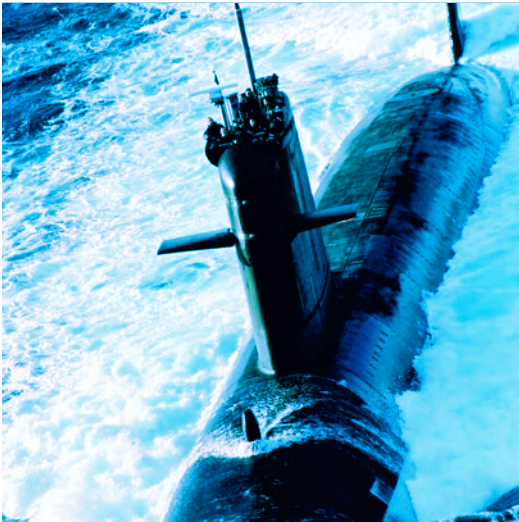


La Direction des Applications Militaires (CEA/DAM) au cœur de la dissuasion nucléaire française

De l'ère des pionniers
au programme Simulation



La Direction des
Applications Militaires (CEA/DAM)
au cœur de la dissuasion
nucléaire française

De l'ère des pionniers
au programme Simulation

SOMMAIRE



CHAPITRE 1 **5** **DE BECQUEREL À GERBOISE BLEUE (1896 - 1960)**

| | |
|---|----|
| Les premières découvertes scientifiques | 12 |
| Les atomiciens français dans la résistance à l'occupation nazie | 14 |
| La création du CEA | 18 |
| La planification industrielle de l'effort nucléaire français | 21 |
| Vers le premier essai nucléaire français | 38 |



CHAPITRE 2 **49** **DE LA BOMBE ATOMIQUE À L'ARME THERMONUCLÉAIRE** **(1960 - 1968)**

| | |
|---|----|
| Nucléaire de défense et programmation | 54 |
| L'émergence de la stratégie nucléaire française | 58 |
| La montée en puissance de la DAM | 62 |
| L'accès à la bombe H et le rôle clé des essais | 66 |



CHAPITRE 3 **71** **LA CONSOLIDATION DU NUCLÉAIRE DE DÉFENSE** **FRANÇAIS (1969 - 1981)**

| | |
|---|----|
| Le développement de la triade stratégique | 76 |
| Le développement de l'arme nucléaire tactique | 80 |
| La stratégie des essais | 84 |



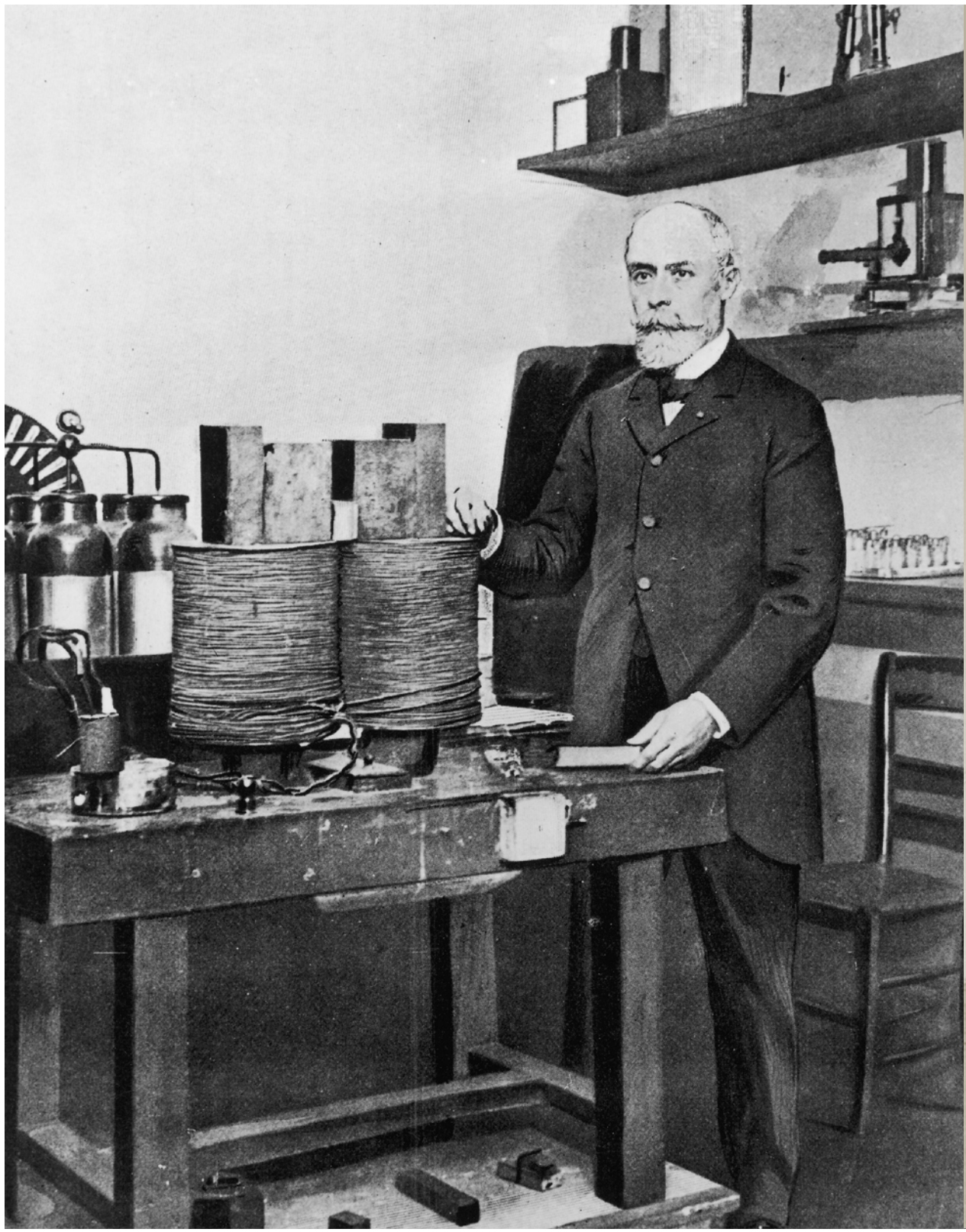
CHAPITRE 4 **89** **ENTRE RUPTURES ET CONTINUITÉ (1981 - 1996)**

| | |
|---|-----|
| Modernisation des forces et fin de la guerre froide | 94 |
| La politique française de désarmement | 98 |
| Du moratoire à l'arrêt définitif des essais | 104 |



