

Comité pour l'Histoire de l'Armement Terrestre

période 1945 - 1975

Tome 13

PREMIERS TRAVAUX SUR L'ARME
NUCLEAIRE

LA SECTION ATOMIQUE DE LA DEFA

Jusqu'à son rattachement au
Commissariat à l'Energie Atomique
au 1^{er} Janvier 1960

Par l'Ingénieur Général de l'Armement BONNET



PREMIERS TRAVAUX SUR L'ARME NUCLEAIRE

**LA SECTION ATOMIQUE DE LA DEFA
Jusqu'à son rattachement
au Commissariat à l'Energie Atomique au 1.1.1960.**

TOME 13

Par M.P. BONNET

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, l'ICETA FURGET puis l'ICETA 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 DÉCEMBRE 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 recherches » *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 Givaudon.*

NOTE DE PRESENTATION

Contribution de la DEFA aux premiers travaux sur l'arme nucléaire

I - GENERALITES

Création d'une Section Atomique de la DEFA par une décision en date du 3 septembre 1951. Placée sous la direction du Chef de Bataillon CHANSON, en voie d'intégration dans le Corps des Télécommunications d'Armement. Mission générale: "... études et applications techniques de physique nucléaire et corpusculaire dans le domaine de l'Armement".

Le contexte. Déclaration PARODI à l'ONU en 1946: la France n'a pas l'intention de se doter d'armes atomiques. Evolution des idées devant la course à ce type d'armes. Les progrès rapides des techniques nucléaires civiles en France. Le calendrier du plutonium. La décision de décembre 1954 de lancer un programme d'étude d'un armement nucléaire.

La maîtrise d'oeuvre confiée au CEA. La position des Directions Techniques de l'Armement. Cas spécifique de la DEFA.

II - LES DEBUTS DE LA SECTION ATOMIQUE

A l'origine, moyens très dispersés. Recherche d'une implantation permettant son regroupement. La batterie de LIMEIL est mise à disposition par le Génie. Premiers travaux en 1954 et installation d'une première antenne en juillet 1955.

Lancement fin 1954 d'une étude théorique sur la physique de l'explosion de fission. Cette étude permet, dès le printemps 1955, de cerner les grandes lignes de la question: amorçage neutronique, qualité des matières fissiles, types divers de concentration, etc...

Position délicate de la Section dans le contexte de la maîtrise d'oeuvre du CEA. Accord tacite des autorités de la Défense pour son maintien à la DEFA dans l'optique d'une étude parallèle des questions thermonucléaires.

III- LE DEVELOPPEMENT DE LA SECTION ATOMIQUE

Le recrutement et la formation du personnel. Les accords avec le LCA sur les moyens de calcul. Les travaux à LIMEIL. L'installation d'un gros générateur de neutrons permet la formation d'une équipe réduite mais très performante.

La nécessité d'études spécifiques de concentration par explosifs conduit à une nouvelle utilisation du Centre de GRAMAT. Les débuts et l'évolution de ce centre sous la conduite de l'IA BUSCAILHON font l'objet d'un autre chapitre.

Les études théoriques sur les armes sont poursuivies. La question de la qualité du plutonium conduit à examiner l'éventualité d'une application de la séparation électromagnétique. Etude sur l'optimisation du coeur de l'engin.

A la fin de l'année 1957, l'IC CHANSON décide le lancement d'une étude sur une «source éclair» "externe" de neutrons sous la conduite du jeune IA CHAUDIERE. L'étude aboutit brillamment au printemps 1958.

Au début de 1958 l'IC CHANSON ressent les premières atteintes d'un mal implacable, supporté avec un courage admirable, qui devait le fixer sans mouvements sur un lit six mois plus tard, et l'emporter dix ans après.

IV - LE RATTACHEMENT AU COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE

La mise au point de la source éclair de neutrons semble donner la meilleure solution pour l'amorçage de l'engin expérimental en voie de réalisation au CEA pour un tir prévu au début de 1960. Sur une dernière proposition de l'I.C. CHANSON, l'IG CAROUGEAU, Directeur de la DEFA, décide, au début de l'été 1958, de la proposer au CEA qui reconnaît des difficultés dans le domaine de l'amorçage.

Cette proposition est acceptée par le CEA. Un protocole de coopération est mis à l'étude en même temps que les contacts techniques se nouent en raison de l'urgence.

A l'automne 1958, le Ministre des Armées, Pierre GUILLAUMAT, précédemment Administrateur Général du CEA, décide le rattachement de la Section Atomique de la DEFA à la Direction des Applications Militaires (DAM) du CEA, avec effet au 1.1.1959.

Devant l'impossibilité de régler en un temps si court les problèmes administratifs (statuts des personnels, etc.), il est décidé que le Centre sera "rattaché techniquement" au CEA à la date prévue, et restera "rattaché administrativement" à la DEFA jusqu'au 31.12.1959.

Durant toute l'année 1959, la mise au point opérationnelle des sources de neutrons est l'objectif prioritaire. Les études générales se poursuivent en s'insérant dans celles de la DAM. Le tir a lieu avec succès le 13 février 1960. Le Centre le Limeil a été rattaché officiellement au CEA le 1er janvier.

SOMMAIRE

I - GENERALITES	9
II - LES DEBUTS DE LA SECTION ATOMIQUE.	12
III - LE DEVELOPPEMENT DE LA SECTION	18
IV - LE RATTACHEMENT DE LA SECTION ATOMIQUE AU COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE.....	22

I - GENERALITES

La Section Atomique a été créée par une décision en date du 3 septembre 1951 de l'Ingénieur Général SALMON, Directeur de la DEFA. Elle était placée sous la direction du "Chef de bataillon CHANSON de la Section d' Etudes et Fabrications des Transmissions, détaché à la Recherche Scientifique, Directeur Adjoint du Laboratoire des Rayons X et de Physique Atomique". Celui-ci n'était pas encore intégré dans le Corps des Télécommunications d'Armement. Sa réputation scientifique était notoire. Très persuadé de la nécessité de la possession par la France d'un armement atomique, il était d'ailleurs à l'origine de la décision. Il était prévu qu'il disposerait d'un ingénieur militaire adjoint, et il me proposa ce poste.

La mission de la Section Atomique ne comprenait pas l'étude des armes atomiques proprement dites. Elle était définie comme suit.

MISSION : Cette Section a pour but essentiel les études et applications techniques de physique nucléaire et corpusculaire dans le domaine de l'Armement.

La Section Atomique étudiera notamment :

- a) en première urgence, l'effet des divers types de rayonnements dans le domaine énergétique de la radioactivité et du rayonnement neutronique jusqu'à quelques millions de volts.
- b) en application des études ci-dessus, les techniques de détection des rayonnements et de protection contre les bombes à uranium, à plutonium et similaires.
- c) à échéance plus lointaine, l'emploi des radioéléments et des rayonnements de grande énergie comme armes offensives.

