique considérable pour conduire les travaux qui lui furent confiés.

TRAVAUX REALISES

Les premiers travaux théoriques effectués furent le prolongement de ceux qui étaient en cours à l'Institut de BERLIN.

Citons d'une manière succincte et non exhaustive :

- le problème de la résistance de l'air autour d'un projectile de forme donnée et l'élaboration de bases nouvelles pour la réalisation de nouvelles formes,
- la physique théorique appliquée à la perforation des blindages,
- la physique des matériaux: étude théorique et expérimentale de la propagation des fractures,
- l'aérodynamique: développement d'un nouveau procédé pour déterminer la distribution des pressions autour d'un projectile,
- la balistique intérieure.

Quelques études particulières avaient été demandées au cours de l'année 1946 par l'école de Pyrotechnie de BOURGES (ECP) sur la pénétration de jets de charges creuses, par le LCA pour le développement d'un appareil de mesure des vitesses par effet DOPPLER, par ST/MU pour la réalisation d'une amorce électrique à temps de réaction très court.

C'est en octobre 1948 que fut établi par ST/DEFA le premier programme de travaux dit "PROGRAMME DU 8 OCTOBRE 1948" mis au point en commun par la DEFA et l'EMAT. Il confiait délibérément au LRSL des travaux dont l'aboutissement pouvait conduire à des applications militaires directes. C'était une évolution importante de la vocation initiale attribuée à l'établissement et une orientation nouvelle de son avenir. Elle se prolongea jusqu'à l'arrivée à la tête de ST/DEFA de FIG GAROUGEAU qui en marqua la fin.

Elle avait aussi des répercussions sur les liaisons à établir avec les divers établissements de la DEFA.

Le programme comprenait en gros les études suivantes:

- études générales (théoriques et expérimentales) des charges creuses et plates et de projectiles à charge creuse,
- brouillards explosifs,
- engin anti-char téléguidé,
- étude théorique d'un nouveau casque militaire,
- application des charges plates (anti-char et anti-aérienne), - silencieux pour armes portatives,
- obus de 105 à charge creuse en rotation,
- amorces électriques de grande sensibilité,
- canon sans recul anti-char lourd de 150.

Sa réussite fit décider d'envisager de nouveaux programmes.

Durant les années suivantes des demandes nouvelles vinrent alimenter régulièrement l'activité de l'établissement soit à l'initiative de LRSL (études théoriques, de physique pour la métrologie des essais) soit en provenance de ST/DEFA ou d'établissements, soit de services extérieurs.

Citons en quelques unes:

- étude de caractéristique de matériaux,
- impact à la surface d'un liquide,
- contribution à la lutte anti-char,
- mesure de température dans les flammes,
- rayonnement électromagnétique d'une explosion,
- propagation des ondes de choc dans l'eau.

L'énumération complète n'est pas utile. De nombreux rapports très bien illustrés existent à SAINT-LOUIS. Une liste des principaux figurent en annexe. L'échantillonnage ci-dessus donne un aperçu des domaines abordés et de leur diversité.

Il faut signaler que le Professeur SCHARDIN s'efforcera toujours de conserver une part importante d'activité consacrée à la recherche théorique.

QUELQUES REALISATIONS MARQUANTES

En matière de charges creuses, amélioration de l'efficacité par optimisation de la forme du revêtement, contribution à la mise au point de charges miniatures pour forages pétroliers, réalisation de charges pour l'ENTAC, pour la munition du canon sans recul de 150, pour le projectile de 105 à charge creuse non tournante.

Pour les mines, étude et réalisation de mines anti-char et anti-personnels à charge creuse, charge plate et à assiette déformable dont certaines adoptées par l'Etat-Major sont à l'origine de la mine HPD.

En matière de matériels d'artillerie, étude et réalisation d'un canon de 150 sans recul monté sur un véhicule chenillé HOTCHKISS, tirant une munition à charge creuse à faible vitesse de rotation-rayures à 4° (1949-1954). Expérimenté à l'ETBS, il resta sans suite en raison du peu de discrétion du canon (flamme et fumées), de ses performances médiocres, des difficultés de le servir, mais aussi par suite de l'évolution de la doctrine de l'EMAT en matière de canon sans recul depuis le lancement de l'étude.

En matière de munitions anti-chars:

- étude, réalisation et essais de l'engin "floguidé" ENTAC transféré à l'APX pour industrialisation,
- étude, réalisation et essais de l'obus de 105 à charge creuse non tournante dit "obus G", transféré sur l'ALN en 1957 pour industrialisation puis fabrication en série par l'ATS pour le canon du char de 30 T,
- adaptation au calibre 90 du même type de munition (restée sans suite en raison de la meilleure efficacité au but de l'obus empenné de 90 de l'ARE).

En matière de dispositifs d'amorçage, utilisation de la piézo-électricité comme générateur d'énergie pour les fusées électriques, applications à l'obus G.

En ce qui concerne les moyens expérimentaux, leur diffusion prit diverses formes soit par mise à disposition par prêt, soit par reproduction par le demandeur, soit par concertation avec les futurs utilisateurs en vue de leur adaptation à l'environnement dans lequel ils seront exploités.

Des réalisations ont été faites pour certains établissements:

- appareillage d'enregistrement des pressions (ETBS),
- appareillage sur remorque de mesure des vitesses initiales mis à la disposition de l'ETBS à BOURGES, SUIPPES et GAVRES,
- appareillage de cinématographie éclair à 24 images pour le laboratoire des charbonnages de France,
- vézérographe pour le LCA qui en reprit la fabrication (1955).

Un certain nombre d'installations effectuées dans divers établissements furent directement inspirées des travaux poursuivis au LRSL telle par exemple le stand de radiographie-éclair implantée à l'EFAB à BOURGES par l'IM DEFRANCE, ancien ingénieur adjoint aux Recherches au LRSL installation unique au monde à l'époque de sa réalisation.

En matière de recherches scientifiques, les acquisitions nouvelles dans les domaines de la balistique et de la détonique préfiguraient la future orientation de l'établissement vers la recherche d'amont.

TRANSFORMATION DU LRSL

L'évolution du LRSL pendant la 1^{ère} décennie de son existence en avait fait un établissement qui avait pris corps et notoriété par le fort potentiel intellectuel et matériel qu'il représentait et par l'importance, le niveau et la qualité des travaux qui s'y étaient effectués. Il constituait une entité bien caractérisée.

Le personnel allemand s'était bien intégré, un noyau stable oeuvrant en excellente coopération avec les personnels français, dans un établissement français où un "esprit d'établissement" animait l'ensemble des personnels quelle qu'en soit l'origine.

Bien que le LRSL ait reçu, depuis sa création, un grand nombre de visites intéressées, de personnalités scientifiques et militaires françaises et alliées, c'est à l'Armement français qu'ont surtout profité les travaux effectués à SAINT-LOUIS et c'est le ministère de la Défense Nationale par le truchement de la DEFA qui en a supporté toutes les charges et ces charges étaient lourdes. L'assise financière et scientifique de la seule DEFA devenait manifestement insuffisante après 10 années d'exploitation pour redonner au LRSL l'impulsion nécessaire à un plus vaste développement à la mesure de ses possibilités potentielles et de l'évolution prévisibles des missions.

De plus, dès 1954, il apparaissait que l'évolution de la conjoncture générale sur le plan européen conduirait à envisager progressivement l'élargissement de l'appartenance du LRSL de son support de tutelle et de sa clientèle vers une transformation en une organisation franco-allemande interarmées. Sa situation géographique, la composition de son personnel et son origine le prédisposait à cette

évolution proposée par l'IG CASSAGNOU et le Professeur SCHARDIN et vers laquelle tendait l'ensemble du personnel, convaincus de l'utilité et de la nécessité d'une étroite coopération franco-allemande dans le domaine des recherches sur l'armement. Cette attitude, orientée vers l'avenir, a contribué à la prise de conscience politique de cette nécessité. Sur demande de l'Etat-Major des Armées, l'IG CASSAGNOU établit un projet d'ISL qui servit de base initiale aux échanges de vue périodiques (alternativement à Paris et à Bonn).

C'est le 31 mars 1958 qu'eut lieu, à SAINT-LOUIS, au cours d'une cérémonie officielle très solennelle la signature par Messieurs CHABAN-DELMAS et STRAUSS, respectivement ministres de la défense des deux pays, de la convention relative à la "création et à l'exploitation de l'INSTITUT FRANCO-ALLEMAND de SAINT-LOUIS". Cette convention entra en vigueur le 22 juin 1959.

Le LRSL devint un établissement bi-national public géré suivant les principes du droit privé français par un conseil d'administration de 6 membres (3 français et 3 allemands). L'établissement du programme d'activité est élaboré au sein d'un conseil consultatif de recherches et d'études comprenant 9 membres pour chaque pays. Son budget annuel est alimenté à parts égales par les deux gouvernements.

La direction de l'établissement est assurée par deux Directeurs et deux Sous-Directeurs français et allemands.

Ainsi, la DEFA apportait dans la corbeille de mariage un établissement bien structuré, de potentiel scientifique et technique de haut niveau qu'elle avait créé et développé avec clairvoyance et efficacité.

La contrepartie financière fournie par le gouvernement allemand donna à l'établissement son second souffle pour une extension qui fut importante et rapide sans toutefois atteindre le gigantisme.

La DEFA continue d'apporter sa contribution à la marche de l'ISL par la présence de représentants à son conseil d'administration, à son conseil consultatif de recherches et d'études et par le détachement d'ingénieurs pour l'encadrement français.

Deux personnalités ont marqué la vie du LRSL depuis sa création jusqu'à sa transformation en Institut franco-allemand dont elles sont aussi les artisans :

- l'Ingénieur Général de l'Armement CASSAGNOU par son autorité à la fois ferme et souple, sa diplomatie tant dans ses relations de direction qu'avec les autorités de tutelle et les autorités locales et par l'idée qu'il se faisait de la mission qui lui avait été confiée. A son départ de SAINT-LOUIS, BONN lui conféra la "GROSS VERDIENST KREUZ mit Stern";
- le Professeur SCHARDIN par sa clairvoyance, sa volonté et son ascendant sur des collaborateurs aussi bien sur le plan scientifique que sur celui des relations humaines.

L'IGA CASSAGNOU

L'ingénieur Général de 1ère classe des Fabrications d'Armement CASSAGNOU, X promotion 23, est né à Chalons sur Marne en 1903. Sorti dans l'Artillerie, il est nommé en 1938 Capitaine inspecteur des Etudes de l'Ecole Polytechnique puis commande un groupe d'artillerie jusqu'à l'armistice en 1940. Il rejoint l'Ecole Polytechnique au titre de sous-gouverneur. Il suit entre temps des cours à l'Institut Supérieur d'Optique et fait deux années de Droit. A la reprise des hostilités il commande un groupe d'artillerie à la 1ère armée jusqu'à sa nomination par l'EMGA (Général LAVAUD) à la direction du LRSL le 1.11.45. En 1952 il est admis dans le corps des IMFA au grade d'ingénieur en Chef et poursuit sa carrière comme Directeur français de l'ISL jusqu'à son admission en 2ème section en 1965. L'IGA CASSAGNOU est décédé le 14.1.90.