CHAPITRE 5 **107** **LA SIMULATION, OUTIL ULTIME DE GARANTIE DES ARMES** **NUCLÉAIRES FRANÇAISES (DEPUIS 1996)**

| | |
|---|-----|
| Le développement du programme Simulation | 120 |
| La politique d'ouverture du CEA/DAM | 128 |
| La DAM, acteur incontournable de l'appareil de défense français | 132 |





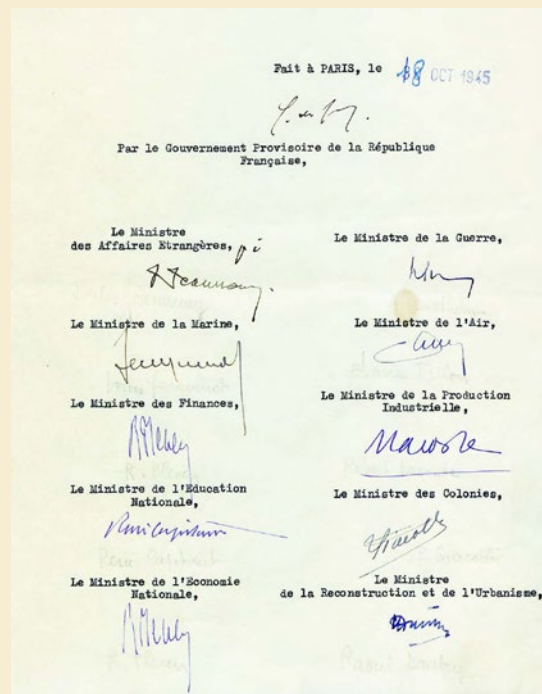
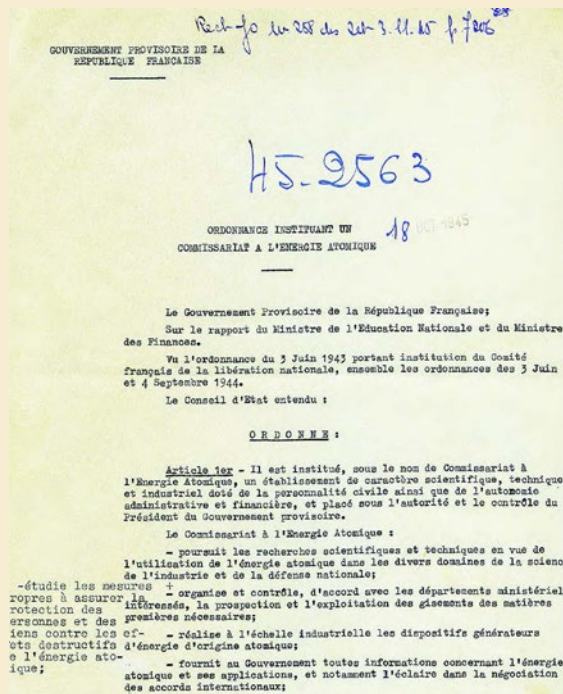
**DE BECQUEREL À
GERBOISE BLEUE
1896 - 1960**

Cette première partie est centrée sur les débuts de l'énergie nucléaire en France. Elle montre à quel point les équipes scientifiques françaises ont été, dès l'origine, en pointe sur le plan international. Leurs découvertes se sont succédées à un rythme très rapide sur une période de moins de cinquante ans. Ce sont en effet des Français qui ont mis en lumière le phénomène de la radioactivité naturelle au tournant du XIX^{ème} et du XX^{ème} siècle, puis découvert la radioactivité artificielle au milieu des années 1930, avant de déposer des brevets secrets juste avant la Deuxième Guerre mondiale. L'un de ces brevets prévoyait déjà la possibilité de réaliser une arme atomique.

Si le conflit mondial a ralenti quelque peu les travaux précurseurs français, il ne les a pas complètement stoppés. En effet, une petite équipe d'atômiciens de

la France Libre a poursuivi cette activité dans le plus grand secret, d'abord en Grande-Bretagne, puis en Amérique du Nord. L'esprit de la Résistance s'est aussi exprimé de la sorte. Au sortir de la guerre, la France a été le premier pays au monde à créer un organisme civil chargé de mener des recherches dans le domaine des applications civiles et militaires de l'énergie atomique. Le Commissariat à l'Énergie Atomique (CEA) fut créé dès octobre 1945.

Très vite, le développement des premiers travaux s'insère dans l'œuvre de reconstruction nationale, en prenant appui sur un outil particulièrement structurant : la planification. C'est ainsi que dès 1952 un premier plan quinquennal de l'énergie nucléaire va fixer le cap et permettre d'engager un effort scientifique et industriel ouvrant à la France la voie du nucléaire.



Deux ans plus tard, une nouvelle évolution majeure a lieu, avec la décision politique d'engager un programme nucléaire de défense propre à la France. Ce processus décisionnel coïncide avec l'état d'avancement des travaux scientifiques et industriels français, mais illustre surtout une volonté politique de doter la France d'un arsenal atomique (armes et sous-marins à propulsion nucléaire), en partant du principe que la France ne saurait renoncer de manière unilatérale à un armement dont sont dotées d'autres puissances dans le monde.