Il est important de rappeler le contexte dans lequel se situait la création de la Section Atomique. En 1951 la position officielle de la France restait définie par la déclaration PARODI à l'ONU en 1946 selon laquelle la France n'avait pas l'intention de se doter d'un armement atomique. Cette déclaration, de caractère unilatéral, ne constituait pas cependant un engagement contractuel et dès 1952 le Ministre Félix GAILLARD, dans sa présentation au Parlement du plan quinquennal atomique, purement civil (bien que le doublement intervenu très rapidement du projet de pile plutonigène G2 par une pile G3 ait été motivé par un objectif militaire possible), le ministre, donc, indiqua que la déclaration de 1946 avait été faite dans un contexte où, une seule nation possédant cette arme de puissance énorme qui avait mis fin à la guerre, on pouvait espérer qu'aucune autre nation ne chercherait à s'en doter. Mais que si, comme on le constatait, il n'en était rien, la France ne pourrait maintenir une déclaration unilatérale qui ne l'engageait pas contractuellement, devant une évolution susceptible de menacer sa sécurité. L'époque était en fait celle de la course à la bombe H.

Les premiers les Américains firent exploser, à la fin de 1952 sur l'atoll d'Eniwetok, un engin d'une puissance considérable mais d'une masse incompatible avec un emport aérien. Dès le milieu de 1953 les Russes tiraient un engin moins puissant, mais probablement transportable.

En mars 1954 les Américains, à partir de la "bonne solution", expérimentaient un engin militarizable. Tout cela succédant à un premier tir russe d'un engin à fission dès 1949, beaucoup plus tôt qu'on ne pouvait s'y attendre. Les Anglais de leur côté faisaient un premier tir, à fission, en 1952. Ils devaient faire un premier tir "H" en 1957.

Je m'étends ici sur ce contexte qui dépasse bien entendu l'historique de la Section Atomique de la DEFA, mais qu'il est très important de rappeler, car il éclaire la suite des événements. On verra cette Section, restée toujours d'une ampleur très limitée, et en fait jamais chargée officiellement des études d'armes atomiques, jouer un rôle finalement disproportionné avec ses moyens dans l'élaboration du programme nucléaire militaire.

Il y avait donc, au début des années 1950, une disparité considérable entre la France et ses partenaires et adversaire, qui en étaient pleinement au stade des réalisations alors qu'elle-même s'en tenait à sa déclaration d'abstention. Le Commissariat à l'Energie Atomique, en l'absence de directives gouvernementales, n'avait pas lancé de sa propre initiative d'études sur le sujet sensible des *armes* proprement dites. Je préciserai cette réserve dans la suite. Par contre l'étude et la réalisation de divers *moyens* nécessaires à la réalisation d'engins tant expérimentaux qu'opérationnels, n'ayant encore à ce stade aucun caractère spécifiquement militaire, étaient en cours dans le programme nucléaire général. La disposition de plutonium était liée à la mise en service des piles G2 et G3 de Marcoule, prévue pour la fin de la décennie 1950. Pour l'uranium très enrichi, les études générales d'enrichissement étaient menées en liaison avec la Direction des Poudres, mais un aboutissement postulait des décisions majeures et des délais très supérieurs à ceux du plutonium. Dans le domaine maritime le principe de réacteurs navals était à l'étude en liaison avec le Génie Maritime. Dans le domaine des armes proprement dites, la Direction des Poudres étudiait cependant, de sa propre initiative, les méthodes d'implosion. A la DEFA, dès avant la création de la Section Atomique, le Laboratoire Central était chargé de l'étude et de la mise au point, en liaison avec la Section Technique de l'Armée, des détecteurs militaires des rayonnements.

On a pu depuis se demander si cette position d'abstention vis-à-vis des armes nucléaires maintenue par la France jusqu'au milieu de la décennie 1950 n'avait pas considérablement retardé dans la suite son accession à cet armement. En fait, non. Un premier tir expérimental nécessitait en tout état de cause la disposition de quantités suffisantes d'uranium très enrichi ou de plutonium. Le premier, compte tenu de la difficulté des études et de l'ampleur des équipements à prévoir ne pouvait précéder le second. Ce dernier était tributaire de la mise en service des grandes piles dont le programme a été rondement mené et qui ne pouvait déboucher avant la fin des années 50. Le premier tir d'un engin expérimental, le 13 février 1960, a utilisé les premières quantités disponibles. A contrario, cette butée calendaire initiale de la production de matières fissiles a probablement contribué au maintien, dans un contexte très sensible, de la position officielle d'abstention jusqu'à ce que sa poursuite compromît franchement le calendrier d'un éventuel programme militaire. Pour aller substantiellement plus vite, il eut fallu des priorités et des décisions précoces peut-être incompatibles avec l'état de la France aussitôt après la guerre. Mais on peut regretter par contre que nulle part n'ait été aussitôt formée une équipe chargée d'étudier sur le papier les principes du fonctionnement des armes nucléaires, à fission et surtout thermonucléaires. J'y reviendrai plus loin.

Il faut également enfin évoquer, dans ces généralités une question de mission qui a fortement marqué l'activité de la Section Atomique. L'ordonnance de création du Commissariat à l'Energie Atomique lui donnait le monopole des études atomiques. Mais le statut de la DEFA lui donnait celui des études et fabrications des *armes* proprement dites. S'agissant d'armes atomiques un conflit d'attributions se présentait donc de fait. Il entraîna dans les rapports entre la DEFA et le Commissariat une attitude beaucoup plus réservée qu'entre ce dernier et les autres grandes Directions Techniques, Poudres, Génie Maritime et Aéronautique. De plus, compte tenu précisément de leurs missions officielles, il était difficile aux deux organismes de lancer *proprio motu*, sans directives des pouvoirs publics, dans un contexte politique - national et international - extrêmement sensible, un programme d'étude d'armes. Les relations entre la DEFA et le CEA se limitèrent aux hauts niveaux sans descendre aux organes d'exécution et, compte tenu des impératifs de secret, la Section Atomique travailla jusque vers la fin de la décennie en vase clos.

II - LES DEBUTS DE LA SECTION ATOMIQUE.

A sa création la Section Atomique disposait de moyens disséminés en plusieurs endroits. Sa direction se situait à la Section d'Etudes et Fabrications des Télécommunications, dont elle dépendait, au fort d'Issy-les-Moulineaux, avec quelques ingénieurs et techniciens. Elle avait une antenne au Collège de France, avec des ingénieurs et scientifiques sous contrat travaillant sur des projets d'appareils scientifiques, ainsi qu'au Laboratoire des Rayons X et de Physique Atomique. Les activités d'étude des détecteurs de radioactivité du Laboratoire Central de l'Armement lui étaient rattachées. En tout une vingtaine de personnes, ingénieurs, scientifiques et techniciens. La décision de création autorisait un effectif de 53 personnes .

Les activités de début furent :

- la poursuite des études de détecteurs militaires, qui correspondaient à une commande précise à exécuter en tout état de cause,
- la poursuite des activités dispersées, dans un objectif de formation générale des personnels aux activités de physique atomique et nucléaire,
- la mise en place des premiers moyens lourds de génération des rayonnements, tant dans un but de formation à la mise en oeuvre de ces appareils que comme moyens d'étude de ces rayonnements et de leurs effets. Un béta-tron de 32 millions d'électronvolts fut installé au fort d'Issy-les-Moulineaux à la fin de 1952,
- une activité d'expert pour répondre à de nombreuses questions relatives aux rayonnements, à leurs effets, à la protection, à l'utilisation de radioéléments pour la solution de questions diverses, recherches de projectiles en fin de trajectoire, niveau de remplissage de douilles de cartouches, etc.