Le Professeur SCHARDIN

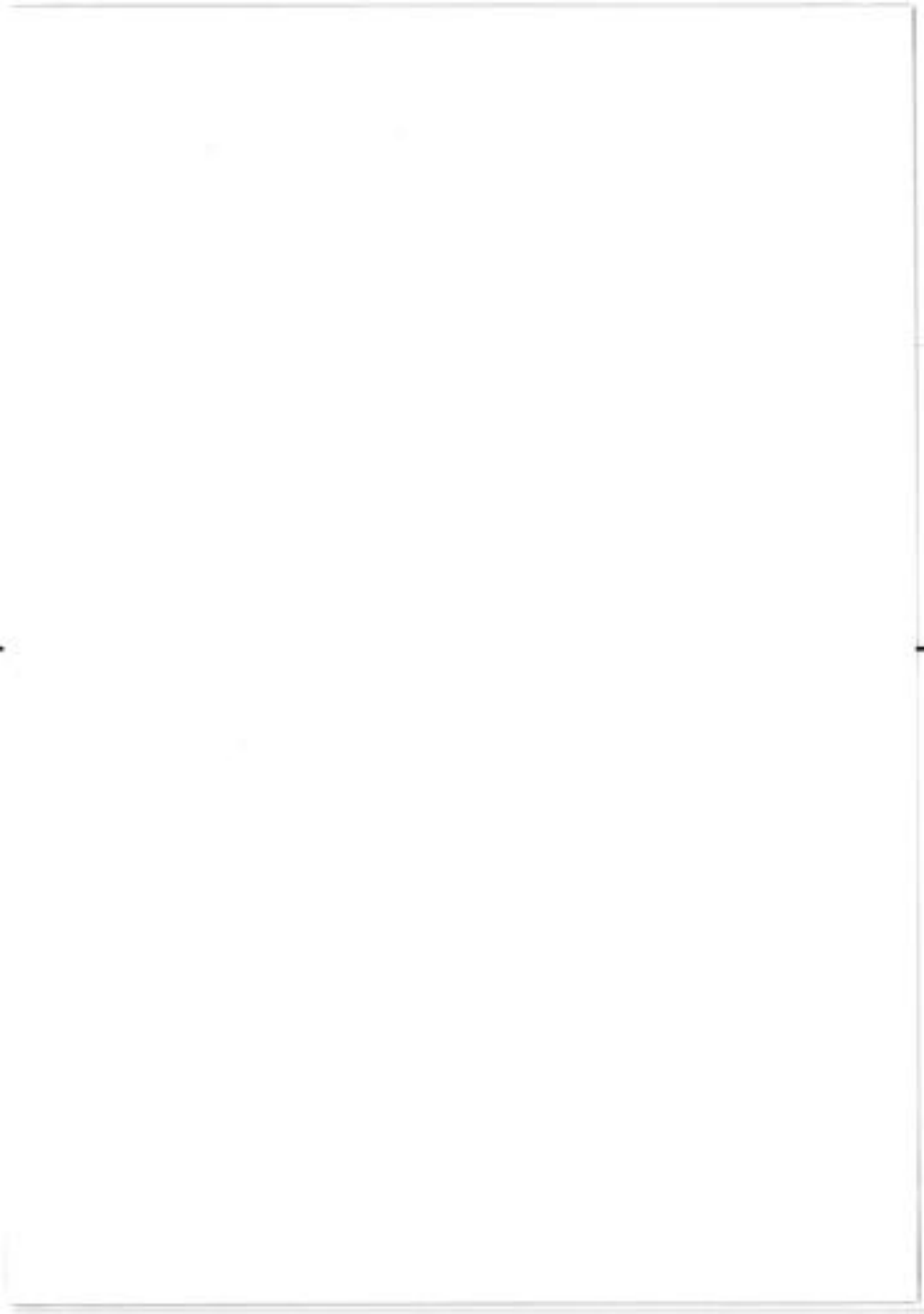
Le Professeur Hubert SCHARDIN était né en 1902 en POMERANIE. Il effectua des études de physique et de mathématique aux écoles supérieures de BERLIN et de MUNICH. Après une thèse sur le procédé TOPPLER de stioscopie il passa une année en Chine où il fonda avec le Professeur CRANZ dont il avait été l'élève, un institut de recherches balistiques.

En 1936, il prend la direction de l'Institut de balistique et de physique à l'académie technique de l'armée de l'Air à BERLIN GATOW, Institut qu'il replia à BIBERACH.

En 1964, il quitte ses fonctions à l'ISL pour occuper le poste de directeur technique du ministère fédéral de la Défense.

Il fut frappé d'une congestion cérébrale lors du congrès International de cinématographie ultra rapide à ZURICH en 1965.

Nous remercions tout particulièrement les IGA PAGET et RATEAU pour leur contribution à la rédaction de cet historique du LRSL et soulignons l'action déterminante de l'IGA FAYOLLE dans la création du LRSL en 1945.



ANNEXE

LISTE DE QUELQUES RAPPORTS DU LRSL DE 1945 A 1959

| Nom de l'auteur | Sujet traité | Référence du rapport ou date des travaux |
|--|--|---|
| Prof. SCHARDIN | Phénomènes de perforation Problèmes de lutte antichar Diagrammes de destruction Velocity affects in fracture Cinématographie éclair Visualisation | 5a/48 3a/51 7/52 1/59 45 à 59 Idem |
| Prof. RICHTER | Propagation onde de choc Elasticité Calcul des probabilités | de 45 à 54 |
| Prof. SAUER | Aérodynamique théorique Applications diverses | de 45 à 50 |
| Prof. SAUTTER | Ondes de choc Charges creuses | de 46 à 59 |
| WECKEN | Aérodynamique Détonique | de 46 à 76 |
| MOLITZ | Balistique théorique et appliquée Recherche opérationnelle | de 46 à 61 |
| WILLMS FROBOSE Prof. TRENDELENBURG | Acoustique. Mesures de pression dans les ondes de choc | de 46 à 53 |
| FÜNFER MULLER | Physique de l'étincelle Cellule de KERR Transformateur d'images Visualisation des détonations | de 46 à 55 |
| STENZEL | Compteurs électroniques | de 50 à 57 |

| | | |
|-----------------|---|--------------------------|
| B.KOCH | Mesures de vitesse par ondes décimétriques | rapport 4/47 |
| | Mesures de vitesse par effet Doppler | rapport 26/50 |
| SCHALL | Vézérographe à compteur | 24/2/58 |
| | Tous problèmes théoriques et pratiques relatifs aux charges entre autres méthodes graphiques de calculs des charges creuses | rapport 1 a/52 |
| THOMER | Radio éclair à IM Volts | T-8/59 |
| RATEAU | Canon de 150 sans recul | 23/3/53 |
| DEFRANCE | Calcul graphique approché de la perforation d'une charge creuse | 15/2/52 NT la/56 |
| | Compensation de l'effet de la rotation des charges creuses | NT 9a/52 |
| | Notions élémentaires sur les charges creuses | 18/2/49 Rapport 15/49 |
| DEFRANCE | Etude d'une amorce électrique instantanée à très faible énergie de fonctionnement CR n° 1 et 2 | 30/3/49 31/3/49 |
| DEFRANCE | Etude du temps de réaction des fusées percutantes | 10 à 50 |
| RATEAU PAGET | Obus à charge creuse type G | 1/56 |
| PAGET | Remarques sur la méthode de dépouillement des lectures du vézérographe | 12/9/55 |
| PAGET | Principe et description du vézérographe à comptage d'impulsions | 5/3/58 |

II - L'INSTITUT FRANCO-ALLEMAND DE ST LOUIS (ISL)

ORIGINES

C'est donc en 1958 que le Laboratoire de Recherches de St Louis (LRSL) recevait de la part des deux gouvernements de Paris et de Bonn son nouveau statut et sa mission, tandis que ces deux gouvernements s'engageaient envers lui sur le double plan scientifique et financier par une Convention, laquelle devait entrer en vigueur le 22 juin 1958. On peut souligner que cet événement intervenait tout naturellement dans une période particulièrement faste de la volonté de coopération entre les pays; la venue au pouvoir du Général de Gaulle, d'abord considérée avec quelque réserve du côté de Bonn, avait rapidement débouché sur les excellents contacts entre le fondateur de la V^e République et le Chancelier Konrad Adenauer. Quant au domaine particulier de la Défense, les structures naissantes du Ministère fédéral (BMVg, Bundesministerium für Verteidigung) et de l'Office fédéral pour l'Armement (BWV, Bundesamt für Wehrtechnik und Beschaffung) se trouvaient imprégnées de la forte personnalité de Franz Josef Strauss. Tous ceux qui ont vécu cette période dans un cadre franco-allemand pourront bien témoigner que tout semblait alors possible. L'échec encore récent de la CED n'avait pas laissé de traces trop graves dans les esprits et il semble tout à fait logique aujourd'hui que le baptême de l'ISL, engagement sur l'avenir à long terme d'un effort de défense commun, ait été célébré cette année là.

CHARTRE ET MISSION - ORGANISATION

L'institut est un établissement de recherches scientifiques exploité en commun par la République Française et la République fédérale Allemande conformément aux dispositions de la Convention signée le 31 mars 1958. Les langues officielles sont le français et l'allemand.

L'ISL a pour mission d'effectuer des recherches fondamentales à caractère scientifique ainsi que des études prospectives dans le domaine des techniques de l'Armement.

Au sommet de l'organisation se trouve le Conseil d'Administration, composé paritairement de trois membres français et de trois membres allemands, tous appartenant au Ministère de la Défense de leur pays d'origine et représentant les organismes gouvernementaux de chacun des deux Etats.

Un Conseil Consultatif des recherches d'études composé de neuf membres français et de neuf membres allemands, appartenant pour la plupart à des organismes du secteur de la Défense, assiste le Conseil d'Administration pour les questions scientifiques.

La Direction de l'ISL est assurée conjointement par un directeur français et un directeur allemand, assistés de deux sous-directeurs, l'un responsable du secteur

technique, l'autre du secteur administratif. En outre, deux adjoints scientifiques traitent les problèmes inhérents à la recherche (élaboration des programmes, mise à disposition des moyens nécessaires, suivi de la bonne exécution des travaux).

Les directeurs sont assistés, en ce qui concerne la planification et le contrôle des travaux de recherches, par les chefs de département et les chefs des groupes scientifiques. La Commission de contrôle financier a également une structure paritaire; elle est composée de deux membres de chaque nationalité: du côté français, un membre du Contrôle général des Armées et le Contrôleur financier du Ministère de la défense et, côté allemand, de membres de la Cour fédérale des Comptes (Bundesrechnungshof).

ACTIVITES SCIENTIFIQUES - PROGRAMME TRIENNAL

L'Institut suit un programme triennal, lequel contient une planification détaillée pour l'année calendaire qui suit. Ce programme est défini annuellement par le Conseil Consultatif des recherches et études, puis approuvé par le Conseil d'Administration.

Dans le but d'éviter toute routine et de créer un espace de liberté nécessaire aux chercheurs, il est laissé aux groupes scientifiques une certaine marge dont ils peuvent disposer dans le cadre de la "recherche exploratoire". Ainsi les groupes scientifiques peuvent traiter de façon autonome des problèmes et sujets scientifiques, les résultats obtenus pouvant, au bout d'un certain temps, fournir de nouvelles impulsions au programme de recherches.

Institués en 1967, les groupes de recherches, au nombre d'une quarantaine, sont répartis en onze départements.

Les domaines traditionnellement traités peuvent être approximativement résumés par la liste ci-après:

La balistique : phénomènes engendrés au départ du coup à l'intérieur du tube et à la bouche, comportement du projectile sur sa trajectoire, effets de projectile à énergie cinétique élevée et à charge creuse sur les blindages.

La physique et la chimie des poudres et explosifs.

L'aérodynamique : écoulement autour de profils d'ailes et de corps élançés

L'acoustique : étude du bruit engendré par les jets de propulseurs, mesures propres à atténuer ce bruit, étude des ondes de choc (détonations, bangs d'avion) et de leurs effets physiologiques.

Les lasers : interaction rayonnement laser/matière, développement de lasers spéciaux.

A ces domaines s'ajoutent de nouvelles activités concernant notamment l'accélération électromagnétique (transformation de l'énergie électrique en énergie cinétique) et les "munitions intelligentes".

La métrologie : télémessures, photographie ultra-rapide, radiographie éclair, applications de l'holographie, anémométrie laser.

Des travaux scientifiques relevant pour l'essentiel de la recherche fondamentale sont regroupés en sept axes: turbulence, ondes aériennes, lasers, perforation/blindages, têtes explosives, balistique intérieure, impulsion électromagnétique.

L'ISL peut être également chargé d'études de concepts faisant appel aux résultats obtenus dans plusieurs de ces axes, et éventuellement à d'autres travaux complémentaires préparant des applications à plus court terme: ainsi le concept d'un projectile polyvalent tiré par le canon d'un char de bataille et destiné en première priorité à la lutte antihélicoptères.

PERSONNEL ET REGIME FINANCIER

L'ISL employait en 1984 quelques 450 personnes, 350 Français pour 100 Allemands. Les postes de chercheurs, ingénieurs, administratifs de haut niveau, sont en principe affectés paritairement aux ressortissants des deux Etats.

Les contrats de travail sont passés conformément à un statut qui constitue une synthèse des règlements français et allemands en matière de rapports contractuels entre l'employeur et le salarié, ainsi qu'en matière de couverture sociale. La règle absolue est l'absence de toute discrimination entre Français et Allemands, ce qui implique une adaptation permanente par le Conseil d'Administration à l'évolution de la législation du travail et du régime social dans chacun des deux Etats.

D'une manière également paritaire les représentants des personnels sont élus par l'ensemble du personnel, les agents de l'ISL ayant la faculté d'adhérer à des organisations syndicales légales ayant leur siège dans l'un des deux Etats contractants.

Le financement de l'ISL fait l'objet d'un budget annuel approuvé par les deux gouvernements. A titre d'exemple, le budget 87 s'élevait à 197 MF répartis comme suit:

33 MF : pour les investissements, dont 14,2 pour les matériels et les installations scientifiques.

164 MF : pour le fonctionnement, dont 75 % pour les frais de personnels charges sociales comprises, 7,5 % pour les impôts et taxes et 17,5 % pour les achats de matières et des services extérieurs.

Plus de 90 % des dépenses sont couvertes directement à parts égales par les subventions des deux Etats.

La gestion de l'ISL est subordonnée à un règlement financier qui lui est propre et impose un fonctionnement du type budgétaire: outre le compte rendu des activités

scientifiques, l'Institut établit pour chaque exercice un rapport financier, un bilan et un rapport général d'activité.