Cette décision politique se traduit par un soutien financier immédiat en direction de l'accès à l'«arme nouvelle» et, en même temps, par une coordination indispensable entre les Armées et la Direction des Applications Militaires (DAM) du CEA, via des protocoles communs et des «comités mixtes». Si la DAM est confirmée dans sa mission de concevoir et de fabriquer un engin expérimental, il revient aux Armées de préparer et d'organiser sur le terrain la logistique des expérimentations nucléaires. Et c'est bien cette coordination qui rendra possible la réussite du premier essai nucléaire français le 13 février 1960.



1896

Découverte du rayonnement émis par les sels d'uranium par le physicien français **Henri Becquerel**

1898

Découverte du radium et du polonium par les physiciens français **Pierre et Marie Curie**

1903

Attribution du prix Nobel de physique à **Henri Becquerel** et à **Pierre et Marie Curie** pour leurs travaux sur la radioactivité naturelle

1911

Attribution du prix Nobel de chimie à **Marie Curie** pour ses travaux sur le radium et le polonium ; la même année elle crée l'Institut du radium

1934

Découverte de la radioactivité artificielle par le couple de physiciens **Irène Curie**, fille de Pierre et Marie, et **Frédéric Joliot** ; ils recevront l'année suivante le Prix Nobel de chimie pour ces travaux

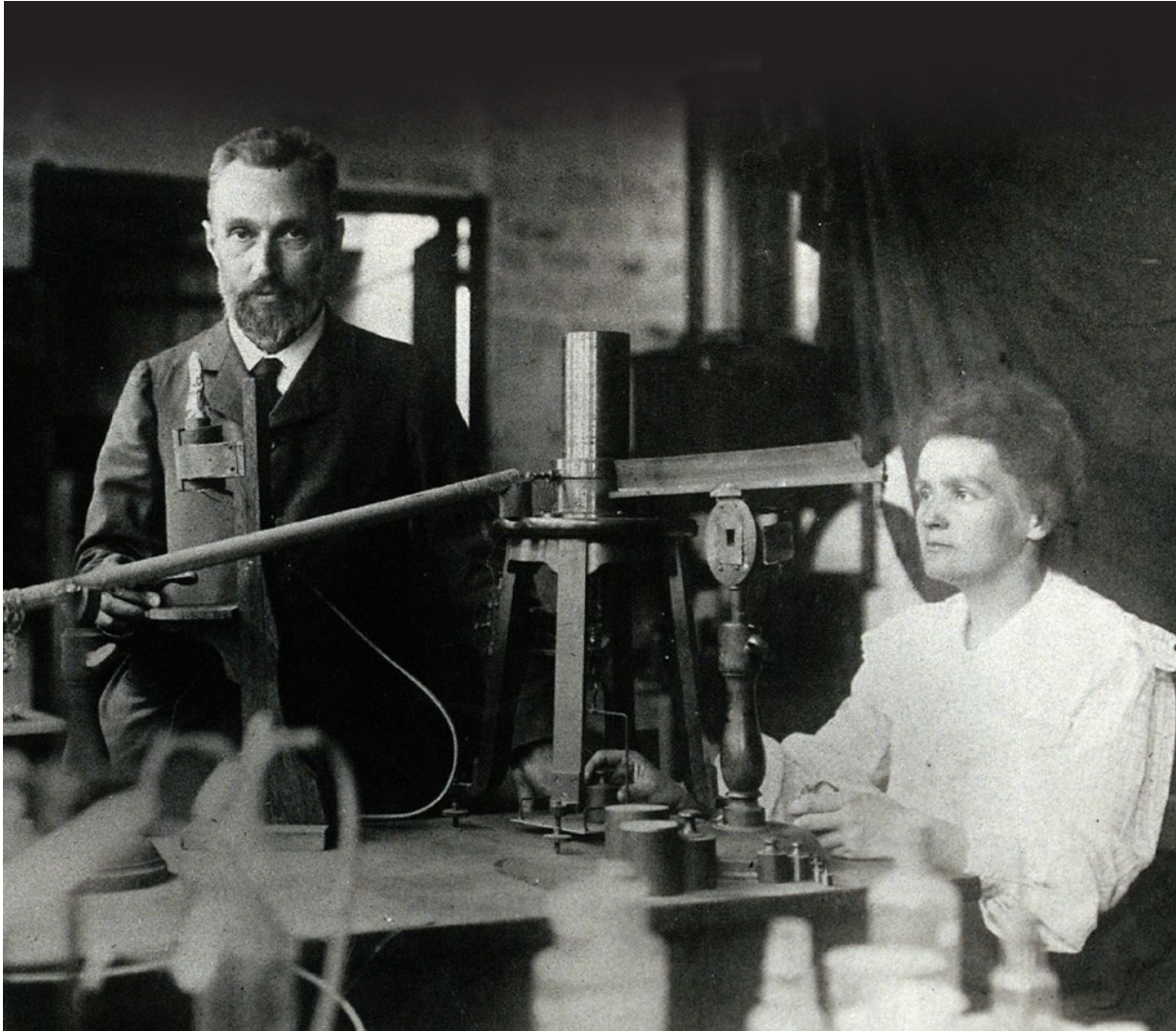
1939

Dépôt de trois brevets secrets par l'équipe de **Frédéric Joliot** du Collège de France

1945

Création par le **Général de Gaulle** du **Commissariat à l'Énergie Atomique** (CEA)

Pierre et Marie Curie ↙
dans leur laboratoire
en 1898



1946

Frédéric Joliot devient Haut-Commissaire à l'énergie atomique, **Raoul Dautry** devient Administrateur Général délégué du Gouvernement

1948

Divergence de **ZOE**, premier réacteur expérimental français

1951

Francis Perrin succède à Frédéric Joliot, **Pierre Guillaumat** à Raoul Dautry

1952

Premier plan quinquennal de l'énergie atomique présenté par **Félix Gaillard**

1954

Lancement par **Pierre Mendès France** du processus décisionnel en faveur de l'armement nucléaire, avec notamment la **création du Bureau d'Études Générales (BEG)**, ancêtre de la DAM