Deux jeunes ingénieurs militaires furent affectés en 1953 dans le cadre de l'augmentation des effectifs. La même année la Section fut rattachée au Laboratoire Central de l'Armement, tout en conservant ses implantations dispersées. Mais l'Ingénieur en Chef CHANSON recherchait une implantation qui permît de regrouper son personnel et ses moyens. Elle fut trouvée à la batterie de Limeil, ouvrage périphérique désaffecté du fort de Villeneuve-Saint-Georges. La batterie fut mise à la disposition de la DEFA par les services du Génie. Les premiers travaux d'aménagement furent entrepris en 1954 et une première antenne de 7 personnes s'y installa en juillet 1955.

Mais dès 1952-53 des réflexions commencèrent sur la physique des armes atomiques. La Section "réinventait" l'implosion comme moyen le plus performant de concentration rapide de la masse fissile et fit effectuer de premières expériences dans les organismes équipés en moyens d'études sur les explosifs de la DEFA. Toutefois la Direction, informée du fait que la Direction des Poudres travaillait depuis plus longtemps sur cette question, demanda à la Section Atomique d'abandonner cette voie de recherche, toutes les autres méthodes de concentration restant libres. S'il paraissait en effet évident que la méthode de concentration sphérique, dans les trois dimensions à la fois, était en soi la plus performante, elle impliquait un maître couple important qui pouvait être incompatible avec certains types d'armes.

Des méthodes de projection axiale, type "canon" ou "charge plate", étaient à étudier. L'Ingénieur en Chef CHANSON pensait dès cette époque aux engins thermonucléaires, dont on ne savait rien à l'époque sauf qu'ils posaient des problèmes de principe extrêmement difficiles et devaient être amorcés par un engin à fission. Cette amorce à fission n'était pas forcément compatible avec l'implosion. La nécessité, en tout état de cause, d'étudier dans des conditions très particulières les concentrations de matières par explosifs devait entraîner, peu après, l'équipement du Centre de Gramat.

Mais cette projection sur l'avenir que constituait le souci du problème thermonucléaire joua également un rôle important dans l'évolution de la Section Atomique. Ce n'est qu'en décembre 1954 que fut prise au niveau gouvernemental la décision de principe de lancer un programme d'études sur un armement nucléaire. En mai 1955 un protocole affirmait la maîtrise d'oeuvre du Commissariat à l'Energie Atomique en matière d'armement nucléaire. La position de la Section Atomique devenait inconfortable. Toutefois il était évident que les préoccupations du programme ainsi lancé seraient essentiellement axées sur les engins à fission et que des années s'écouleraient avant qu'on parle des engins thermonucléaires en termes autres que futuristes. L'Ingénieur en Chef CHANSON vit là une opportunité pour conserver à la Section Atomique une spécificité lui permettant de conserver son unité et son maintien au sein de la DEFA. Le principe de base des engins à fission était connu : concentration rapide de masses fissiles sous-critiques en une masse surcritique. Celui des engins dits "H" à l'époque, en dehors du fait qu'il s'agissait de réaliser la fusion d'éléments légers au lieu de la fission d'éléments lourds, restait totalement inconnu et réputé extrêmement difficile : on savait que des savants comme OPPENHEIMER l'avaient jugé impossible. L'Ingénieur en Chef CHANSON plaida auprès des autorités de la Défense Nationale l'intérêt d'un groupe à l'esprit libre qui pourrait mener ces études tout en profitant des moyens que se constituait la Section Atomique. Rien ne s'opposait par ailleurs à ce qu'on découvrit, dans ce domaine entièrement nouveau, une possibilité de s'affranchir de l'amorce à fission et des lourdes contraintes attachées aux matières fissiles. Il obtint un accord tacite pour poursuivre.

Dès 1954 des ingénieurs et scientifiques de la Section commencèrent à réunir les données disponibles sur les éléments légers. Il faut se souvenir que la première conférence internationale sur les applications pacifiques de l'énergie nucléaire tenue à Genève en août 1955 évoqua l'énergie thermonucléaire contrôlée, qui ne pouvait évidemment se satisfaire d'une initiation par une explosion de fission, ce qui confortait l'idée d'un possible amorçage direct des engins "H".

Cependant cette idée était combattue à l'intérieur même de la Section par le volume probable de l'appareillage d'initiation directe, incompatible avec une arme transportable, et par l'argument que "si on connaissait depuis longtemps les techniques de mise en oeuvre directe des réactions thermonucléaires dans des installations appropriées, ce serait probablement la découverte de la fission qui permettrait de les transposer à des armes...". La lente et lourde progression des études de fusion contrôlée depuis lors a montré la justesse de cette boutade.

L'idée fut peu à peu abandonnée dans la suite. Mais en tout état de cause il fallait étudier aussi l'initiation par une explosion de fission et déterminer ce que celle-ci devait "transmettre" à la matière légère pour réagir. Ce qui revenait à étudier d'abord

l'explosion de fission en elle-même. On retrouvait un type d'étude déjà en cours et qui, de par la façon dont il fut abordé, a fait probablement l'originalité de la Section Atomique.

A la mi-1954 une prise de conscience s'était fait jour que l'intérêt s'était jusque-là porté sur les moyens de réaliser la concentration de la matière fissile, mais qu'on ne savait rien sur la façon dont se déroulait ensuite l'explosion proprement dite, sa physique en un mot. L'Ingénieur en Chef CHANSON demanda qu'on examinât la question. Elle paraissait très difficile *a priori* compte tenu des vastes connaissances en physique nucléaire qu'elle paraissait postuler, des constantes encore inconnues, du rassemblement de physiciens de premier plan qui l'avaient résolue en Amérique avec des moyens considérables.

Le mérite de la Section Atomique fut probablement de reconnaître :

- que ses moyens étaient extrêmement limités,
- que se lancer dans une bibliographie, compte tenu du caractère secret du sujet, n'aboutirait probablement à rien, sinon à troubler les esprits,
- que les constantes inconnues ne seraient ni mesurées ni divulguées à courte échéance,
- qu'utiliser l'aide des ordinateurs, qui commençaient à devenir franchement opérationnels, rendrait prioritaires les problèmes de programmation au détriment de la perception physique, et qu'il valait mieux calculer par les moyens classiques, quitte à ne viser que des ordres de grandeur, ou même simplement l'aspect général des phénomènes,

et surtout, éliminant la crainte de type un peu révérenciel qui régnait encore, en souvenir du niveau des savants impliqués dans le succès américain, d'une insuffisance de connaissances nucléaires, de prendre conscience que le problème était de nature thermodynamiques plus que nucléaire. Les données nucléaires pouvaient - en très première approximation - s'introduire sous forme paramétrique et, sans ambition de précision, permettre de balayer le domaine du raisonnable.

Après une première tentative donnant des résultats aberrants, mais dont on s'aperçut vite qu'elle les devait à une grave erreur de physique, l'aspect général de l'explosion de fission se dégagait en moins d'un an, températures, pressions, durée, etc.

Deux éléments fondamentaux, et raisonnablement non susceptibles d'être mis en doute du fait de l'imprécision - considérable - des calculs, se dégagèrent :

- la nécessité, pour obtenir un rendement convenable, d'amorcer la masse fissile au moment de sa concentration et de sa "surcriticité" maximales, par une bouffée de neutrons,
- corrélativement, la nécessité d'éviter le plus possible, avant ce moment, la présence de neutrons qui entraîneraient un amorçage prématuré et un mauvais rendement.