TRANSFERT DES RESULTATS DE RECHERCHE

Les crédits consacrés à la recherche en matière d'armement sont employés d'autant plus judicieusement que les connaissances acquises et les résultats obtenus sont accessibles aux établissements et organismes susceptibles de les exploiter pour leurs travaux d'études et de développement. Outre les 100 à 120 documents publiés annuellement l'ISL organise en début d'année pour chacun des six axes de recherche et éventuellement pour chaque Groupe d'étude de concepts, une réunion présentant les résultats les plus récents. Des représentants des organismes d'Etats concernés comme des ingénieurs de l'industrie d'armement et des chercheurs de différents instituts travaillant dans les domaines connexes, participent à ces réunions, soit environ 350 experts français et allemands.

Bien entendu des chercheurs de l'ISL participent fréquemment en tant qu'experts à des réunions des spécialistes à caractères nationales organisées par les ministères.

Enfin, l'ISL organise, au moins une fois par an, en plus des réunions ci-dessus mentionnées, un congrès scientifique binational (voire international) en rapport avec l'un de ses domaines d'activités (voir plus loin liste annexe).

COOPERATION AVEC DES ORGANISMES NATIONAUX - ROLE PARTICULIER DE L'ISL

Au-delà de nombreuses rencontres servant au transfert des connaissances, l'ISL effectue des campagnes de mesures et d'autres travaux de recherches en liaison avec des organismes nationaux, parmi lesquels on peut citer: l'Office National des Etudes et Recherches Aérospatiales (ONERA), le Deutsche Forschung und Versuchsanstalt für Luft-und Raumfahrt (DFVLR), le Fraunhofer-Institut für Kurzeitdynamik (institut Ernst Mach Emi), l'Institut de Mécanique des Fluides de Lille (IMFL), l'Etablissement Central de l'Armement (ETCA: Centre d'Arcueil et Centre d'Etudes de Gramat), le Forschungsinstitut für Optik (FIO, etc...).

L'institut bénéficie par ailleurs de concours précieux comme ceux de la Wehrtechnische Dienststelle für Waffen und Munition de Meppen (WDT 91), de l'ETBS (Bourges) et du GERBAM (Gávres) pour effectuer des campagnes de tir permettant de réaliser ou de vérifier à échelle réelle les résultats extrapolés de ceux obtenus à échelle réduite au laboratoire.

QUELQUE EXEMPLES DE TRAVAUX ILLUSTRANT LES RESULTATS ACQUIS PAR L'ISL

Une telle présentation est évidemment la résultante d'un choix. Les résultats obtenus ont été choisis dans les secteurs les étroitement orientés vers les applications, mais ce choix ne doit en aucune manière faire perdre de vue que la base de toute

recherche appliquée est la recherche fondamentale, dont les résultats sont transférés de façon continue pour les besoins de l'armement en France et en RFA.

Il est rappelé que les travaux effectués à l'ISL correspondent à un programme triennal défini annuellement par le conseil consultatif des recherches et études, approuvé par le Conseil d'administration.

Munitions sans douille et à douille combustible

La réalisation d'une munition sans douille métallique permet une réduction de la masse de 50 à 60 % et une réduction de volume de 20 à 30 % liées à l'emploi des nouvelles matières plastiques. D'une part l'ISL a, pour les petits et moyens calibres, réalisé une douille combustible en matière plastique expansée (polyuréthane par exemple) avec une charge propulsive de poudre en vrac, d'autre part l'ISL a réalisé une charge propulsive rigide faite de composants de poudre à liant plastique.

Ainsi ont pu être proposées pour le calibre 30 mm diverses variétés d'enveloppe protectrice pour projectile explosif et le projectile flèche sous-calibré, également des charges à grains de poudre collés pour les calibres 7,62 et 12,7 mm, résultats communiqués aux deux pays qui en ont poursuivi le développement.

Bruits, lueurs et fumées à la bouche d'une arme

Les divers phénomènes produits à la bouche d'un canon, outre la gêne notable qu'ils procurent aux servants de l'arme, constituent une signature qui facilite le repérage de la position de tir par l'ennemi.

Ces phénomènes ont été analysés systématiquement sur les armes de petit calibre. L'écoulement et composition chimique des produits de combustion ont fait l'objet d'études particulières. Une mesure très précise de la vitesse des particules entraînées, grâce à un vélocimètre laser, a permis d'analyser le champ de vitesse des gaz éjectés et de suggérer les actions à entreprendre pour diminuer les lueurs émises au départ du coup.

Comportement de projectiles et de roquettes sur leur trajectoire

La balistique extérieure faisant partie des domaines traditionnels de recherche de l'ISL, des travaux ont été entrepris dans le cadre du Groupe d'études de concept (GEC1) pour optimiser un projectile flèche sous-calibré perforant caractérisé par une durée de vol très courte. Le résultat est ainsi un projectile flèche en vol largement supersonique (Mach 3), à coefficient de traînée très réduit $C_x = 0,19$ et pour lequel divers types de sabot de lancement ont pu être proposés, tant pour des tubes lisses que pour des tubes rayés.

Des études théoriques viennent compléter les investigations expérimentales pour affiner les critères de stabilité en vol, ce qui constitue la base du développement de tous les projectiles nouveaux, obus ou roquettes. La déviation latérale de certains projectiles par l'effet du vent a pu être ainsi réduite dans des proportions considérables.

Effet du rayonnement laser sur différents matériaux

L'ISL a étudié avec différents types de lasers (CO_2 , CO, DF...) les effets thermiques et thermomécaniques des rayonnements laser sur des matériaux composites, les distinctions correspondantes et les parades à envisager contre ce type d'agression.

Développement de lasers spéciaux

Les caractéristiques techniques des lasers disponibles dans le commerce ne permettent pas toujours de résoudre les problèmes posés en métrologie. Aussi bien dans les domaines d'études balistique et aérodynamique, il a été nécessaire de mettre au point des lasers spéciaux, permettant soit une grande souplesse d'emploi selon le régime souhaité, soit possédant des caractéristiques adaptées aux méthodes de mesure imaginées. Lorsqu'il s'est agi d'étudier l'interaction rayonnement laser pulsé/matière, des lasers à CO_2 et des lasers chimiques permettant des densités de puissance très élevées ont été mis au point et expérimentés.

Anémométrie laser en mécanique des fluides

La recherche expérimentale en mécanique des fluides nécessite des mesures de vitesse d'écoulement effectuées en général au moyen de sondes, mais, dans certains cas, notamment dans le domaine supersonique, ces sondes ne résistent pas aux sollicitations thermiques ou mécaniques, ainsi l'ISL a imaginé d'effectuer ces mesures par anémométrie, sans sonde matérielle, le point de mesure étant défini par l'intersection de deux faisceaux lasers émis en dehors de l'écoulement. La lumière émise par les particules entraînées par l'écoulement est modulée lors de leur traversée dans les franges d'interférence produites à la croisée des faisceaux. Un brevet a été pris par l'ISL et le procédé a pu être commercialisé à l'échelle mondiale par plusieurs firmes.

La microholographie par l'analyse de la forme et du mouvement de petites particules

La superposition de deux expositions sur le même enregistrement permet l'analyse de la vitesse ou du comportement de particules entre deux instants rapprochés. Ce procédé a été appliqué par exemple à l'analyse de la pulvérisation de carburant produite par un injecteur de la fusée Ariane.

Mesures à bord d'un projectile en vol

L'enregistrement de mesures effectuées à bord d'un projectile nécessite la création de systèmes de télémesure extrêmement miniaturisés et susceptibles d'encaisser l'accélération de l'ordre de 100 000 g au départ du coup.

L'ISL a fait profiter des résultats de ses études dans ce domaine les centres d'essais et les industries nationales en France et en RFA.

Cette liste déjà longue est suffisamment explicitée pour souligner l'importance que revêt le transfert des résultats des travaux de l'ISL dans la plupart des domaines clés de l'Armement. On peut également noter ici que, à deux reprises au moins, des travaux

poursuivis par des chercheurs de l'ISL dans des domaines précités ont été distingués par l'attribution du Prix Chanson.

MOYENS D'INVESTIGATION DE L'ISL

Pour être à même de remplir sa mission dans des domaines aussi variés et difficiles que suggère le résumé des travaux précités, l'ISL s'est doté depuis le début des années 50 de moyens dont beaucoup sont uniques ou possèdent des performances remarquables. L'implantation de ces moyens est répartie entre le site de Saint-Louis et le terrain d'expérience situé à Baldersheim, près de Mulhouse. Sans être exhaustif, on peut citer :

* des moyens d'études d'aérobalistique et de balistique terminale :

- Un tunnel aérobalistique de 150 m de long pour étudier le vol de projectiles jusqu'à des vitesses de 3 000 m/s.
- Un rayon de tir de 1 300 m sur le site de Baldersheim permettant le tir de projectiles inertes jusqu'au calibre 105.
- Un stand de tir de balistique terminale également implanté à Baldersheim avec installation de radiophotographie éclair de 1,5 MV.
- Deux canons à gaz légers dotés de tubes de lancement de 10 à 30 mm - vitesses réalisables de 2 000 à 9 000 m/s pour projectiles légers n'excédant pas quelque dizaines de grammes.
- Un canon à gaz comprimé (air ou hélium) calibre 90 mm pour lancement de projectiles de masse < 500 g à des vitesses allant jusqu'à 700 m/s.

* Des moyens d'études des poudres et explosifs (élaboration et mise en forme) ainsi que des propriétés et des effets des charges explosives :

- Un atelier de préparation et de traitement des matières explosives.
- Un bunker pour essais de détonation pour charges < 1 kg.
- Un bunker pour essais de détonation pour charges allant jusqu'à 5 kg et différentes aires et fosses pour charges de 1 à 5 kg, situés à Baldersheim.
- Un canon lance maquettes de 190 mm de calibre destiné à accélérer des têtes explosives jusqu'à une vitesse de 500 m/s.
- Des bombes manométriques permettent l'étude de la combustion sous pression.

* Des moyens d'études d'aérodynamique ou d'aéroacoustique :

- Deux souffleries subsoniques pour des vitesses d'écoulement de 40 à 45 m/s - diamètres respectifs de 45 cm et 70 x 90 cm².
- Une soufflerie supersonique avec veine de mesure 20 x 20 cm² pour des vitesses Mach 1,7 et 4,4.
- Un simulateur de bang reproduisant des ondes de choc en N de 0,5 à 50 mbar de durée jusqu'à 0,3 sec.
- Un microtuboréacteur pour l'étude des bruits.
- Un tunnel hydrodynamique pour la simulation de phénomène aérodynamique.
- Deux tubes à choc haute pression de 100 mm de diamètre permettant d'obtenir des écoulements hypersoniques jusqu'à Mach 15.

- Un tube de choc à air comprimé de diamètre intérieur 400 mm pour l'étude de la pression des souffles jusqu'à des suppressions de 8 bar.
- * Divers lasers (continus ou impulsionnels) destinés à l'étude de l'interaction laser-matière.
- * De nombreux moyens de métrologie qui, dans un grand nombre de cas, sont des moyens spécifiques réalisés par l'ISL.
- * Les moyens de calculs destinés à la recherche théorique ou au soutien des études expérimentales. Ces moyens sont regroupés actuellement autour d'un ordinateur IBM 3090/18E.

Membres directeurs de l'ISL depuis sa création

Il serait fastidieux d'énumérer tous les professeurs, ingénieurs, experts qui ont figuré dans les cadres de l'Institut au titre du Conseil d'administration, du Conseil consultatif des recherches et études, des Sous-Directeurs ou d'Adjoints scientifiques.

Il serait néanmoins profondément injuste de ne pas rappeler au moins le nom de ses Directeurs successifs qui ont, souvent au cours d'un mandat particulièrement long, marqué de leur empreinte l'ISL au cours de son histoire.

Anciens Directeurs :

| | |
|---------------------------------|-------|
| L'Ingénieur Général CASSAGNOU | 59/65 |
| Le Professeur DR.-Ing. SCHARDIN | 59/64 |
| Le Professeur DR.-Ing. KUTTERER | 64/69 |
| L'Ingénieur général AURIOL | 65/78 |
| Le DR SCHALL | 69/79 |
| L'Ingénieur général THEVENIN P. | 78/84 |

Directeurs actuels :

| | |
|-----------------------------|-------|
| Le MinR. DR.-Ing VOGEL | 79/89 |
| DR-ING SCHULTE | 89/ |
| L'Ingénieur général MEUNIER | 84/ |

Quel que soit l'impact particulier de telle ou telle de ces personnalités, et l'on pense bien entendu à celles du Professeur SCHARDIN et de l'ICA CASSAGNOU, l'on peut dire que l'ISL au cours de son histoire n'a jamais subi d'éclipse grâce notamment à son statut qui lui a garanti le soutien vigilant des deux Ministres de la Défense décidés à assurer sa prospérité et son rayonnement. En ce qui concerne plus particulièrement la Direction des Armements Terrestres, elle a été toujours présente aussi bien au niveau du Conseil d'Administration que du Conseil Consultatif des Recherches et Etudes, de sorte que le Bureau armes et munitions de Saint-Cloud comme l'Établissement technique de Bourges, promu Centre technique armes et munitions en 1974 ont été constamment à même de participer à l'orientation des recherches de l'Institut et d'en recueillir les fruits à moyen et long terme.