1955

Nomination du colonel **Albert Buchalet** comme Directeur du BEG

Premier protocole d'accord Armées-CEA (1955 - 1957) et Plan de développement des applications militaires de l'énergie atomique

Création des Centres CEA de Bruyères-le-Châtel, dénommé «BIII» **et de Vaujours**, issu du Laboratoire central des Poudres

1956

Deuxième protocole d'accord Armées-CEA (1957-1961)

1957

Deuxième plan quinquennal de l'énergie atomique

Création des Centres CEA de Moronvilliers, annexe du Centre de Vaujours, **et de Valduc**, annexe de BIII jusqu'en 1961

1958

Création de la Direction des Applications Militaires (DAM), du CEA

Décision de **Félix Gaillard** visant à permettre à la France d'être prête à **procéder, sur ordre, à un essai nucléaire au cours du premier trimestre 1960**

Confirmation par **le Général de Gaulle** de la décision de Félix Gaillard

1959

Rattachement du Centre de Limeil au CEA/DAM

1960

Explosion du premier engin nucléaire expérimental français à Reggane (Sahara algérien), sous la présidence du Général de Gaulle, le 13 février



➤ **Irène et Frédéric Joliot-Curie**
dans leur laboratoire en 1934

LES PREMIÈRES DÉCOUVERTES SCIENTIFIQUES

Dès la fin du XIX^{ème} siècle, la France exerce un rôle majeur dans la découverte de l'énergie atomique. C'est ainsi que le physicien **Henri Becquerel** découvre en 1896 le rayonnement émis par les sels d'uranium. C'est une découverte considérable car il vient de mettre en évidence le phénomène de la radioactivité naturelle. Deux ans plus tard, c'est la découverte du radium et du polonium par **Pierre et Marie Curie**.

Pour leurs travaux précurseurs sur la radioactivité naturelle, ces trois physiciens reçoivent le Prix Nobel de physique en 1903. En 1911, le Prix Nobel de chimie est attribué à Marie Curie pour ses travaux sur le radium et le polonium. Cette même année, elle crée l'Institut du radium, formant ainsi des infirmières radiologistes qui apporteront une assistance aux soldats blessés au front lors de la Première Guerre mondiale.

En 1934, le couple de physiciens français **Irène Curie**, fille de Pierre et Marie Curie, et **Frédéric Joliot** découvrent la radioactivité artificielle. Ils recevront l'année suivante le Prix Nobel de chimie pour ces travaux.

En décembre 1938 les chimistes allemands Otto Hahn et Fritz Strassmann mettent en évidence les aspects

chimiques de la fission. Le mois suivant, le principe physique de la fission du noyau d'uranium est démontré en Scandinavie, où ils se sont réfugiés, par les physiciens autrichiens Otto Frisch et Lise Meitner, puis par Frédéric Joliot.

Tous ces progrès scientifiques fondamentaux vont désormais s'étendre au domaine militaire, d'autant plus qu'une nouvelle guerre mondiale est imminente. Toutefois, au début de l'année 1939, les traditionnels échanges scientifiques au niveau international ne sont pas encore remis en cause. C'est le physicien hongrois Leo Szilard, réfugié aux États-Unis, qui le premier, dans une lettre, va mettre en garde ses homologues sur les conséquences majeures des travaux conduits sur la réaction en chaîne.

Dans un premier temps, Frédéric Joliot se montre étonné par la teneur de cette lettre et ne s'y conforme pas. C'est ainsi qu'au mois de mars 1939 il publie avec ses collaborateurs du Collège de France, **Hans Halban** et **Lew Kowarski**, un article sur la découverte des neutrons secondaires, qu'ils évaluent le mois suivant à plus de trois par fission (dans la réalité, ils sont équivalents à 2,5).

C'est à partir de mai 1939 que l'équipe Joliot accepte de rompre la politique de communication universellement pratiquée jusque-là et s'engage dans une politique du secret, allant même jusqu'à prendre des brevets pour ses inventions. Cette politique nouvelle est motivée à la fois par des considérations de propriété intellectuelle dans la perspective d'applications industrielles futures, mais aussi en raison du caractère stratégique de ces découvertes.

L'équipe Joliot dépose ainsi trois brevets secrets en mai 1939, dont l'un, qui a trait au «perfectionnement aux charges explosives», envisage l'emploi d'une réaction nucléaire explosive, avec des applications multiples : travaux de mine, travaux publics... et la réalisation d'engins de guerre. Bien qu'encore loin du plan de la bombe atomique, ce brevet évoque déjà le passage à l'état critique de la matière découvert en 1939 par le physicien français **Francis Perrin**, ainsi que l'amorçage neutronique et la réaction en chaîne.

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
 MINISTÈRE
 DE L'INDUSTRIE ET DU COMMERCE
 SERVICE
 de la PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

BREVET D'INVENTION

Gr. 14. — Cl. 3.

N° 971.324

Perfectionnements aux charges explosives.

CAISSE NATIONALE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE résidant en France (Seine).

Demandé le 4 mai 1939, à 15^h 35^m, à Paris.

Délivré le 12 juillet 1950. — Publié le 16 janvier 1951.

(Brevet d'invention dont la délivrance a été ajournée en exécution de l'article 11, § 7, de la loi du 5 juillet 1844 modifiée par la loi du 7 avril 1902.)

On sait que l'absorption d'un neutron par un noyau d'uranium peut provoquer la rupture de ce dernier avec dégagement d'énergie et émission de nouveaux neutrons en nombre en moyenne supérieur à l'unité. Parmi les neutrons ainsi émis, un certain nombre peuvent à leur tour provoquer sur des noyaux d'uranium, de nouvelles ruptures, et les ruptures de noyaux d'uranium pourront ainsi aller en croissant suivant une progression géométrique, avec dégagement de quantités extrêmement considérables d'énergie. Ces chaînes de ruptures successives peuvent se ramifier d'une manière illimitée, et la réaction peut devenir explosive.