Le premier appelle un commentaire. La Section Atomique fonctionnait "en vase clos". Elle a donc "découvert" cette nécessité de l'amorçage neutronique à un instant précis, de l'ordre de la microseconde. Le schéma général qui avait cours à

cette époque était que la concentration de la masse initialement sous-critique la faisait passer par une configuration critique et que c'était à ce moment que démarrait la réaction en chaîne, l'arrêt de la concentration, au maximum de surcriticalité atteint, ayant lieu lorsque le dégagement d'énergie nucléaire stoppait la concentration. On supposait implicitement que, compte tenu du nombre immense de particules élémentaires dans des quantités aussi minimales de matière, il y avait toujours assez de "neutrons baladeurs" traversant la masse fissile pour amorcer la réaction dès le passage par la concentration critique. Un balayage paramétrique sur plusieurs puissances de 10 du nombre de neutrons présents montrait d'ailleurs une influence quasi-nulle sur le résultat final : 10^6 ou 10^9 ne changeait pas grand chose. Ce qui d'ailleurs, sous un autre angle, contrait l'idée, répandue, qu'il fallait "aider" la réaction par une grosse source de neutrons permanente. Par contre le dégagement d'énergie nucléaire dès le franchissement de la concentration critique stoppait très rapidement la poursuite de la concentration, la "surcriticalité" maximale atteinte était faible, la dispersion consécutive faisait rapidement repasser la masse fissile à l'état sous-critique, la réaction s'arrêtait, et l'énergie dégagée était très faible, complètement incompatible avec les 15 kilotonnes des premiers engins américains.

"Forcer la surcriticalité maximale" par une vitesse de concentration de plus en plus élevée requerrait des vitesses impossibles et, pendant un certain temps, la question est restée "comment fait-on ?".

La réponse vint de la prise de conscience que les neutrons n'avaient pas - du tout - un caractère "baladeur" et que leur appliquer une fraction même minimale du nombre d'AVOGADRO ne voulait rien dire. L'indifférence du résultat aux nombres élevés de neutrons au moment du passage à l'état critique, qui semblait rendre inutile l'examen des nombres faibles, masquait le fait que tout changeait si ce nombre était zéro. Dans ce cas l'amorçage n'avait pas lieu, et la concentration se poursuivait jusqu'au rebondissement de la matière sur elle-même, avec une concentration maximale correspondant à une surcriticalité élevée impossible à atteindre dans le schéma précédent. S'il continuait à ne pas y avoir de neutrons, l'expansion de la matière fissile après le rebondissement la rendait de nouveau rapidement sous-critique, et il ne se passait rien... Il fallait donc *amorcer la* réaction nucléaire par l'envoi d'un neutron au moment de la concentration maximale. Un ou quelques, mettons une dizaine, car un neutron n'a pas une probabilité de 100% de provoquer une première fission. Mais par contre un neutron baladeur, s'il y en a, pourra, s'il arrive pendant le "temps surcritical" (de l'ordre de la dizaine de microsecondes) entre le passage à l'état critique et la concentration maximale, provoquer un amorçage prématuré, avec un mauvais rendement aléatoire. Il fallait donc examiner la question des "neutrons baladeurs", cette fois non plus dans une optique de larges puissances de 10 mais à l'unité près, et les choses allèrent dès lors très vite. Les neutrons sont très rares. La source externe la plus importante est celle provoquée par les rayons cosmiques sur divers noyaux de l'environnement terrestre : de l'ordre d'un par cm^2 et par minute, soit de l'ordre d'un par seconde traversant la section droite de la masse fissile. La probabilité qu'un de ces neutrons traverse cette masse pendant les 10 microsecondes du temps surcritical était donc de l'ordre de 10^{-5} , totalement négligeable mais soulevant cependant la question d'une probabilité inéluctable d'amorçage prématuré dans les engins à fission.

Les choses se gâtaient avec les sources internes. Plutonium et uranium sont le siège de fissions spontanées produisant des neutrons. Il fallait faire le bilan, en prenant en compte leurs isotopes inévitables. Les cadences de fission spontanées étaient publiées. L'uranium 235 se révéla peu émetteur, et sans isotopes gênants. Le plutonium 239 convenable quoique moins bon, mais accompagné, selon les conditions de sa production, d'un isotope 240 très émetteur de neutrons. Maintenir la probabilité d'amorçage prématuré dans des limites acceptables avec le plutonium nécessitait un plutonium à très faible concentration en isotope 240.

On voyait s'éclairer "l'idée qui courait", qu'un isotope du plutonium était une sorte de poison dans les armes même à faible concentration, idée difficilement explicable sauf phénomène très spécifique, de ce type.

Cet ensemble était devenu clair au printemps 1955, avec le sentiment d'une physique du phénomène - températures, pressions, etc. - assez "robuste", c'est à dire, tant qu'on ne cherchait pas la précision, assez peu sensible aux erreurs - raisonnables, mais même, parfois, franchement aventurées - sur les paramètres. Ce qui frappa de façon majeure, c'est la disproportion entre le caractère ravageur de l'explosion nucléaire et les conditions de son déclenchement, dépendant d'une physique du minuscule portant sur un ou quelques neutrons à envoyer au bon moment...Et quel moment ! Le fugitif maximum de surcriticité, ou plutôt la plage d'une durée à *priori* de l'ordre d'une microseconde pendant laquelle elle ne variait pas trop autour de ce maximum, à la fin des dix microsecondes du "temps surcritique". Quelques microsecondes avant ou après il y avait mauvais rendement. Vingt microsecondes avant ou après il ne se passait rien.

Cette étude de la physique de l'explosion proprement dite fut probablement la première menée en France, et subsiste l'étonnement qu'elle n'ait pas été menée plus tôt car rien ne l'empêchait. Sauf peut-être cette "crainte révérencielle" évoquée plus haut d'une insuffisance par rapport au niveau des savants impliqués dans le succès américain, crainte postulant la nécessité, avant tout espoir d'aboutissement, de mettre sur pied une lourde structure inenvisageable sans directives politiques.

Il faut d'ailleurs nuancer. La "découverte" de la nécessité d'amorcer les engins à fission a découlé, à la Section Atomique de la DEFA, de l'étude de la physique de l'explosion. N'oublions pas qu'elle "travaillait en vase clos". La "découverte" n'a donc pas été transmise à l'extérieur. Inversement, elle n'a reçu ni confirmation ni critique. Par ailleurs, elle paraissait donner *une* solution, mais était-ce la seule et n'en existait-il pas d'autre permettant de s'affranchir de conditions d'amorçage délicates et aléatoires ?

L'Ingénieur en Chef CHANSON, avec bon sens, réservait son opinion. La question parallèle était "au CEA, sait-on qu'il faut amorcer la réaction ?". En fait, c'était oui, et nullement comme conséquence d'une étude de la physique de l'explosion. L'équipe JOLIOT, qui avait déposé en 1939 les premiers brevets - secrets - sur les applications militaires et civiles de la fission ne se posait même pas la question de flux importants de neutrons baladeurs dans la nature : on les comptait à l'unité sur des plaques photographiques. Elle savait bien la nécessité d'un amorçage par un ou quelques neutrons, et cette connaissance s'était bien évidemment transmise comme "allant de soi" même à des scientifiques qui n'auraient jamais voulu se lancer dans des études d'armes.