ANNEXE

CONGRES FRANCO-ALLEMAND ET INTERNATIONAUX TENUS A L'ISL

| | |
|---|---------|
| Les problèmes balistiques | 06/1960 |
| La physique de la haute atmosphère | 01/1964 |
| Les phénomènes électromagnétiques produits par des détonations classiques | 05/1964 |
| Les mesures de vitesse et de traînée des roquettes et projectiles | 07/1964 |
| L'aérodynamique hypersonique et les techniques d'études des phénomènes rapides | 06/1966 |
| Plasmas aérodynamiques | 02/1967 |
| Effets des ondes de choc | 05/1967 |
| Amorces, détonations et fusées électriques | 06/1967 |
| Bangs des avions supersoniques et leur effets | 10/1967 |
| Propriétés et comportement des composants et ensembles électroniques et des capteurs soumis à de fortes accélérations | 10/1968 |
| Le bruit produit par les avions et le bang sonique (OTAN) | 05/1969 |
| Ondes de choc intenses | 12/1969 |
| Problèmes généraux relatifs aux moyens d'essais aérodynamiques (OTAN) | 05/1971 |
| Aérodynamique expérimentale | 11/1961 |
| Evaluation de l'effet des armes antichars | 05/1972 |
| Méthodes de mesures en balistique | 06/1973 |
| Détonique (RFA/USA) | 06/1973 |
| Problèmes de coopération en matière de recherche et de développement pour la Défense (OTAN) | 06/1975 |
| Structure de la turbulence et caractéristiques des sources de bruit des jets (RFA/F/GB) | 05/1974 |
| standardisation des mesures des bruits d'armes | 09/1975 |
| Propriétés détonatives et effets des charges creuses (RFA/F/USA) | 10/1975 |
| Application à l'aérodynamique des méthodes de mesure ne perturbant pas les écoulements (OTAN) | 05/1976 |
| Methodologie en balistique extérieure | 11/1976 |
| Médecine aéronautique et spatiale | 11/1976 |
| Détonique (RFA/F/USA) | 06/1977 |
| Aspects mécaniques des fluides en balistique intérieure (OTAN/AGARD) | 12/1978 |
| Effets du bruit sur l'audition | 05/1979 |
| Mesures optiques des vitesses à grandes et courtes distances (International) | 09/1980 |
| Applications de l'holographie au contrôle non destructif et à la métrologie des micro-particules | 12/1981 |
| Commémoration du Prof. DR Ing H SCHARDIN | 06/1982 |
| Instrumentation des installations de simulation pour | 09/1983 |

| | |
|---|---------|
| l'Aéronautique et l'Espace (International) | |
| Colloque "MEBAL 85" (Métrologie balistique) | 10/1985 |
| Réunion "GALF" 03/1986 | |
| Réunion de l'Association pour les essais non destructifs | 11/1986 |
| Colloque franco-allemand "Détection des hélicoptères" | 05/1987 |
| The Use of Computers in laser velocimetry | 05/1987 |
| Xième Colloque d'Acoustique aéronautique et navale | 11/1988 |
| 2ème Colloque franco-allemand sur les applications de l'holographie | 11/1988 |

Cette liste donne une assez bonne représentation de la variété et de l'intensité des rencontres à l'ISL, qui ont permis une large diffusion des connaissances de base fondamentale de phénomènes les plus importants rencontrés dans les systèmes de défense, tant au profit des deux gouvernements que des alliés de l'OTAN.

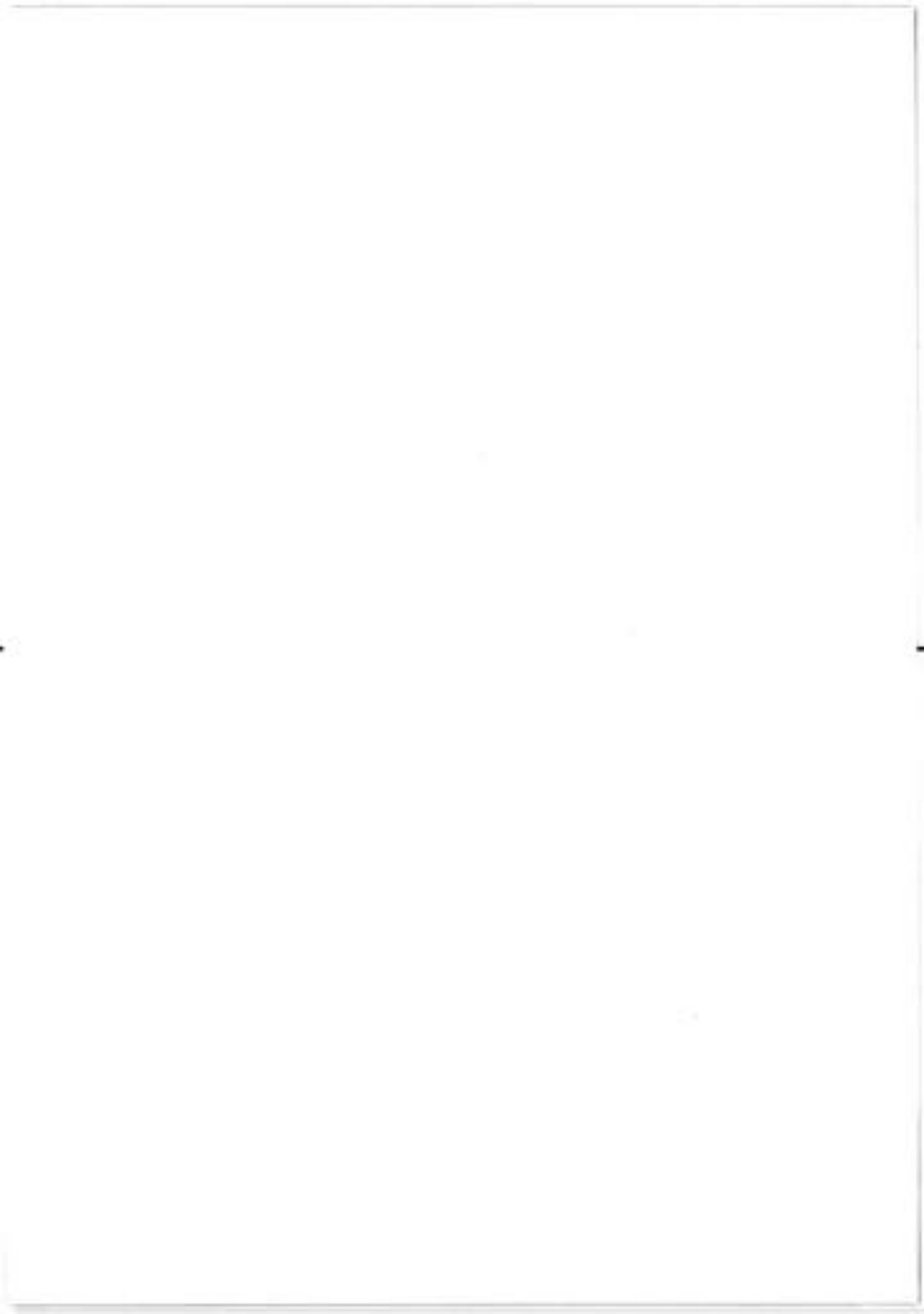
ANNEXES PHOTOGRAPHIQUES



1945 - DELEGATION CONDUITE PAR L'IC. LAFARGUE
A DROITE LE PROFESSEUR SCHARDIN



SIGNATURE PAR M. STRAUSS, MINISTRE ALLEMAND DE LA DEFENSE,
ET SON HOMOLOGUE FRANÇAIS M. CHABAN-DELMAS DE LA
CONVENTION CREATANT L'ISL, LE 31 MARS 1958.



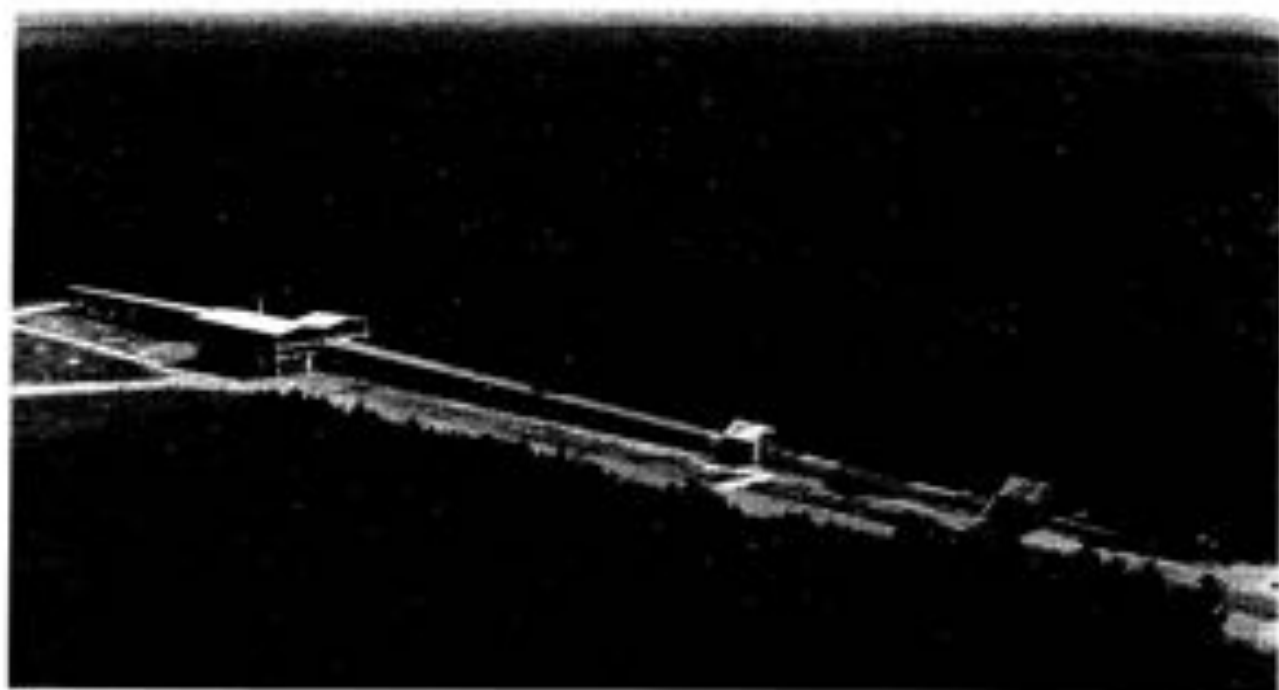


CANON DE 150 MM SANS RECOL MONTE SUR CHENILLETTE PENDANT LES
ESSAIS DE TIR (DEBUT DES ANNEES 50).