On a cherché, conformément à la présente invention, à rendre pratiquement utilisable cette réaction explosive, non seulement pour des travaux de mine et pour des travaux publics, mais encore pour la constitution d'engins de guerre, et d'une manière très générale dans tous les cas où une force explosive est nécessaire.

Or, pour rendre cette utilisation pratique, il faut se reporter à la notion de masse ou en général de conditions critiques dont il a déjà été fait mention dans la demande de brevet français du 1^{er} mai 1939 pour «Dispositif de production d'énergie».

Il existe en effet, toutes choses égales d'ailleurs, une valeur critique de la masse d'uranium au-dessous de laquelle la ramification des chaînes cesse d'être illimitée. Et l'on a déjà indiqué dans cette demande de brevet que l'on pouvait, avec les données actuelles de la science, estimer, par des expériences progressives, la valeur de la masse critique.

On peut aussi évaluer cette masse critique M pour un composé ou un mélange homogène d'uranium (ne contenant pas d'hydrogène)

en utilisant la formule suivante, valable pour une masse sphérique :

$$M = \frac{4}{3} \times \pi^3 \left[3 D (n P - A) \right]^{-\frac{3}{2}}$$

dans laquelle :

D est la somme, pour tous les corps simples présents dans la masse, des produits de la concentration (en nombre d'atomes par cm³) par la section efficace des noyaux pour la diffusion des neutrons rapides,

A est la somme analogue, dans laquelle les sections efficaces de diffusion sont remplacées par les sections efficaces d'absorption,

P est le produit de la concentration de l'uranium (en nombre d'atomes par cm³) par la section efficace, pour le phénomène de partition, du noyau d'uranium vis-à-vis des neutrons rapides,

n est le nombre moyen de neutrons émis lors d'une partition nucléaire de l'uranium.

Cette formule donne, à titre d'exemple, une masse critique de quelques dizaines de tonnes pour de l'oxyde d'uranium en poudre; et de quelques tonnes pour de l'uranium métallique.

On a montré également, dans la demande de brevet français précitée, comment cette masse critique pouvait être diminuée : soit en disposant autour de la masse des corps diffusants, (fer, plomb ou autres) en couche plus ou moins épaisse, et formant par exemple une enveloppe complète ou partielle autour de la masse (une enveloppe en fer de quelques dizaines de centimètres d'épaisseur réduisant par exemple la masse critique au tiers environ de sa valeur dans le cas de l'oxyde d'uranium en poudre); soit en accroissant la densité de la substance qui constitue la masse (la masse critique étant proportionnelle à l'inverse du carré de la densité).

0 - 00864

Prix du fascicule : 25 francs.

LES ATOMICIENS FRANÇAIS DANS LA RÉSISTANCE À L'OCCUPATION NAZIE

Les brevets de l'équipe Joliot au Collège de France mettent en exergue l'état d'avancement des recherches françaises dans le domaine des applications civiles et militaires de l'énergie atomique. Depuis le début de la guerre, l'intérêt se porte sur les générateurs d'énergie et sur les explosifs.

Au cours de l'automne 1939, le ministre de l'Armement **Raoul Dautry** apporte un soutien total aux travaux conduits par **Frédéric Joliot**. Pour celui-ci la priorité concerne l'approvisionnement en matières

stratégiques, à savoir l'oxyde d'uranium comme combustible et l'eau lourde, considérée alors comme étant le meilleur moyen de ralentir les neutrons. Dès mai 1938, un partenariat avait été établi avec une société belge, l'Union minière du Haut-Katanga. Il a permis de récupérer 8 tonnes d'oxyde d'uranium en provenance du Congo, une quantité dont aucun laboratoire au monde ne disposait à cette époque.

L'équipe Joliot au Collège de France →

De gauche à droite :
Frédéric Joliot-Curie,
Hans Halban et Lew
Kowarski
Ici dans leur propre
rôle dans le film
franco-norvégien
« La bataille de l'eau
lourde » de Jean
Dreville et Titus
Vibe-Muller, en 1947



Présidence du Conseil

République Française

Paris, le 26 février 1940

ORDRE DE MISSION

Monsieur Jacques ALLIER est habilité par M. le Président du Conseil à traiter avec les détenteurs de la matière faisant l'objet de sa mission pour assurer au Gouvernement français la disposition des quantités les plus importantes possibles.

Il est habilité à procéder à un achat ferme immédiat ou, le cas échéant, à donner aux détenteurs de la matière la garantie du Gouvernement français dans le cas où un dépôt en France pourrait être envisagé.

M. Jacques ALLIER est expressément déchargé du soin d'assurer la matière, qu'il acheminera ou fera acheminer aux risques et périls du Gouvernement français.

Toutes autorités diplomatiques, consulaires et militaires sont tenues de prêter en toutes circonstances à M. Jacques Allier les concours nécessaires à l'accomplissement de sa mission.

Le Président Du Conseil,
Ministre de la défense Nationale et de la Guerre.

Ed. Deladier

Ordre de mission de Jacques Allier en Norvège pour l'achat d'eau lourde.

26 juin 1940

Ordre

Messieurs Halban et Kowarskiy accompagnés de Mesdames Halban et Kowarskiy et de deux enfants en bas âge monteront à bord du vapeur Broompark à Bassens (Gironde). Ils sont confiés à Monsieur le comte de Suffolk et Berkshire, afin de poursuivre en Angleterre les recherches entreprises au Collège de France, et sur lesquelles sera observé un secret absolu.

Messieurs Halban et Kowarskiy se présenteront à Londres à la mission française (Colonel Mayer), 2 Dean Stanley Street, Westminster House.