Il faut comprendre à *contrario* le choc que fut, pour des ingénieurs habitués à la physique macroscopique, la prise de conscience de la nécessité de maîtriser un phénomène ténu et aléatoire pour déclencher les armes d'apocalypse. Près de vingt ans plus tard, à une époque où tout cela relevait de la préhistoire, j'ai souvenir d'avoir vu ressurgir ce type de stupéfaction. Dans le cadre de nouveaux types d'armes et de phénomènes, un développement avec tirs nucléaires était nécessaire pour prendre en compte un phénomène reposant de nouveau à l'origine sur quelques neutrons...ou même un seul. Un responsable de la filière des crédits, et non novice dans ce cadre, me dit que jamais il ne donnerait son accord à de telles dépenses, dont le mémoire justificatif reposait en définitive sur la présence ou l'absence de deux ou trois neutrons. Il tombait mal et je lui rappelai aussitôt la préhistoire, où il avait bien fallu, *volens nolens*, en passer par là. Il fut ébranlé. Suffisamment, je pense, car les crédits furent accordés.

Revenons aux suites de cette "découverte". La Section Atomique n'avait pas encore les moyens d'expérimenter une source-flash de neutrons. Les conséquences à tirer restaient donc sur le plan théorique. Il fallait envoyer dans la masse fissile une dizaine de neutrons en une microseconde, sans déborder, et à un instant déterminé, de nouveau à la microseconde près environ. Deux voies étaient possibles. Soit une source "faible", interne à la matière fissile : dix neutrons suffisaient. Soit une source "intense" arrosant la matière de l'extérieur de l'engin. Mais alors cette source, pour éviter sa destruction par l'explosif de concentration de l'engin avant la concentration maximale, devait se situer à peut-être un mètre de la matière fissile. Compte tenu alors de la petitesse de l'angle solide efficace et de l'absorption par les milieux interposés, la source devait produire cette fois 10^6 ou, mieux, 10^7 neutrons pendant la microseconde.

La première solution était envisageable dans le cas de concentration axiale, avec rapprochement sous faibles déformations de deux demi-masses fissiles. Il fallait évidemment une source de très faible volume pour ne pas dégrader la surcriticité maximale. Cela était compatible avec les sources dites ($\rightarrow \alpha n$) de la physique, où les particules \rightarrow du polonium, par exemple, chassent les neutrons de noyaux de béryllium. On pouvait envisager que le contact des demi-masses mette également en contact de petites quantités de polonium et de béryllium jusque-là masqués l'un de l'autre, dans une géométrie pas trop déformée. Mais dans le cas de l'implosion sphérique, il paraissait illusoire d'imaginer qu'on pourrait avoir jamais confiance en une source interne de ce type supposée devoir fonctionner au centre d'une telle concentration. Il fallait passer à une source externe, donc "intense" et qui ne pouvait être qu'un générateur de neutrons électrodynamique. Il est intéressant de noter que, sur le moment, aucun des deux types de sources ne parut devoir poser de très difficiles problèmes de réalisation pour un organisme doté des moyens nécessaires, et l'affaire en resta sur le plan théorique du "progrès des connaissances dans le domaine des armes nucléaires".

III - LE DEVELOPPEMENT DE LA SECTION

En juillet 1955, une première antenne de la Section Atomique s'installa à la batterie de Limeil, dans les sept casemates centrales aménagées en laboratoires et bureaux. L'Ingénieur en Chef CHANSON pressait cette installation et les constructions ultérieures, gages d'une Section Atomique à l'existence pleinement reconnue.

Les travaux d'infrastructure se poursuivirent : construction d'un bâtiment laboratoires - bureaux au-dessus des casemates, grand hall aménageable "à toutes fins", etc. L'objectif était de réunir le plus rapidement possible tout l'effectif de la Section à Limeil, mais ce ne pouvait se faire que progressivement, au fur et à mesure de la mise à disposition des bâtiments.

Trois objectifs principaux existaient : les moyens de calcul, les équipements de physique nucléaire, en particulier de neutronique, les moyens d'étude des concentrations de matières par explosifs (on ne disait pas encore "détonique", mais nous emploierons ce terme dans la suite).

Pour le calcul, le Laboratoire Central de l'Armement (LCA) se montait un laboratoire fortement équipé. La Section Atomique, rattachée initialement à la Section d'Etudes et Fabrications des Télécommunications (SEFT) au Fort d'Issy-les-Moulineaux, avait vu son rattachement transféré au LCA. Un accord fut passé avec les services de calcul du LCA pour former de jeunes ingénieurs et utiliser ses ordinateurs. Il fallait évidemment dépasser le stade des calculs "inavouables" faits à la main qui avaient servi à débroussailler la physique de l'explosion mais ne permettraient pas d'aller au-delà - et qu'il n'était pas mauvais par ailleurs de confirmer-.

Mais il fallait alors en passer par la connaissance des ordinateurs, la programmation, les listings... Une équipe se monta, alimentée par des recrutements et la mise à disposition de jeunes ingénieurs par la DEFA.

L'un des premiers équipements de physique nucléaire, un gros générateur de neutrons, fut installé dans une des casemates de la batterie, qui offrait naturellement une protection contre les rayonnements. Une équipe s'y forma très rapidement aux techniques de la neutronique. D'autres équipements furent étudiés et réalisés dans une optique plus générale de formation et d'acquisition d'appareillages modernes : un accélérateur linéaire d'électrons capable de produire des flux élevés de rayons X directifs pouvant se révéler nécessaires pour les études de détonique, etc.

Pour la détonique proprement dite, il était évident que le site de Limeil était hors de question. La DEFA disposait évidemment d'installations qui auraient pu être mises à contribution, et développées selon les besoins spécifiques. Mais il pesait sur ces études une lourde contrainte de secret qui ne permettait pas de les diffuser. Il fallait organiser un nouveau site. L'IC CHANSON avait connaissance d'un site situé à Gramat, dans le Lot, envisagé quelques années auparavant, sans suite, pour l'essai de propulseurs de fusées.

Situé dans une région à faible population, à la géologie tourmentée creusée de vastes dépressions et précisément sélectionné pour cette protection naturelle de l'environnement contre les effets d'essais à grand pouvoir de destruction, ce site fut retenu par le Directeur de la DEFA. Compte tenu de son éloignement de la région parisienne et des encore faibles moyens de la Section Atomique, ce fut l'Etablissement de Tulle qui fut chargé de la construction du Centre de Gramat, sous la supervision technique de l'Ingénieur Principal BUSCAILHON récemment affecté à la Section Atomique. L'histoire de ce Centre fait l'objet d'un fascicule particulier, et nous ne nous y étendrons pas ici.

Les études théoriques sur les engins nucléaires se poursuivirent. Le "débroussaillage" de la physique de l'explosion de fission avait mis en évidence l'importance de la "qualité" du plutonium, autrement dit de son pourcentage d'isotope 240 à forte émission neutronique spontanée susceptible d'entraîner des amorçages prématurés. Une étude des conditions de formation en "pile atomique" du plutonium à partir de l'uranium 238 montra que le plutonium 239, isotope recherché, se chargeait très rapidement en isotope 240 néfaste. Si rapidement que pour obtenir un plutonium de qualité militaire il fallait imposer à la "pile" un rythme de chargement - déchargement qui conférait à ce plutonium un prix extrêmement élevé. Si élevé qu'on pouvait se demander si c'était bien le cycle de production qui s'imposait, non seulement pour les premières quantités nécessaires à un tir expérimental où leur prix se noyait dans celui, hors de proportion, de l'ensemble de l'opération, mais pour des fabrications en nombre ultérieures.