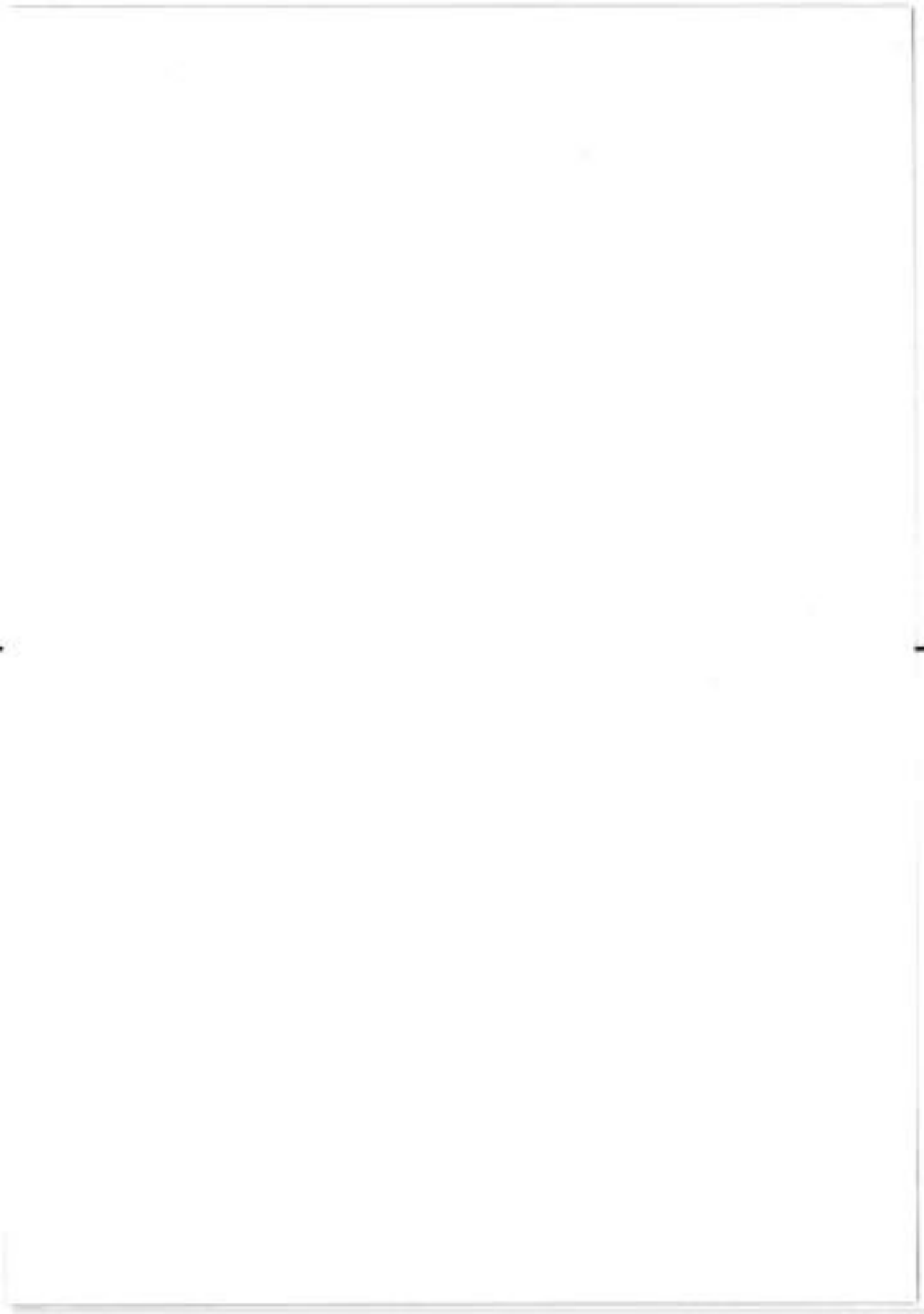


TUNNEL DE TIR DE L'ISL (VERS 1968).



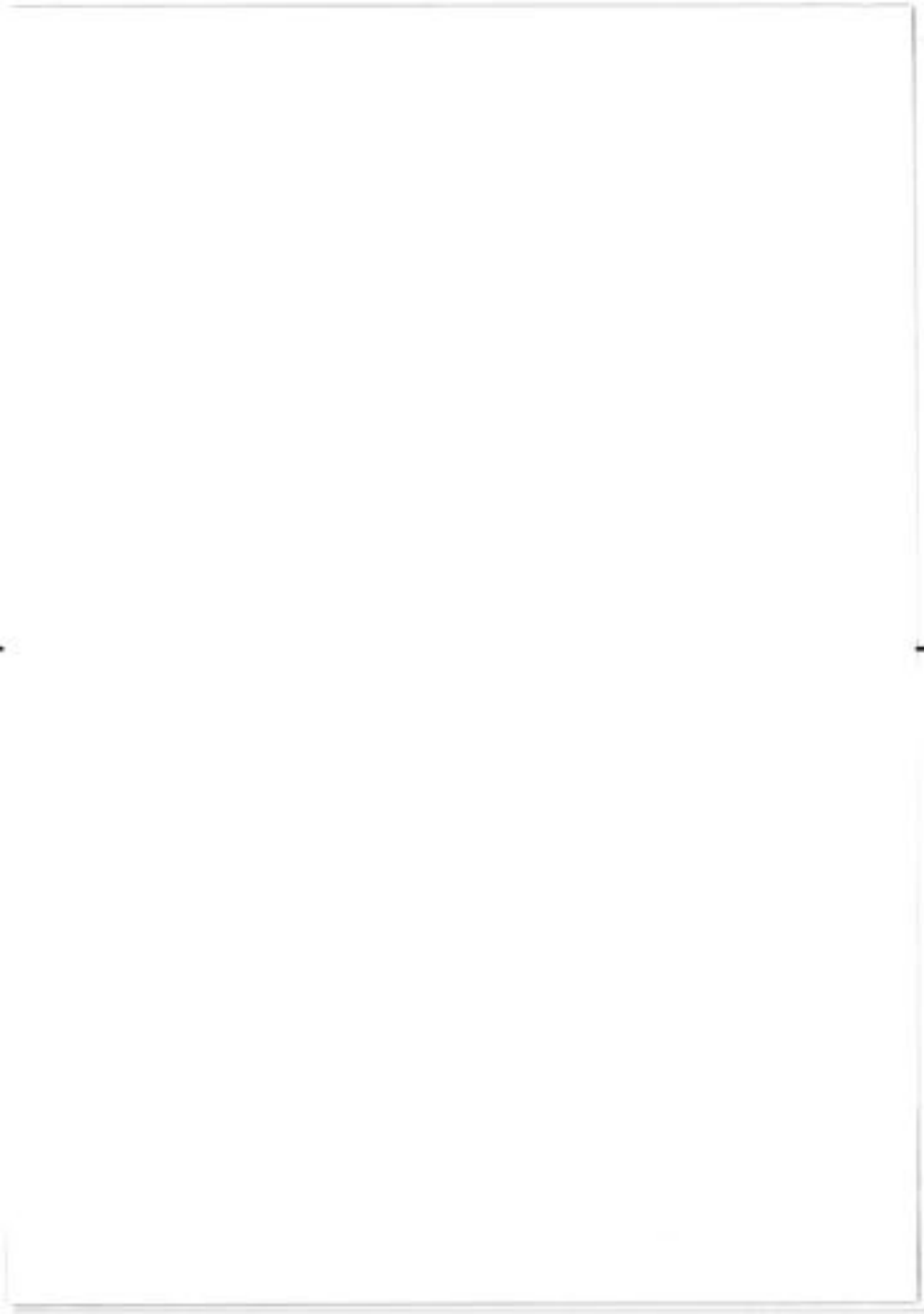


VUE AERIENNE DU SIMULATEUR DE BANG AU CHAMP DE TIR
DE BALDERSHEIM



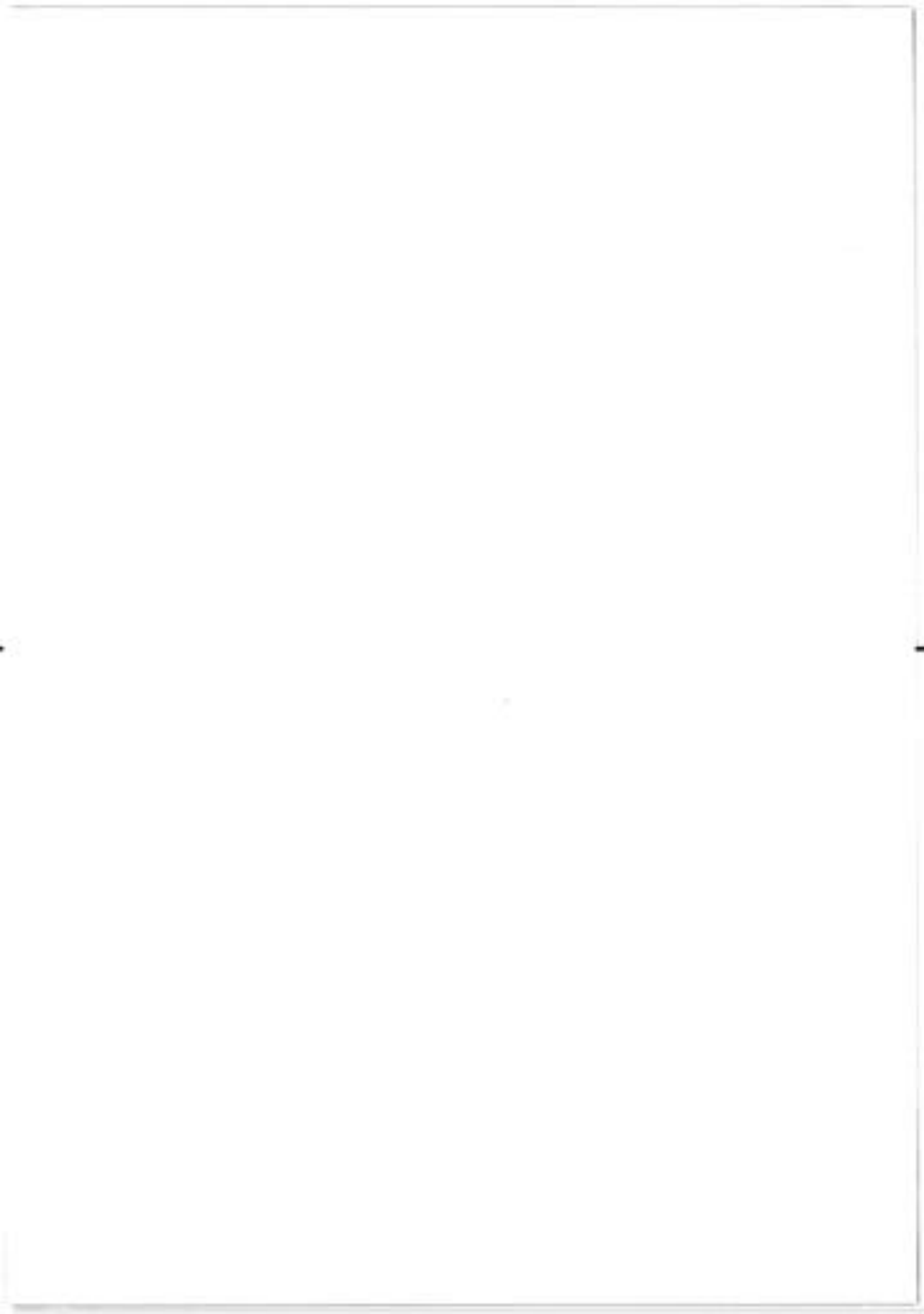
LE CENTRE D'ETUDES DE GRAMAT

par l' **INGENIEUR GENERAL DE L'ARMEMENT CROSNIER**
et l' **INGENIEUR GENERAL DE L'ARMEMENT FAYOLLE**



SOMMAIRE

| | |
|---|----|
| LE CENTRE D'ETUDES DE GRAMAT DE 1947 A 1969 | 74 |
| LA PREHISTOIRE..... | 74 |
| LA PREMIERE VOCATION DU SITE: ESSAIS AU POINT FIXE DE GROS ENGIN..... | 74 |
| SECONDE NAISSANCE: LA DETONIQUE AU SERVICE DE L'ATOME..... | 75 |
| 1959-1962 : VERS UNE COLLABORATION AVEC LE COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE..... | 77 |
| 1962-1969 : 7 ANS DE COLLABORATION SOUS CONVENTION AVEC LE CEA..... | 77 |
| ... ET DE NOMBREUX TRAVAUX D'ACCOMPAGNEMENT SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE..... | 78 |
| LE CENTRE D'ETUDES DE GRAMAT APRES 1969 | 80 |
| LES MOYENS MATERIELS..... | 81 |
| ORGANISATION DES SERVICES D'ETUDES | 83 |
| TRAVAUX EFFECTUES | 84 |
| DOCUMENTATION | 85 |
| ANNEXES PHOTOGRAPHIQUES | 86 |



PREAMBULE

La présentation de l'histoire du Centre d'études de Gramat a été divisée en deux parties correspondant à deux étapes essentielles dans l'orientation des activités de l'établissement.