Pour le Ministre et par son ordre
Pour le Secrétaire Général des Fabrications
de l'Etat
Le Secrétaire
J. P. L.

Ordre de mission de Halban et Kowarski pour l'Angleterre.

En février 1940, sur ordre du Président du Conseil et ministre de la Défense, **Edouard Daladier**, une mission secrète est envoyée en Norvège afin de récupérer 185 litres d'eau lourde, la totalité du stock mondial, mis à la disposition de la France par la société Norsk-Hydro. C'est un financier mobilisé dans le Service des Poudres et détaché au Deuxième Bureau (Renseignement), **Jacques Allier**, qui est chargé de conduire cette mission, avec le soutien de plusieurs agents secrets français. Il va prendre de vitesse l'Allemagne nazie qui cherchait, elle aussi, à mettre la main sur l'eau lourde.

Au moment de la débâcle en France, **Raoul Dautry** demande, le 16 juin 1940, à **Hans Halban** et à **Lew Kowarski** de se rendre à Londres avec les vingt-six bidons d'eau lourde afin de poursuivre en Grande-Bretagne les travaux menés en France. Il s'agit de la première coopération nucléaire internationale de l'Histoire, mais surtout de l'un des premiers actes de la Résistance au sein de la Haute-administration française, juste avant l'Appel du **Général de Gaulle**, le 18 juin.



↑ **Edouard DALADIER**
1940

En pointe dans la course à la réaction en chaîne jusqu'en juin 1940, la France se retrouve marginalisée dans les travaux américains, même si la continuité est assurée par cinq français détachés par la France Libre. Hans Halban et Lew Kowarski travaillent tous deux en priorité sur un réacteur à eau lourde. **Pierre Auger** rejoint la division de la physique au laboratoire de Montréal, **Jules Guéron** la division de la chimie. **Bertrand Goldschmidt** se spécialise sur le plutonium et sur son extraction.

Pour des raisons personnelles, **Frédéric Joliot** a décidé de rester en France pendant la guerre, mais refuse de collaborer avec l'occupant nazi et le régime pétainiste. Il rejoint en 1941 le Front National, mouvement de résistance d'inspiration communiste.



↑ **Raoul DAUTRY**
1940

« (...) Vous me demandez si nous avons une position quant au fait que la bombe atomique a été élaborée et est gardée en commun par les Américains, les Anglais, les Canadiens. Je vous rappelle qu'elle a été, à l'origine, élaborée un peu par des Français. Vous savez qu'au moment où le conflit a éclaté, nos savants, monsieur Joliot-Curie et d'autres, avaient déblayé le problème. Puis, des circonstances tragiques les ont empêchés de poursuivre leurs travaux. Néanmoins, ce qu'ils ont pu faire et ce que le Gouvernement français, auquel j'avais l'honneur d'appartenir en 1940, a pu faire pour procurer aux Alliés les moyens qu'ils avaient en main, n'a pas été inutile dans leurs recherches (...) »

Conférence de presse du Général de Gaulle,
12 octobre 1945



LA CRÉATION DU CEA

Si le **Général de Gaulle** se montre bouleversé par l'explosion d'Hiroshima, il n'a pas découvert l'existence de la bombe atomique à ce moment-là ; il en a été informé un an plus tôt. En effet, c'est lors de sa visite au Canada en juillet 1944, en tant que Chef du Gouvernement provisoire de la République française, qu'il prend connaissance par le biais de l'équipe des atomiciens français, et plus particulièrement de **Jules Guéron**, de l'état d'avancement des travaux du projet Manhattan.

Il est sensibilisé dès cette époque à la nécessité de reprendre au plus vite les recherches interrompues par la guerre. Devenu ministre de la Reconstruction, **Raoul Dautry** le relance dès mars 1945, soulignant ainsi le rôle que l'énergie nucléaire est appelée à exercer dans la reconstruction du pays. Dès le 16 octobre, le Général de Gaulle demande au vice-président du Conseil d'État, **René Cassin**, d'accélérer la procédure pour créer le Commissariat à l'Énergie Atomique (CEA).

Deux jours, plus tard, l'ordonnance du 18 octobre crée le CEA, en indiquant (dès son premier article) que le nouvel organisme est chargé de poursuivre les recherches scientifiques et techniques *« en vue de l'utilisation de l'énergie atomique dans les divers domaines de la science, de l'industrie et de la défense nationale »*. Deux mois après Hiroshima, les applications militaires sont déjà très nettement envisagées.

Le CEA est le premier organisme civil créé au monde

dans le domaine de l'énergie nucléaire. Il entre en service en janvier 1946. En outre, et c'est ce qui va faire sa force, cet organisme est doté d'une autonomie administrative et financière, lui permettant à la fois d'être proche du Gouvernement et de disposer d'une importante marge de manœuvre dans les travaux qu'il mène.

L'exécutif du Commissariat est bicéphale, il fait coexister un Haut-Commissaire à l'énergie atomique, **Frédéric Joliot**, et un Administrateur Général délégué du Gouvernement, **Raoul Dautry**. Le premier est chargé de la conduite scientifique de l'organisme, le second de la conduite administrative et financière.

Si l'on ne peut que souligner la continuité des acteurs, scientifiques et politiques, avec ceux de la période de l'avant-guerre, on remarque toutefois qu'à l'origine cette gouvernance est préemptée par Joliot, dont le rayonnement scientifique est alors considérable sur le plan international depuis les années 30.

Le fait que Joliot soit resté en France pendant la guerre n'a pas porté atteinte à ce rayonnement, même s'il est difficile d'imaginer les conséquences majeures que cela aurait entraînées pour la France s'il avait rejoint la Résistance extérieure en s'embarquant pour la Grande-Bretagne ou les États-Unis. En tout état de cause, il avait refusé de collaborer avec l'occupant nazi et avec le régime pétainiste. En fait, c'est son engagement en faveur des thèses communistes qui portera atteinte à son crédit, au fur et à mesure que se développera la Guerre froide.