L'idée vint alors d'examiner s'il ne serait pas plus économique de produire un plutonium trop chargé en isotope 240 selon un cycle de pile normal, puis de faire une séparation isotopique 239-240. Ceci heurtait les idées courantes selon lesquelles la séparation isotopique était une opération majeure, non encore mise au point en France, et dont la difficulté et la lourdeur industrielle avaient précisément motivé la décision de tabler, au moins en un premier temps, sur le plutonium et non sur l'uranium très enrichi. Il fallait y regarder de plus près. Les Américains avaient, pendant la guerre, mis au point la bombe au plutonium, à l'évidence issu de cycles de pile accélérés, et la bombe à l'uranium très enrichi. Pour ce dernier, ils avaient utilisé la méthode de séparation isotopique par "calutrons", vastes spectromètres de masse donnant en un ou deux passages le taux très élevé de séparation visé, mais avec un débit unitaire très faible. Ils avaient aussi mis au point la séparation par diffusion gazeuse de principe opposé si l'on veut, où l'enrichissement à chaque "passage" est très faible (il en faut 3.000 pour l'uranium très enrichi des bombes), mais le débit élevé. Tous bilans effectués, il était apparu que la méthode calutrons ne pouvait s'opposer économiquement à la diffusion gazeuse, procédé d'ailleurs retenu en France dans la suite pour Pierrelatte. Les calutrons s'étaient rangés dans la catégorie des méthodes des temps héroïques. Personne n'aurait songé à la diffusion gazeuse avec ses innombrables "passages", pour la séparation d'isotopes du plutonium, élément très toxique par sa radioactivité, en petite quantité à l'entrée comparée aux centaines ou milliers de tonnes d'uranium naturel brassées pour obtenir l'uranium très enrichi.

Mais à l'examen il apparut que la disqualification des calutrons pour l'enrichissement de l'uranium n'était aucunement évidente si on voulait les utiliser pour la séparation d'isotopes du plutonium. Là aussi les données de départ étaient opposées. Pour l'uranium, il s'agissait de faire passer à une concentration de plus de 90% l'isotope 235 présent à 0,7%, ou 1/140, dans l'uranium naturel, l'isotope massivement présent, à 99,3%, dans celui-ci étant le 238 indésirable. Il apparut évident que la faiblesse économique des calutrons dans ce cas était de faire transiter, dans des batteries d'appareils coûteux à faible débit, 140 fois plus de matière à rejeter que de matière à conserver. Pour un plutonium à mettons 90% d'isotope 239 intéressant et 10% de 240 néfaste, on faisait transiter presque toute la matière à conserver et 1/10 de matière à rejeter. *A priori* le nombre de calutrons nécessaire pour une production donnée de matière était à diviser par un facteur de l'ordre de 100. Quelles que fussent les difficultés à prévoir dans la mise en oeuvre du dangereux plutonium, un tel facteur nécessitait un examen approfondi de la question, faisant abstraction de toute disqualification des calutrons en matière de séparation isotopique autre que de laboratoire.

La Section Atomique proposa de passer avec un industriel un marché d'étude "papier" destiné à donner les ordres de grandeur des prix, encombrement, délais d'un calutron pouvant ensuite donner lieu à un développement industriel. Cette proposition fut acceptée après hésitation par le Directeur du LCA dont dépendait la Section. Le montant d'un tel marché n'était pas très élevé, mais il posait une question de principe qui devenait sensible au fur et à mesure du développement de la Section, et c'est pourquoi il est nécessaire de s'étendre un peu sur cet épisode, typique d'une situation dont la perception devenait de plus en plus claire vers la charnière des années 1956-57. La décision de création de la Section Atomique ne la chargeait aucunement des études d'armes, mais seulement d'études générales de physique nucléaire avec pour objectif la création d'un noyau de compétences à la DEFA. Un accord tacite s'était fait jour pour admettre que ces études générales pouvaient s'étendre à la connaissance de la physique des armes nucléaires, bien qu'on commençât là à empiéter sur les missions officiellement précisées d'un CEA très attaché à ses prérogatives. Passer aux productions de matières était franchir un nouveau pas. Quelles compétences avait par ailleurs la Section Atomique dans un tel domaine, autre qu'une remarque sur les virtualités potentielles d'un appareillage jugé disqualifié, auxquelles personne n'avait - peut-être - pensé ?

Le Directeur du LCA fut néanmoins convaincu que, pour progresser, la Section Atomique avait besoin de tester ses idées, et donna son accord. Il ne s'agissait encore que d'une étude "papier". Mais il devenait évident qu'à terme à préciser, la Section devrait s'insérer dans le programme général ou perdre ses motivations.

Bien qu'empiétant sur le chapitre suivant, il est intéressant de préciser la suite qui fut donnée à cette affaire. Après le transfert du Centre de Limeil au CEA, celui-ci jugea l'idée intéressante et la reprit à son compte jusqu'à la réalisation d'un prototype qui confirma les prévisions techniques, et à une étude de coûts-délais d'une installation industrielle. Celle-ci montra que la compétitivité économique avec le cycle accéléré existerait pour un plutonium de très bonne qualité. Mais les progrès sur la technique des armes réduisaient, pour les premières envisagées, les bombes du

Mirage IV, la qualité à obtenir et ne nécessitaient pas cette méthode qui, en tout état de cause, ne serait pas arrivée à temps.

C'est plutôt pour lever une très grave incertitude que cette étude fut positive. Chaque type d'arme ne serait pas éternel. On jugeait que le Mirage IV ne serait plus opérationnel au début des années 70 (en fait, il l'est resté jusqu'au milieu des années 80). Le plutonium récupéré dans les armes déclassées serait réutilisé dans les nouvelles. Mais celles-ci ne nécessiteraient-elles pas une meilleure qualité ? Fallait-il se résigner à risquer de se trouver un jour devant des stocks de plutonium inutilisables, ou décider de produire dès l'origine la meilleure qualité possible à des prix exorbitants, et encore serait-elle suffisante ? *A contrario*, certaines considérations sur la vulnérabilité des armes laissaient penser qu'on serait peut-être conduit un jour, *volens - nolens* à trouver des solutions à l'emploi de plutonium de mauvaise qualité. La démonstration qu'on pourrait toujours reprendre un plutonium de qualité insuffisante, et le purifier pour des sommes et dans des délais "raisonnables", mit fin à cette hésitation. Il fut décidé de produire pour chaque type des premières armes un plutonium de la qualité nécessaire pour ce type sans se préoccuper du futur. L'étude lancée à Limeil s'avérait largement payante.

Des études sur l'optimisation du coeur de l'engin se poursuivirent, ainsi que les études de débroussaillage sur le problème thermonucléaire, avec la prise de conscience progressive dans ce dernier cas qu'il était encore beaucoup plus difficile qu'on pouvait le craindre. L'étude des détecteurs de radioactivité militaires aboutissait à divers prototypes. Les diverses équipes se fortifiaient.

*

* *

L'introduction de la Section dans le programme nucléaire militaire officiel se posait. Vers le milieu de 1957 il fut décidé de l'associer aux expérimentations à réaliser autour de l'engin expérimental : mesures de flux neutroniques, etc. Ceci correspondait à certaines de ses capacités, mais non à ses ambitions, son véritable potentiel s'exerçant toujours "en vase clos".