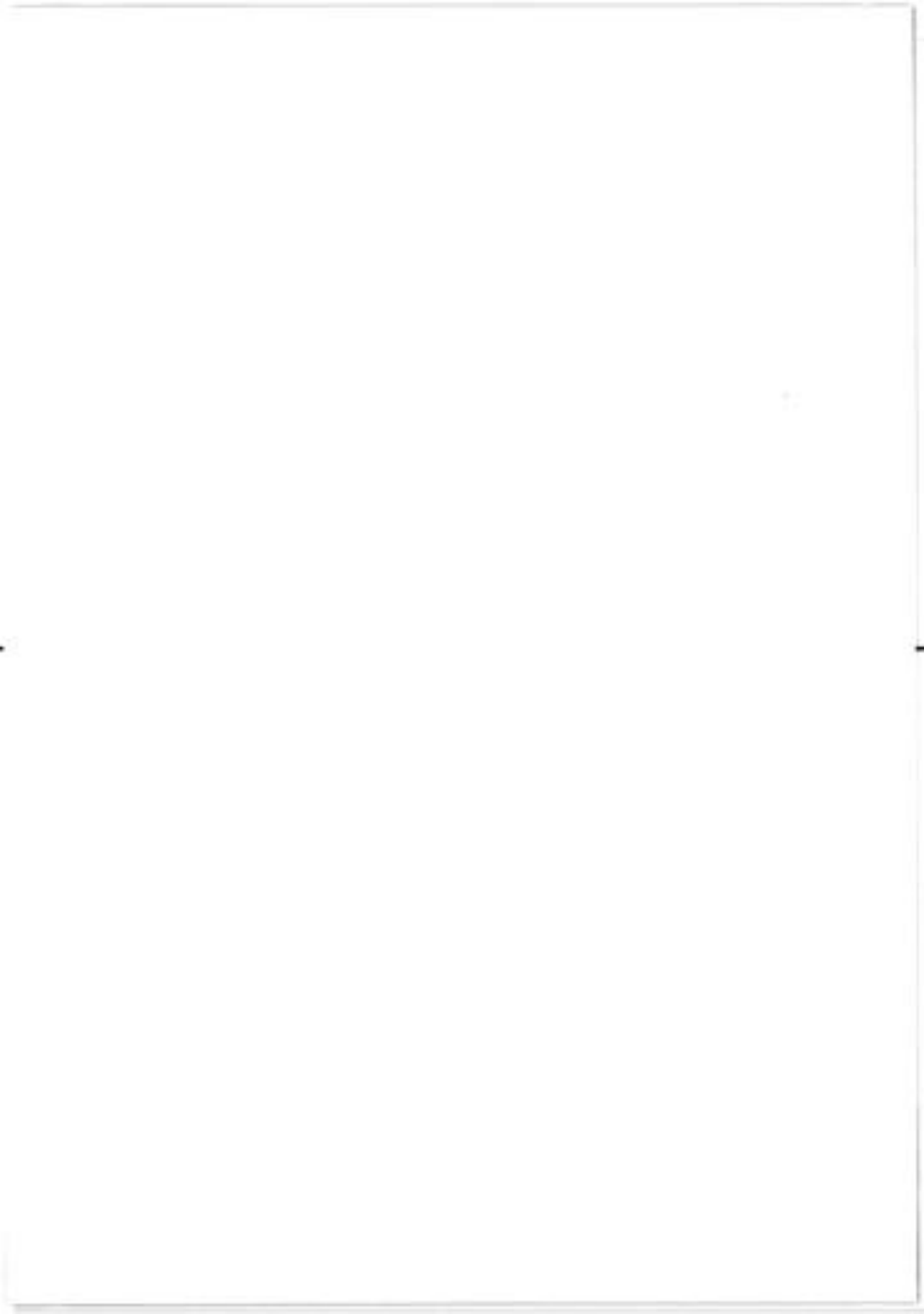
La première partie rédigée par l'IGA CROSNIER⁹ couvre la période 1947-1969. Le CEG fut initialement créé pour constituer un centre d'essais de gros propulseurs d'engins. Ce projet abandonné après d'importants travaux d'infrastructure et de viabilité a laissé place, à partir de 1953, à une activité essentiellement axée sur des études de détonique au service de l'Atome[®]:

- au profit, dans un premier temps de la Section Atomique de Limeil nouvellement créée par la DTAT et dont il constituait son annexe, puis à partir de 1962,
- au profit de la Direction des Applications Militaires (DAM) du Commissariat à l'énergie Atomique (CEA) dans le cadre d'une convention CEA/DAM-DTAT suite au transfert au CEA de la Section Atomique de Limeil (1960), le CEG devenant Etablissement de la DTAT.

La deuxième partie, présentée par l'IGA FAYOLLE est consacrée aux activités nouvelles du CEG consécutives à la résiliation en 1969 de la convention CEA/DAM-DTAT.

Le CEG fut conduit à réorienter ses activités, compte tenu de ses capacités tant au profit de la DTAT qu'à celui des autres directions techniques en devenant l'expert de la DMA en matière de détonique.

⁹ : L'IGA CROSNIER a effectué la plus grande partie de sa carrière au CEG de sa sortie de l'ENSAE en 1958 à 1981 où il termina comme directeur.



LE CENTRE D'ETUDES DE GRAMAT DE 1947 A 1969

La bourgade de Gramat, 3 500 habitants seulement, relativement éloignée de toute grande ville, est située dans les Causses du Haut Quercy, 55 km au nord-est de Cahors et 55 km également au sud-est de Brive.

La Préhistoire

A l'origine de tout, un gouffre bien connu dans la région. Ce n'est pas chose rare en ce relief karstique. Mais ce gouffre dit "de Bèdes" présentait sur l'une de ses faces une magnifique falaise abrupte et pratiquement verticale de près de cent mètres de hauteur, tandis que le profil de la paroi opposée rendait possible l'aménagement d'une route carrossable desservant le fond. Napoléon Bonaparte avait, paraît-il, prêté à ce site un usage militaire. Il fallut attendre les années 1946-1947 pour en voir un début de réalisation.

La première vocation du site: essais au point fixe de gros engins

En 1946, lors de la création du Laboratoire de Recherches Balistiques et Aérodynamiques (LRBA) à Vernon, il paraissait impensable d'implanter sur le plateau des bancs d'essais au point fixe d'engins de grande puissance, tels que les envisageaient tant la DEFA que le Centre d'Etudes des Projectiles Autopropulsés (CEPA) du professeur MOUREU. Ceci, pour des raisons de sécurité des personnes et des biens, de nuisances, et aussi de discrétion liées à la proximité de la ville de Vernon.

Cette même année, un voyage outre Rhin de l'ingénieur Général LAFFARGUE, chef du ST/DEFA/ERT et de l'ingénieur en Chef GIRARDIN son adjoint, qui leur avait permis d'assister à un essai de V2 au point fixe, avait conforté ces considérations. La décision d'achat de l'emprise de Gramat, deux cent cinquante hectares de Causse autour du gouffre de Bèdes, a été prise par ST/DEFA en 1947, en même temps que celle de la création du centre Interarmées d'Essais d'engins Spéciaux (CIEES) à Colomb-Béchar. L'ingénieur Général DUPUY était alors à la tête du LRBA.

L'ingénieur en Chef BARRE établit les plans de principe et les premiers travaux furent conduits par le service des Constructions neuves de la DEFA.

L'amenée des enveloppes de gros propulseurs bi-liquides, leur alimentation en combustible et carburant à partir de gros wagons de gaz liquéfiés, entraînèrent l'aménagement d'un raccordement ferroviaire à la ligne Brive-Toulouse par Capdenac. La paroi ouest du gouffre de Bèdes fut entaillée pour former deux demi-cheminées destinées à recevoir les engins en position verticale. Un grand hangar de cent mètres

de long et vingt mètres de large, entièrement desservi par un pont roulant de dix tonnes, fut édifié à proximité: c'est l'Aire couverte, encore debout et utilisée aujourd'hui, et qui, avec des aménagements intérieurs évolutifs, devait jouer un rôle capital dans le parc immobilier du centre pendant deux décennies au moins.

Une voie ferrée privée doublée d'une route relia le raccordement à la ligne SNCF et la zone des futurs points fixes. Cette voie mixte de plus de deux kilomètres constitue toujours la colonne vertébrale du réseau routier sur l'emprise.

Enfin, la sécurité des essais de gros propulseurs impliquait la disponibilité d'eau en abondance, problème majeur sur un haut plateau calcaire. Or, quelques deux cents mètres sous le sol caillouteux du Causse, courait une importante rivière souterraine alimentée par de multiples pertes de ruisseaux de surface, identifiée plus tard comme l'Ouyse, affluent de la Dordogne. Cette rivière passait sous deux autres gouffres de l'emprise: le gouffre des Vitarelles, sous lequel elle fut reconnue à l'aide de galeries et d'un puits creusés selon les indications d'un sourcier, et de la formation double des Besaces, sous laquelle fut aménagé le captage, desservi par un petit funiculaire de service.

Cette station de pompage, plusieurs fois renforcée, alimente aujourd'hui, outre le centre lui-même, plusieurs villages alentour, ainsi que la petite ville de Gramat.

Vers 1953, après ces réalisations, la première naissance du centre de Gramat connut un épilogue prématuré: le projet fut abandonné après l'installation à Vernon de spécialistes allemands des fusées en provenance de PEENEMÜNDE. Les installations furent confiées pour gardiennage et entretien à l'établissement le plus proche: la Manufacture Nationale d'Armes de Tulle (MAT), sise à 80 km.

Seconde naissance: la détonique au service de l'atome

Dès 1952, l'ingénieur Général SALMON, auquel succède l'ingénieur Général HERVET, Directeur de la DEFA, crée la Section Atomique et la place sous le commandement de l'ingénieur Militaire en Chef des Télécommunications Paul CHANSON.

Très rapidement, les premières réflexions sur l'Arme Atomique que conduisait l'IMC CHANSON et son adjoint l'IMA 1 BONNET mirent en évidence la nécessité d'un recours à l'explosif chimique classique pour rapprocher ou concentrer en un temps très bref la matière fissile de l'arme et permettre ainsi le développement commandé de la réaction nucléaire.

Les recherches à mener présentaient une double caractéristique: d'une part, elles appelaient une protection très rigoureuse au plan du secret. D'autre part, les performances techniques requises des engins explosifs à concevoir impliquaient une précision de fonctionnement et des capacités d'investigation expérimentale totalement inconnues à l'époque dans les établissements rompus à l'usage des explosifs dans les armes conventionnelles. On peut même dire que la mise au point des armes atomiques a engendré toute une nouvelle manière de voir et d'utiliser les explosifs, et a élevé ce qui n'était guère qu'une technique assez empirique au rang de véritable science.

appelée plus tard la Détonique. Seules, les recherches sur les charges creuses, à peu près contemporaines, s'en rapprochaient au plan conceptuel et au plan des performances des appareillages de visualisation et de métrologie nécessaires.

Secret rigoureux, nouvelles attitudes de pensées, nouvelles méthodes et nouveaux moyens d'investigation, toutes ces exigences doublées des contraintes d'environnement engendrées par l'emploi d'explosifs (uniquement chimiques, bien sûr) militaient en faveur d'un établissement retiré et nouveau. La Section Atomique entreprit donc la recherche d'un site capable d'accueillir ces recherches inédites en France.

En juin 1955, l'ingénieur Militaire Principal BUSCAILHON, en fin d'affectation à l'École centrale de Pyrotechnie de Bourges (ECP) et sur le point d'être muté à la section Atomique conformément à un plan préétabli, entend parler de l'emprise de Gramat alors sans emploi. Une première mission a lieu le 25 août, et l'IMP BUSCAILHON se voit bientôt chargé par l'IMC CHANSON d'étudier les possibilités de l'emprise dans cette optique.

Dès son affectation à la Section Atomique, cet ingénieur entreprend une exploration méthodique de l'emprise, répertorie les sites susceptibles de se prêter à des détonations puissantes avec un minimum de nuisances extérieures. Parallèlement, il se documente sur les moyens d'investigation expérimentale alors rares, capables de la très haute résolution, notamment chronologique requise pour aborder ces recherches. Il lance ainsi l'acquisition de caméras statiques à cellules de KERR construites par les équipes du professeur SCHARDIN au Laboratoire de Recherches de Saint-Louis, et de caméras ultra-rapides pourvues de miroirs tournant à plusieurs milliers de tours par seconde. Elles sont à fente, ou à image avec une cadence d'un million d'images par seconde ou plus.

A Limeil, dans les nouveaux locaux de la Section Atomique, il crée progressivement la petite équipe du "Service Balistique" et lance l'étude et la construction de moyens radiographiques à impulsions brèves et tension atteignant le million de Volts nécessaires à la visualisation, si possible interne, des engins en cours de détonation.

A Gramat même, le 1^{er} juin 1956, il procède aux premiers tirs d'explosif en divers sites de l'emprise. Trois cent quinze kilogrammes de TNT détonent au cours de plusieurs essais qui ne paraissent pas engendrer de nuisances notables dans les localités les moins éloignées. Ainsi est qualifiée l'emprise de Gramat. Il lance alors l'aménagement de quelques locaux à usage de bureaux et de laboratoires dans le soubassement d'un petit château d'eau existant puis dans le sous-sol de l'Aire couverte. Il étudie et construit, avec le soutien du service Bâtiments et Force Motrice de la MAT les deux premières casemates destinées à abriter appareillages et expérimentateurs pendant les explosions: en 1956, l'ouvrage BG1 à vocation essentiellement optique, et l'ouvrage BK1 l'année suivante pour les investigations radiographiques impulsives. Le 30 décembre 1957, la DEFA approuve et finance un programme de 2,5 MF de travaux et acquisitions à Gramat: construction de six logements ouvriers, clôtures...

En septembre-octobre 1958, le Service Balistique s'enrichit de trois ingénieurs militaires: l'IM BARBANCE qui vient d'accomplir ses deux premières années de carrière

à Bourges comme l'IMP BUSCAILHON et les IM MONNET et CROSNIER à leur sortie de l'ENSAR. Les deux premiers sont chargés de l'étude des engins explosifs et le troisième de l'équipement métrologique de l'emprise de Gramat. Ainsi est réunie la première équipe d'encadrement d'abord basée à Limeil - on n'envisageait au départ l'activité de Gramat que par campagnes d'essais - et qui s'installe dans le Lot progressivement, de 1959 à 1961. A travers diverses péripéties, elle demeurera constituée jusque vers la fin des années 60.