«(...) il faudrait que les pouvoirs publics français fassent en sorte que la France soit en mesure d'agir par elle-même (...) Il lui faudrait un système de défense proportionné, certes, à ses ressources et associé à celui de ses alliés, mais autonome et équilibré. Il lui faudrait être, elle aussi, une puissance atomique. C'est pour cela que j'avais, dès 1945, créé le Haut-Commissariat (...)».

Conférence de presse du Général de Gaulle - 7 avril 1954



➤ **Équipe ayant participé à la construction de la pile ZOE à Châtillon en 1948**

On peut voir Bertrand Goldschmidt, Lew Kowarski et Frédéric Joliot-Curie au premier rang, aux deuxième, quatrième et cinquième places en partant de la gauche



← **Comité scientifique du CEA en 1946**

De gauche à droite ; Au premier rang : Pierre Auger, Irène et Frédéric Joliot-Curie, Francis Perrin, Lew Kowarski ; Au deuxième rang : Bertrand Goldschmidt, Pierre Biquard, Léon Denivelle.



↓ **Inauguration de la pile ZOE 1948**



LA PLANIFICATION INDUSTRIELLE DE L'EFFORT NUCLÉAIRE FRANÇAIS

Une fois le CEA créé, il est important de prendre possession de locaux afin de pouvoir faire démarrer les travaux. Dès l'année 1946, l'organisme public fait l'acquisition en région parisienne du fort de Châtillon, qui va devenir le premier centre de recherche du CEA, et d'une partie de la poudrerie du Bouchet, où sera à l'origine traité et raffiné l'uranium. Le général **Dassault**, frère de l'industriel aéronautique, représentant militaire au sein du Comité de l'énergie atomique, joue un rôle important dans ces acquisitions. L'année suivante voit la création du Centre de recherche de Saclay, dans laquelle **Irène Joliot** s'impliquera tout particulièrement.

À partir de 1948, une nouvelle dynamique est engagée, dans deux directions : d'une part, avec la découverte du premier gisement français de pechblende, à La Crouzille, dans le Limousin. D'autre part, avec la divergence à Châtillon de la «pile» (ou réacteur) atomique expérimentale, baptisée «ZOE», pour Zéro-Oxyde d'uranium-Eau lourde. L'année suivante, en 1949, est isolé le premier milligramme de plutonium issu de la pile ZOE.

Mais, le premier facteur propice au futur programme nucléaire de défense réside dans le lancement d'un plan quinquennal de l'énergie atomique. Ce point est d'autant plus important qu'il sera à l'origine des lois de programmation militaire à partir du début des années 1960. C'est **Félix Gaillard**, ancien directeur de cabinet de **Jean Monnet** au Commissariat général

au plan, qui fut l'instigateur de ce plan de l'énergie atomique. Alors jeune député, Gaillard avait été sensibilisé dès 1949 aux questions nucléaires par **Bertrand Goldschmidt**, avant de devenir secrétaire d'État à la Présidence du Conseil à partir de 1951.

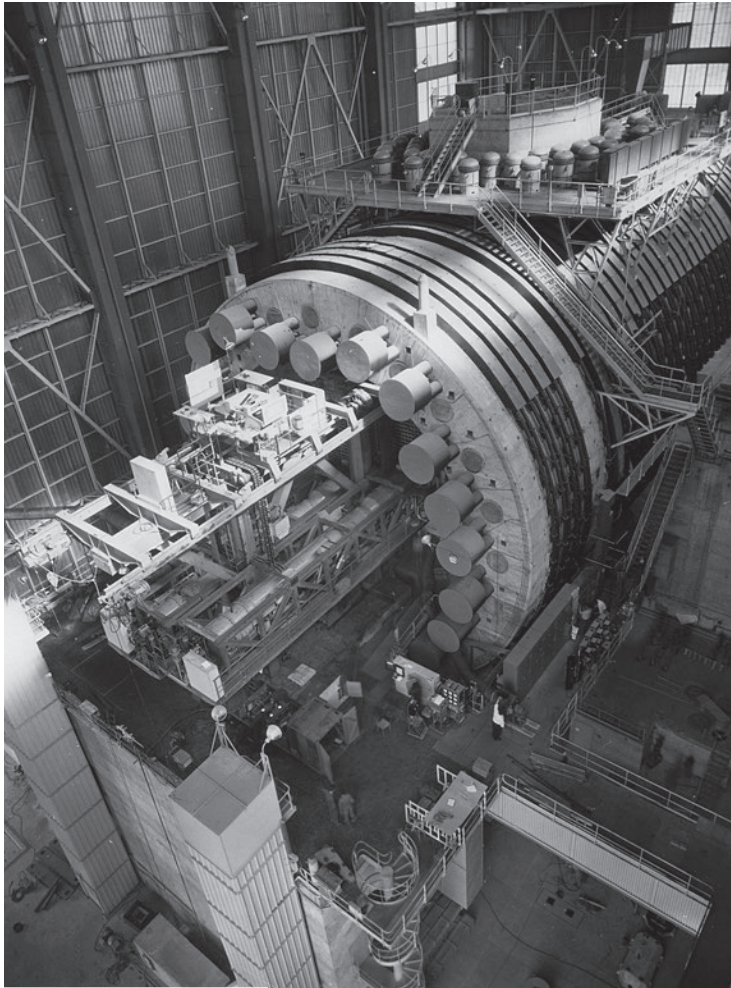
Le premier plan quinquennal de l'énergie atomique (1952 - 1957) est voté en juillet 1952 ; **Antoine Pinay** en tant que Président du Conseil lui a apporté tout son soutien. Doté de 38 milliards de francs, il prévoit la construction de deux piles atomiques au graphite. Le choix de la filière UNGG (Uranium Naturel Graphite Gaz) est alors confirmé, non sans avoir provoqué un certain débat au sein du CEA entre les tenants de l'eau lourde et ceux du graphite-gaz. Les trois premiers réacteurs G1 («G» pour graphite), G2 et G3 seront construits sur le site de Marcoule. Dès 1956, la pile G1 diverge, en assurant une production de 10 kilos de plutonium par an.