IV - LE RATTACHEMENT DE LA SECTION ATOMIQUE AU COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE

A l'automne 1957, L'Ingénieur en Chef CHANSON apprit de L'Ingénieur Général CAROUGEAU, Directeur de la DEFA, que lors d'une séance de comptes-rendus à laquelle ce dernier assistait sur l'état de la préparation du tir expérimental décidé pour le début de 1960, le CEA avait indiqué que l'ensemble se déroulait de façon satisfaisante, sauf sur un point. L'étude de la source neutronique d'amorçage butait sur des problèmes relatifs à sa conception même. Cette information provoqua à la Section Atomique une vive excitation. Tout d'abord, c'était la confirmation qu'il ne paraissait pas exister d'autre méthode d'initiation de l'engin que l'amorçage neutronique "découvert" en 1955. On n'en doutait plus guère, mais la confirmation était là. On savait que l'engin étudié pour le premier tir expérimental était à implosion sphérique. Ceci postulait, pour la Section, une source externe, intense, de type électrodynamique. Comme il a été indiqué plus haut, la Section n'avait pas imaginé qu'un tel type de source dût présenter de graves difficultés de conception. La microseconde était une précision courante en électronique. Le problème paraissait plutôt celui d'une bonne détermination du délai entre la mise à feu de l'explosif de concentration et l'instant de la concentration maximale. Mais c'était le problème de la physique de l'explosif chimique, de la "détonique", pas celui de la source neutronique.

On ne comprenait pas bien le pourquoi des difficultés de conception au CEA. Mais la prudence s'imposait en face de difficultés exprimées par des équipes du grand organisme nucléaire. L'Ingénieur en Chef CHANSON décida de relever le défi. Les choses avaient changé depuis la mi-55. Le gros générateur de neutrons installé dans une des casemates du Centre de Limeil était opérationnel depuis un ou deux ans. Une petite équipe s'y était formée à la neutronique sous la direction du jeune ingénieur militaire André CHAUDIERE. Extrêmement motivée, libre de tout *a priori* théorique ou expérimental, elle allait réussir le tour de force de mettre au point en quelques mois une source-éclair de neutrons dont le modèle de laboratoire avait des caractéristiques déjà presque opérationnelles dans un volume compatible pour un engin expérimental. Courant juin 1958 la réussite était si évidente que la question se posait de la suite à donner.

Mais un événement dramatique était survenu au cours du semestre. L'Ingénieur en Chef CHANSON était frappé d'une maladie implacable. Débutant au mois de janvier par une gêne dans les orteils, elle se développait par une paralysie remontante des membres inférieurs. Au printemps il devait pour se déplacer utiliser une voiture pour handicapé. A la fin du printemps les bras étaient atteints. Luttant avec un courage extraordinaire, il réussit encore à donner divers cours dont il était chargé. Mais, au cours du mois de juillet, il se fit transporter à Béziers où on lui avait signalé que peut-être existait un traitement de la maladie. Après une certaine stabilisation, elle reprit sa progression jusqu'à ce que, les muscles thoraciques étant atteints à la fin de l'été, il fût mis sous respiration assistée à l'hôpital de Montpellier en attendant une fin imminente. Le progrès de la maladie s'arrêta alors, et il devait

demeurer plus de dix ans totalement paralysé mais pleinement lucide, correspondant par signes de la paupière avec sa femme admirable de dévouement.

Il eut cependant la joie à la fin du printemps d'assister au succès de l'équipe CHAUDIERE et de lui donner suite. Initialement très réticent à proposer cette solution développée comme toujours "en vase clos", il estimait, avec sa fougue ordinaire, que le CEA "n'avait qu'à se débrouiller" et qu'il n'avait pas été chargé de lui servir de roue de secours... Mais le réalisme l'emporta. La machine était lancée au CEA, avec des moyens complètement disproportionnés avec ceux - non négligeables certes - que la DEFA pouvait mettre à la disposition de sa Section Atomique. Il fallait envisager que cette Section soit rentre selon des modalités appropriées dans le programme général, soit disparaisse finalement peu à peu par manque d'objectifs reconnus. Il était peu probable, et au contraire, que la Section Atomique vit son crédit s'illuminer au cas où, le programme en cours souffrant de difficultés graves, il s'avérerait que la Section Atomique détenait la solution mais s'était abstenue d'en parler... Enfin le CEA pouvait parfaitement en définitive mettre au point un matériel convenable. J'y reviens ci-après. Le succès de l'équipe CHAUDIERE était en fait une occasion exceptionnelle et probablement non renouvelable d'entrer dans le programme officiel par la grande porte.

Sur sa proposition l'Ingénieur Général CAROUGEAU fit donc parvenir en juillet au CEA une lettre offrant à celui-ci d'utiliser la source neutronique éclair mise au point à Limeil, pour le tir prévu d'un engin expérimental, selon des modalités d'accord à définir. La proposition fit une forte impression à la Direction des Applications Militaires (DAM) du CEA, qui n'avait toujours pas étudié ce type de source. Dès la fin de l'été des contacts furent pris pour mettre au point un protocole d'accord entre la DEFA, Section Atomique et le CEA, Direction des Applications Militaires.

Revenons au fond. Pourquoi cette mise au point brillante, mais sans problème conceptuel, par de jeunes ingénieurs sans passé, et un blocage conceptuel chez des équipes disposant de tous les moyens ? Illustration de la boutade "tout le monde savait que c'était impossible, il y en avait un qui ne le savait pas, alors il l'a fait."... Tout d'abord, il n'y avait pas absence de solution à la DAM du CEA, mais on n'y envisageait qu'une source interne, de principe certes astucieux, au centre de la masse fissile concentrée par l'implosion. Mais il est évident que la vérification du fonctionnement régulier d'une telle source dans les conditions extrêmes régnant en ce point était un problème majeur entraînant le doute. Comme il a été dit plus haut, la Section Atomique écartait *à priori* la source interne pour l'implosion. Compte tenu des moyens du CEA, la DAM ne l'écartait pas, mais se rendait compte de la difficulté de la mise au point d'une solution fiable. Elle avait bien entendu aussi envisagé une source externe intense de type électrodynamique. Là gît l'impondérable.

Les ingénieurs de la DAM consultèrent évidemment les spécialistes des générateurs de neutrons. Générateurs continus, bien entendu. Pour obtenir cette gamme de neutrons il fallait disposer d'un flux bien supérieur à 10^{12} neutrons par seconde et un dispositif de déblocage - blocage. La première réponse était que les générateurs connus n'approchaient pas et de loin cette intensité. A la section atomique l'idée de *flux* n'apparaît pas, seul le nombre avait de l'importance. Le point de départ fut un *nombre*, 10^6 neutrons, à créer en une microseconde ou moins, durée sans problème de principe d'une décharge électrique.

L'appareillage nécessaire était *a priori* de volume réduit. Restait la réalisation, tour de force en six mois. La DAM pensait débit, et la voie était fermée. La Section Atomique pensait quantité, et elle était ouverte.

Même si une source interne pouvait être mise au point, la source externe présentait des avantages évidents par le découplage qu'elle introduisait avec les redoutables problèmes de détonique autrement à résoudre. Que se passait-il vraiment au centre d'une implosion, quid des surcompressions par ailleurs favorables, etc.? La solution s'imposait. Le CEA donna suite à la proposition de la DEFA.