1959-1962 : vers une collaboration avec le Commissariat à l'Énergie Atomique

L'Équipe de Gramat avait été orientée d'emblée vers des configurations de dispositifs complémentaires de celles étudiées par la Direction des Applications Militaires du Commissariat à l'Énergie Atomique (CEA-DAM): des dispositifs à rapprochement linéaire: en quelque sorte, des canons à explosif ultracourts et consommables. De 1959 à 1961, des projectiles massifs de l'ordre du kilogramme sont ainsi lancés avec succès selon les conceptions et sous la conduite de l'IM BARBANCE. Ces travaux sont suivis avec un intérêt passionné par l'ingénieur Général CAROUGEAU alors Directeur de la DEFA.

Le 31 décembre 1959: le Centre de Gramat, précédemment annexe de la section Atomique de Limeil, est créé et rattaché à la Manufacture Nationale d'Armes de Tulle (MAT) au plan administratif. Pendant les trois premiers mois de 1960 son personnel est muté au Laboratoire Central de l'Armement. Il sera ensuite géré par la MAT. Cela résulte du passage de la Section Atomique au CEA/DAM. Le centre de GRAMAT restant DEFA.

En 1961, l'ingénieur Général SORLET succède à l'IG CAROUGEAU à la tête de la DEFA. Rapidement, sur l'initiative de l'IMC 2 BONNET passé au CEA/DAM à la tête de la Section Atomique, il informe l'IMP BUSCAILHON de son intention de proposer au CEA/DAM la collaboration du Centre de Gramat. Une réunion "historique" est organisée en petit comité: elle groupe Monsieur ROBERT, alors Directeur des Applications Militaires et quelques proches collaborateurs pour le CEA; pour la DEFA, l'IG SORLET accompagné seulement de l'IMP BUSCAILHON. Ce dernier expose les travaux et résultats de Gramat, et le CEA se déclare intéressé. Cela n'aboutira toutefois que le 3 octobre 1962, avec la signature d'une Convention CEA-DEFA reconduite annuellement jusqu'en 1969. Cette convention sera animée par un Bureau Scientifique Commun (BSC) dont la présidence reviendra à la DAM. Chaque partie sera représentée par cinq membres permanents, dont les Ingénieurs Militaires en Chef MEYER et DEFRANCE pour l'Administration Centrale de la DEFA (DEFARAN/RA) et trois représentants de Gramat.

1962-1969 : 7 ANS DE COLLABORATION SOUS CONVENTION AVEC LE CEA...

Avec le recul du temps, et à la relecture des archives de cette période, le fonctionnement de cette convention et du B S C apparaît finalement assez exemplaire, même si des acteurs qui ont vécu cette expérience en ont parfois ressenti quelques insatisfactions ponctuelles. Pendant ces sept années, le B S C s'est réuni très

régulièrement quatre fois par an, tantôt dans divers centres de la D A M, tantôt à Saint-Cloud, tantôt à Gramat. Sous la présidence très active du regretté ingénieur en Chef (puis Général) BERGER, alors Chef du Département des Etudes théoriques au centre d'Etudes de Vaujourns (D A M) puis de l'ingénieur en chef VIDART à partir de septembre 1966, il a défini avec beaucoup de précision le partage des tâches et des fournitures, notamment d'édifices explosifs et d'éléments de projectiles, entre le C E G et différentes entités de la D A M, au premier rang desquels son propre Département. Le secrétariat du B S C a constamment été à la charge du C E G et assuré successivement par les I M MONNET puis LEYGONIE.

L'étude d'une nouvelle filière détonique d'engins a débuté dès novembre 1962 sur un projet imaginé à la D A M. Sa mise au point a suscité une étroite collaboration entre les partenaires. L'expérimentation et son dépouillement s'effectuaient à Gramat et ses résultats étaient aussitôt injectés dans les simulations numériques accomplies sur les puissants calculateurs de Vaujourns. Elles devaient aboutir à l'expérimentation réussie d'un dispositif complet en 1964 au C E M O. Les engins expérimentaux étaient fabriqués pour partie à Vaujourns et pour partie à Salbris et Gramat.

Toutefois, cette filière détonique présentait des inconvénients importants qui en limitaient l'avenir c'est pourquoi, dès 1963, le C E G avait proposé à B S C d'étudier une autre filière détonique. Une architecture complète d'engin beaucoup plus compacte que la précédente et prometteuse a ainsi été mise au point quant à ses édifices détoniques. Tirés en 1965 au C E M O, cet essai unique se solda malheureusement par un échec dont les raisons ne purent rapidement être élucidées, et la filière fut reorientée vers d'autres objectifs à plus long terme, notamment la projection à grande vitesse: 4000 m/s et plus.

Les travaux à plus court terme du C E G s'intégrèrent dès lors beaucoup plus étroitement à ceux de la D A M dans sa filière principale d'édifices explosifs. Cette dernière s'était considérablement précisée et affinée entre-temps et son degré de maturité rendait inutile l'exploration de voies parallèles pour les armes. Les deux thèmes principaux confiés au C E G concernèrent :

- l'évaluation quantitative des perturbations engendrées par la présence physique des systèmes de mesures au sein ou au voisinage des édifices explosifs lors de leur expérimentation, et par les distorsions de configuration qu'ils entraînent nécessairement. Cette étude très délicate impliqua la conception et la réalisation de têtes de mesure de technologie très élaborée et d'un chronomètre électronique à plus de 250 voies et de résolution de 6,25 nanosecondes spécialement adapté au champ de tir;
- des investigations poussées sur les typologies de fonctionnements anormaux des édifices explosifs de base, en vue d'aboutir à des armes auto-sûres par conception.

... et de nombreux travaux d'accompagnement scientifique et technique

Toutes ces études appliquées ont été constamment soutenues par de nombreux travaux plus fondamentaux mais constituant un support scientifique et technique indispensable, accomplis également sous l'égide du BSC. Citons par exemple des tests

de sécurité des explosifs (test de POPOLATO) sous hauteur de chute atteignant 60 mètres, de détonation, la projection à très grande vitesse par explosif (22 000 m/s) grâce à l'utilisation d'ondes de MACH, la détermination fine de l'adiabatique dynamique de nombreux corps dans une gamme de pressions étendue jusqu'à vingt millions d'atmosphères pour certains, recoupée avec des modèles de FERMI-DIRAC modifiés, et celle des coefficients de GRUNEISEN de divers métaux en fonction du volume spécifique; la mise en évidence du phénomène de fusion du plomb par choc, des investigations sur le phénomène "d'écaillage" des métaux sous onde de choc...

De nombreux travaux plus technologiques ou tournés vers la mesure ont aussi été menés: la mise au point de conformateurs d'ondes explosives de formes variées et de haute précision, des investigations sur l'effet thermoélectrique en choc, dit "anormal", menées pendant plusieurs années en commun avec TENSMA de Poitiers et qui trouvèrent des applications métrologiques, la spectroscopie résolue en temps, le perfectionnement constant des méthodes radiographiques instantanées et leur extension aux charges très génératrices d'éclats grâce à la reprise d'image fluorescente par appareillage électro-optique...

Enfin, bien sûr, des travaux de simulation numérique de propagation d'ondes de choc et d'écoulements hautement dynamiques et transitoires, encore limités toutefois à l'époque par la capacité relativement modeste des équipements informatiques du CEG.

Période finalement riche et féconde, et qui, bien que consacrée à un champ d'études apparemment étroit et "pointu", prédisposait bien le CEG à la diversification qu'il allait devoir assumer au début des années 70. Les équipes impliquées dans ces travaux comptaient typiquement chacune cinq personnes dont un ingénieur, un technicien et deux ouvriers hautement qualifiés. De six en 1963, leur nombre atteignait quatorze en 1969. Malgré toutes les limites imposées par un respect rigoureux de la sécurité, leur collaboration avec des laboratoires universitaires du sud-ouest n'a cessé de se développer pendant toute la décennie, surtout évidemment sur les sujets scientifiques fondamentaux.

Au printemps 1969, le Président du BSC avertissait la DTAT et le CEG que la Convention CEADTAT concernant cet établissement ne serait pas reconduite en 1970. Les raisons en étaient probablement budgétaires et liées tant au plan de charge de la DAM qu'au développement progressif de ses propres centres d'expérimentation intervenu pendant la durée de la convention. L'abandon de cette forme de collaboration ne devait pas pour autant mettre fin à toute coopération entre les parties, ce qui se vérifia amplement dans les années ultérieures. Mais, de majoritaire qu'il était en 1969 - environ 65 % du budget CEG - le financement DAM allait devenir minoritaire, sous la forme de contrats ponctuels, rapidement réorientés vers des études de "durcissement".

LE CENTRE D'ETUDES DE GRAMAT APRES 1969

A partir de 1969, à l'expiration de la convention CEA-DTAT, la plus grande partie de l'activité du CEG fut réorientée sous l'égide de la DTAT, désireuse de conserver un établissement situé dans un site irremplaçable pour poursuivre des études de pointe mettant en oeuvre des explosifs, servi par une équipe recrutée localement et ayant acquis une haute compétence. C'était aussi le souhait exprimé par la Direction technique des Engins, le Centre de Prospective et d'évaluation, la mission Atome, la Direction des Recherches et Moyens d'essais et le Service des Poudres et Explosifs, de voir transférer au profit des charges conventionnelles les méthodes de travail et les connaissances acquises lors des études des charges nucléaires.

Les activités nouvelles qui lui sont dévolues intéressent deux secteurs principaux :

- pour le compte de la DTAT, le développement des techniques d'amont en matière de détonique appliquée aux armes conventionnelles antichar, antipersonnelle et antiaérienne ainsi que des études de pyrotechnie;
- dans un cadre élargi interdirections, il est désigné par le Délégué Ministériel pour l'Armement comme organisme pilote des études des charges antiaériennes classiques et, dans le domaine de la défense, il est le maître d'oeuvre de la simulation des effets des chocs mécaniques puissants des explosions nucléaires dans l'atmosphère et au niveau du sol ainsi que des études de protection qui s'y rattachent¹⁰.

A partir de 1975, à la demande de la mission Atome, cette défense nucléaire sera étendue au "durcissement" des matériels à l'impulsion électromagnétique avec une vocation plus axée sur celui des forces stratégiques.

Déjà, depuis les années 1965, le CEG avait abordé, sur demande de l'état-major, des études de "durcissement" aux effets mécaniques de l'onde de choc et de souffle aérienne d'explosions nucléaires sur les matériels en campagne des Armées et à l'automne 1967 un simulateur de souffle était installé dans un tunnel de chemin de fer désaffecté à Saucières dans l'Aveyron.

En 1975, le Centre est rattaché à l'ETCA (ex-LCA) qui lui-même dépendra de la Direction des Etudes et Recherches et Techniques (DRET) à compter du 1er juin 1977. Le 1er septembre 1982, le CEG est érigé en établissement annexe de l'ETCA.

Les années 80 voient se confirmer les missions ci-dessous énoncées :

- nomination du CEG comme Centre de recherches détonique de la DGA (31 mars 1981),
- nomination du CEG comme Centre technique Impulsion Electromagnétique (IEM) chargé de coordonner (sous l'égide de la mission Atome) les études et les actions de durcissement en matière d'IEM, de suivre les travaux menés sur les matériels et les installations et de délivrer le "label" du durcissement (30 mars 1982).

¹⁰ : Voir également le tome 3 - volume 3.1., le L.C.A., paragraphe protection contre l'onde de choc.

Le Centre entreprend donc de mettre sur pied de nouvelles équipes où un bon équilibre entre expérience et simulation numérique est réalisé. Les premières années sont consacrées à la confection d'outils numériques perfectionnés et originaux. Pour ce qui concerne le savoir-faire expérimental, il suffisait d'entretenir et de mettre à jour l'héritage de la convention CEA-DTAT.

Les effectifs: leur composition est le reflet du caractère scientifique des activités.

Courant janvier 1981, les effectifs approchent 290 personnes ainsi réparties :

- 11 militaires officiers dont 10 ingénieurs IA et IETA,
- 32 ingénieurs civils sous contrat,
- une dizaine d'ingénieurs techniciens d'études et de fabrications,
- une soixantaine de techniciens TEF et contractuels,
- 6 affectés scientifiques du contingent,
- 140 ouvriers et ouvrières sous statut d'ouvriers d'état,
- 35 personnels administratifs.

En mars 1984, l'effectif dépasse 320 personnes marquant ainsi le développement scientifique du Centre dont:

- 15 militaires et officiers,
- 55 ingénieurs civils,
- 58 techniciens civils,
- 13 affectés scientifiques du contingent,
- 4 thésards.

Les moyens matériels

Le Centre dispose, sur 270 hectares au relief tourmenté, de trois gouffres de grande profondeur et nombre d'autres dépressions moins profondes aptes à recevoir des sites d'essais à caractère pyrotechnique mettant en oeuvre des très grosses charges explosives statiques (jusqu'à 200 kg) sans servitudes de tir gênantes ni inconvénients pour le voisinage.

Sept sites de tir sont équipés de casemates fortement blindées dotées des moyens les plus modernes de métrologie balistique dont certains sont déjà mentionnés dans la première partie:

- appareillage de radiographie éclair à très haute tension et très court temps de pose, caméras de cinématographie ultra rapide à miroir tournant ou à fente, de chronométrie électronique à résolution voisine de 10^{-9} seconde, des jauges de contrainte pouvant aller jusqu'à plusieurs mégabars en quelques centaines de nano-secondes, d'analyseurs numériques des phénomènes transitoires correspondants. Cette énumération n'est pas exhaustive, mais donne une idée de la haute technicité des moyens adaptés à la brièveté des phénomènes explosifs qu'ils soient d'origine chimique ou nucléaire développant en des temps très courts des énergies considérables qui se dissipent sous forme thermique, mécanique, électromagnétique ou radioactive.

Le Centre dispose également:

- de puissants générateurs impulsionnels d'électrons et de rayons X ainsi que de rayonnements électromagnétiques;
- d'un laboratoire de mécanique des roches équipé de machines d'essais très spécifiques tels que canon à air comprimé ou presse dynamique capable d'exercer sur un échantillon d'un m³ une poussée axiale de 0 à 300 tonnes en 2,6 millisecondes;
- d'un laboratoire d'électronique qui conçoit et exécute des moyens métrologiques particuliers;
- d'un groupe de pyrotechnie qui étudie et met en forme les compositions et édifices explosifs nécessaires aux essais;
- d'un bureau d'études associé à un atelier de mécanique pour réaliser les moyens expérimentaux;
- d'un centre de calcul pourvu d'un puissant ordinateur, auxiliaire indispensable à l'étude et l'interprétation de phénomènes physiques complexes et à l'analyse des résultats expérimentaux ainsi qu'à la réalisation de concepts de simulations numériques.

Enfin pour les études des effets de choc de souffle et de rayonnement thermique initial, le centre a réalisé différents moyens de simulation :

- des tubes à choc de diamètres échelonnés entre 0,3 m et 2,40 m; (celui de 2,40 m étant équipé d'un simulateur de rayonnement thermique);
- le tunnel SNCF désaffecté de Saucières de 800 m de longueur;
- un simulateur à grand gabarit (12 m de largeur, 7,10 m de hauteur, long de 105 m, capable de tester les matériels en service dans les armées à des explosions nucléaires de 10 à plusieurs centaines de kT (véhicules terrestres, hélicoptères, structures navales, ogives balistiques...)).

ORGANISATION DES SERVICES D'ETUDES

Le schéma ci-dessous est une photographie de l'organisation en février 1977 qui concrétise les activités du Centre.



Le Service études comprend 2 départements et 5 services.

TRAVAUX EFFECTUES

Sans affecter ces travaux à chacun des services, en voici l'énumération:

- phénoménologie de la perforation intéressant la charge et le blindage en s'appuyant à la fois sur l'expérimentation et la simulation;
- dynamique des matériaux en régime de choc;
- optimisation des charges antiaériennes classiques; étude d'organisations pyrotechniques - fragmentation et projection d'éclats - analyse de la vulnérabilité des aéronefs;
- étude de charges explosives, maîtrise des formes d'ondes et de leur synchronisation application aux charges creuses;
- dynamique des roches - durcissement des installations enterrées, en particulier des silos du plateau d'Albion et également au profit du CEVDAM;
- étude de l'amortissement des ondes de choc par certains matériaux en vue de protection et également de l'amélioration des charges;
- optimisation des charges aériennes portées par des petits missiles contre avions, hélicoptères et contre les gros missiles mer-mer en particulier (analyse des éclats - masse vitesse...). Effets sur les cibles - modélisation numérique de leur vulnérabilité;
- élaboration d'optiques explosives de formes complexes par usinage sur machines télécommandées et télésurveillées ou par coulée;
- étude de durcissement aux effets mécaniques de l'onde de souffle aérienne d'une explosion nucléaire;
- étude de durcissement à l'impulsion électromagnétique;
- étude de protection contre les effets thermo-mécaniques et électromagnétiques induits par le rayonnement initial sur des matériaux spatiaux; ces travaux dans ce domaine concernent des avions de combat, des éléments de la force stratégique, des stations de télécommunication.

L'énumération non exhaustive des travaux conduits au CEG situe bien les capacités du Centre qui couvrent un champ considérable de sciences physiques. Ces travaux très diversifiés possèdent toutefois un dénominateur commun; ils mettent en jeu des phénomènes transitoires très rapidement évolutifs, le plus souvent associés à des niveaux de sollicitations et d'énergie inconnus dans le domaine statique usuel.

Son savoir-faire expérimental, l'équipement exceptionnel relevant de la plus haute technologie, son aptitude à associer étroitement expérimentation, analyse des résultats, simulation, ses connaissances acquises ont fait du CEG un établissement unique en Europe capable de dialoguer avec les physiciens des plus grands laboratoires américains tels que ceux de LOS ALAMOS et de LIVERMORE.

DOCUMENTATION¹¹

| Plaquette | Origine |
|---|-------------------------------|
| Le Centre d'Etudes de Gramat 1968-70 " " " 1975 " " " 1981 | <i>GEG</i> |
| L'Etablissement Technique Central de l'Armement (ETCA) 1981 | <i>ETCA</i> |
| La Direction des Recherches, Etudes et Techniques (DRET) 1980 Bulletin de l'Armement n° 26 1973 | <i>Bulletin de l'Armement</i> |

¹¹ : Exploitée pour la rédaction de la 2ème partie.

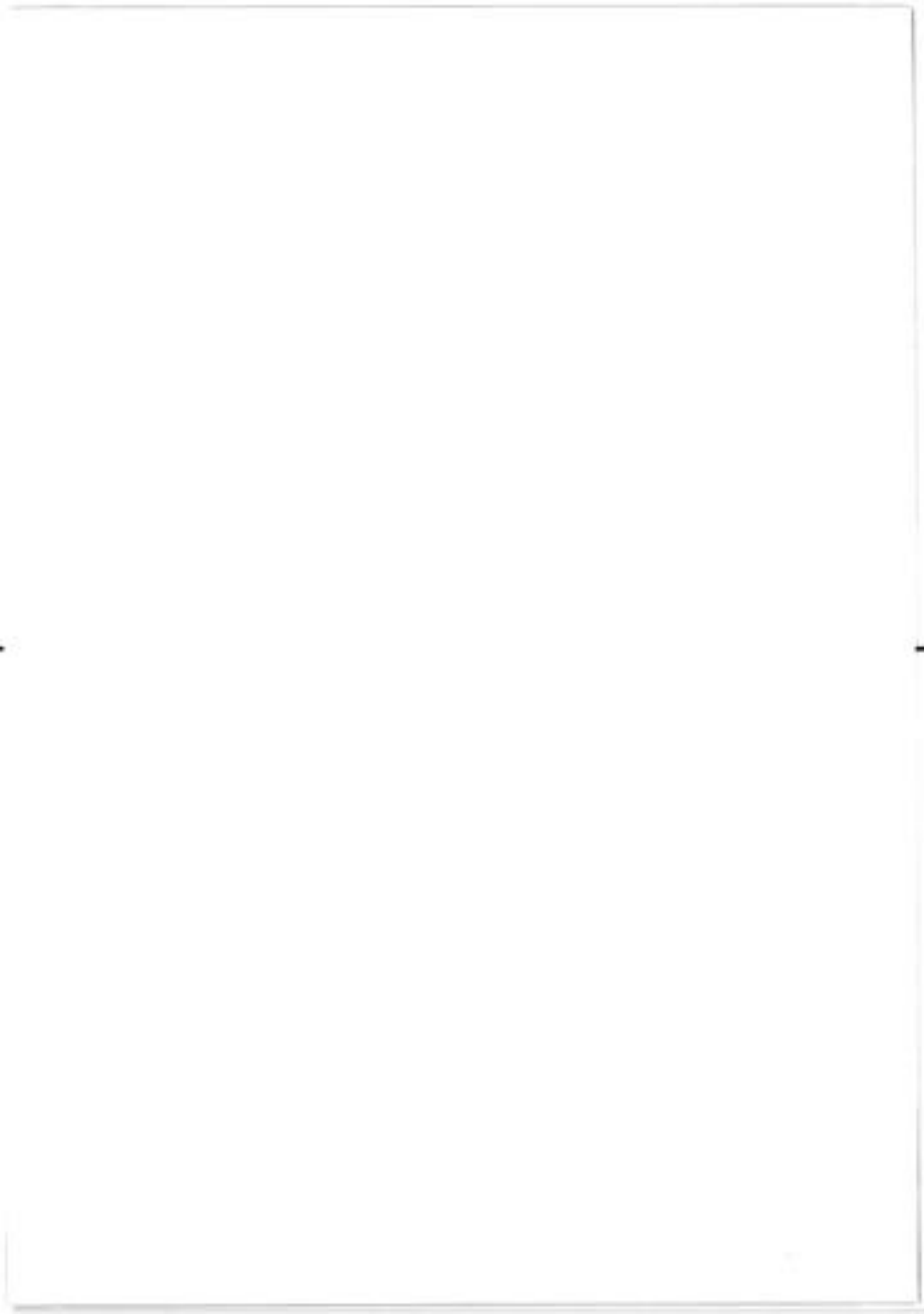
ANNEXES PHOTOGRAPHIQUES

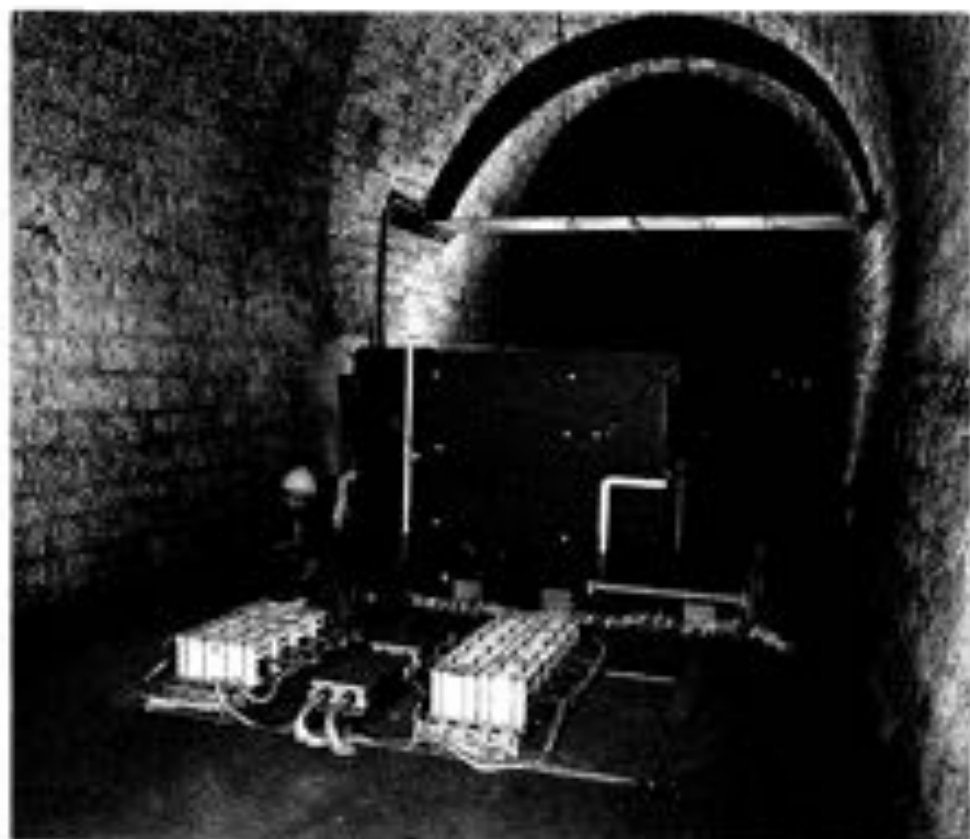


TUBE A CHOC DE 300 mm A VEINE ELARGIE



PREPARATION EN LABORATOIRE DE MESURES ACCELEROMETRIQUES ET VELOCIMETRIQUES SUR UN BLINDE LEGER, AVANT LE DEPART POUR LE TUNNEL DE SAUCLIERES.





TUNNEL DE SAUCLIERES
PREPARATIFS DE TEST D'EQUIPEMENTS DE TELECOMMUNICATIONS.
CETTE INSTALLATION SE SITUE PARMIS LES PLUS IMPORTANTES DU MONDE
DE CETTE ESPECE.



GOUFFRE DE BEDES.

SITE BV VU DU
CRENEAU DU GOUFFRE
DE BEDES