*

* * *

Les premiers contacts furent pris avec la DAM à la fin de l'été 1958. En fait, ils avaient été précédés au début de l'année par une participation de la Section Atomique à une "Mission Aurore" aux Etats-Unis. Très strictement réservée aux problèmes des expérimentations autour d'un essai nucléaire sans aucune information sur les engins proprement dits, elle constitua une certaine ouverture américaine dans le domaine militaire qui fut rapidement refermée. Les informations sur divers aspects des expérimentations furent néanmoins intéressantes.

Un contrat CEA - DEFA chargeant la Section Atomique de l'amorçage neutronique du tir expérimental prévu pour le début de 1960 fut mis à l'étude. Mais à la fin d'octobre, le nouveau Ministre des Armées Pierre GUILLAUMAT, précédemment Administrateur Général du CEA, décida, sur demande du Directeur des Applications Militaires, le transfert au CEA du Centre de Limeil. La date prévue pour ce transfert était le 1^{er} janvier suivant. En fait le transfert de personnels sous statut DEFA à un organisme comme le CEA se révéla impossible en un si court délai, et la décision fut prise de rattacher le Centre de Limeil au CEA "techniquement" dès cette date du 1^{er} janvier 1959, en raison de l'urgence des problèmes techniques, et "administrativement" seulement en janvier 1960.

Seul le Centre de Limeil était visé par la décision ministérielle. Le Centre de Gramat, qui faisait aussi partie de la Section Atomique, n'était pas mentionné. Le Directeur de la DEFA décida de conserver ce Centre qui ne fut donc pas compris dans le transfert. Les conséquences en furent contrastées. Il se trouva sur le moment sans programme. Mais très rapidement, sur intervention du Centre de Limeil rattaché, la DAM prit conscience que ce Centre extérieur, spécialisé en détonique, pouvait lui éviter une part des investissements matériels et humains en croissance dans ce domaine. Un protocole d'accord fut signé avec la DEFA pour lui confier diverses études. La collaboration s'amplifia pendant toute la période de recherches extensives menées dans le cadre de la recherche de la difficile solution du problème thermonucléaire. Mais se réduisit à presque rien à son aboutissement en 1968, ce qui provoqua de nouveau une difficile période de vaches maigres. Jusqu'à ce que l'évolution des recherches générales en matière de Défense lui conférât une position de leader dans les domaines où il avait acquis une compétence spécifique. L'histoire de ce Centre fait l'objet d'un fascicule particulier.

L'année 1959 eut bien entendu comme objectif prioritaire la réalisation des sources neutroniques de l'engin expérimental en liaison avec les détoniciens,

métallurgistes et électroniciens de la DAM. Des contrats furent passés avec l'industrie pour le développement puis la construction des matériels opérationnels à prévoir pour les armes qui suivraient. Le tir du 13 février 1960 fut un plein succès.

Sur le plan administratif, l'année fut consacrée à l'établissement des contrats du personnel qui, sur décision individuelle, décidait ou non de passer au CEA. Quelques refus eurent lieu, essentiellement bien entendu parmi ceux non impliqués dans la mise au point des sources. Un ou deux jeunes ingénieurs de grand potentiel affectés aux études théoriques ne suivirent pas. Sur le moment ce put être considéré comme un des éléments négatifs inévitables dans ce genre d'opération. A le considérer dans la suite, ce fut plus grave qu'on pouvait le penser.

Il faut là revenir sur la réflexion faite plus haut sur le regret que les études même "papier" sur les armes nucléaires n'aient été lancées officiellement que dix ans après Hiroshima. Pour les engins à fission, un très bon implosor, une très bonne métallurgie du plutonium, une très bonne source d'amorçage neutronique aboutirent à une puissance d'environ 70 kilotonnes, à comparer avec les 15 kilotonnes de règle jusque là pour un premier essai. L'architecture de principe de l'engin ne souffrait pas de discussion. La qualité de la technique - quinze ans après Alamogordo - assura les performances, saluées par les Américains eux-mêmes. Mais il n'en alla pas de même dans la suite pour les engins thermonucléaires.

La Section Atomique avait, comme dit plus haut, lancé des études sur ces engins, abandonnant d'ailleurs peu à peu l'idée d'une initiation possible éventuelle sans engin à fission. Elle avait réuni les connaissances sur les réactions entre éléments légers et cherché à les combiner. Elle se trouva en face de connaissances analogues à la DAM. Mais alors que l'urgence fusionna rapidement les équipes de la fission, le thermonucléaire resta un objectif d'avenir - dont il fut plusieurs fois rappelé qu'il n'avait pas été officiellement décidé -. Les relations s'établirent plus difficilement et avec des tiraillements que la présence continuée de tel ou tel jeune ingénieur dès l'abord reconnu de tous eut - peut-être - évités. Plus généralement à l'époque, le tir d'un engin thermonucléaire était considéré comme lié à la disposition d'uranium 235. Sur des *on-dit*, peut-être, mais n'étaient-ils pas fondés ? Ceci reportait le premier tir après la mise en service de Pierrelatte, au mieux en 1968 et si la décision en était prise. Le délai paraissait donc large. La très bonne évolution du programme fission donnait à penser que, bien que le problème eut été reconnu redoutable aux USA (OPPENHEIMER l'avait jugé insoluble), le temps jouerait aussi pour en faciliter la solution. Il fallut déchanter. C'était cette fois la conception de base qui jouait d'abord, et non la qualité des techniques. Après des tentatives sans lendemain les études prirent un tour franchement efficace vers 1965, et très rapidement, sur intervention du Chef de l'Etat, le programme passa brusquement à la priorité officielle n°1. D'arrachepied, marquée de progrès successifs indispensables mais insuffisants, la solution fut finalement proposée par un des jeunes ingénieurs militaires arrivés à Limeil en octobre 1958, juste avant la décision de rattachement au CEA, Michel CARAYOL, puis adoptée in-extremis. La campagne thermonucléaire de 1968 fut un plein succès. Mais c'était vraiment très juste. Il est certain que ces études difficiles, menées dans un contexte initial d'autres priorités majeures, auraient bénéficié d'années plus détendues dans une période où rien ne pressait vraiment.

Et peut-être là le rattachement de la Section Atomique au CEA, bénéfique sous d'autres aspects, eut-il la conséquence, souvent néfaste en recherches préliminaires, de supprimer la concurrence entre deux équipes indépendantes au bénéfice de leur fusion. Sur un plan plus limité, l'exemple de la source-éclair de neutrons peut faire réfléchir.

*

* *

La construction du Centre, les recrutements, s'accéléchèrent en 1959. Mais sa mission dans la structure de la DAM devait être examinée. La DAM était déjà organisée en Centres structurés pour assurer l'ensemble de ses missions. La suppression de Limeil avec répartition de ses personnels selon leurs compétences dans les autres centres fut un instant envisagée. Mais elle aurait psychologiquement fait échouer l'entreprise. Après réflexion, dans la suite, compte tenu à la fois de ses faibles dimensions, de sa situation dans une région à forte densité de population et de son passé très "conceptuel", il fut décidé d'en faire au contraire le centre de conception des engins. Au cours de cette année de "rattachement technique" et non encore "administratif" se dégagèrent encore à Limeil une réflexion sur la vulnérabilité des engins nucléaires qui, sans incidence grave sur les premiers, devait s'imposer dans les suivantes.

Dans le cadre du présent travail, l'histoire du Centre de Limeil s'achève ici. A partir de 1960 elle relève de celle de la Direction des Applications Militaires du CEA.