Si en 1952, il n'y a pas d'affichage politique sur la possible orientation militaire, pour la bonne raison qu'il est encore trop tôt pour s'engager dans les applications de défense nationale (on ne pourra le faire qu'à l'issue d'un tronc commun), force est de constater que le plan va permettre à la France de disposer rapidement de matières fissiles en quantité notables. Parallèlement, ceux qui ont élaboré le plan ont également en tête de contribuer à l'électrification du pays, c'est pourquoi G2 et G3 seront raccordés au réseau électrique, respectivement en 1959 et 1960.

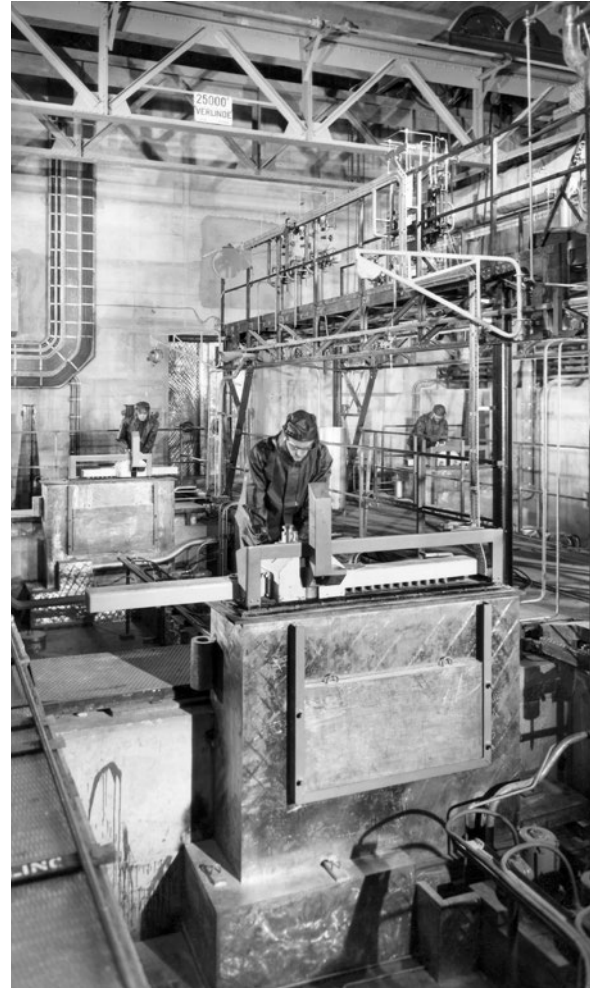
MARCOULE



Marcoule en 1958 ↗



Face de chargement du ↑
réacteur G2 et son caisson



Salle d'extraction du plutonium ↑



Divergence de G1 en 1956 



De gauche à droite : Charles Brune, ministre de l'Intérieur - Antoine Pinay, Président du Conseil - Félix Gaillard, secrétaire d'État à la Présidence du Conseil en 1952 ↑

« (...) il serait vraiment curieux, alors que tant de pays de part et d'autre du Rideau de fer fabriquent des armes de destruction massive, de voir la France se refuser par principe la possibilité d'en faire pour assurer sa propre défense (...) »

Réponse de Félix Gaillard à l'amendement déposé par les députés PCF, qui prétendait interdire à la France la fabrication d'armes nucléaires, Assemblée nationale, 3 juillet 1952. Cet amendement fut rejeté à une large majorité.

Avant d'envisager de pouvoir mettre en œuvre un programme nucléaire de défense, il faut régler sur le plan national la question des facteurs d'hostilité aux applications militaires de l'énergie atomique en France. La principale opposition à un tel développement émane du courant pacifiste, véhiculé plus particulièrement par le Parti Communiste Français (PCF). C'est d'ailleurs en raison des liens étroits de **Frédéric Joliot** avec ce parti, et donc son hostilité à toute perspective d'acquisition par la France de l'arme nucléaire, que le Haut-Commissaire est révoqué en avril 1950. Il sera remplacé par **Francis Perrin** l'année suivante.

Parallèlement, le nouvel Administrateur Général du CEA, **Pierre Guillaumat** va avoir un rôle déterminant pour surmonter deux contraintes de politique extérieure qui, si elles avaient été appliquées, auraient interdit à la France d'entreprendre la réalisation d'une arme nucléaire :

- L'alerte CED (Communauté Européenne de Défense) : au nom du principe de non-discrimination envers la République fédérale d'Allemagne (qui depuis la fin de la Deuxième Guerre mondiale avait dû renoncer explicitement à tout programme nucléaire militaire), il était demandé aux autres États-membres, dans le cadre du projet de traité CED, de s'engager à ne pas produire plus de 500 grammes de plutonium par an.

- L'alerte EURATOM (projet de Communauté européenne de l'énergie atomique) : ici le projet initial visait à contrôler une possible bifurcation du programme nucléaire d'un pays membre vers des applications militaires, en mettant en place un contrôle de conformité. Dans la pratique cela signifiait que les États-membres devaient donner leur accord avant tout lancement d'un programme de bombe atomique par un autre État de la communauté.

C'est la fermeté avec laquelle Pierre Guillaumat, Administrateur Général de 1951 à 1958, mène la contre-offensive sur ces deux terrains, qui permettra à la France de pouvoir garder son indépendance nucléaire. Sa réussite sera d'autant plus flagrante qu'il peut bientôt mettre en exergue les avantages décisifs du CEA pour mener à bien un programme nucléaire de défense : la détention de la matière fissile, la souplesse administrative de l'organisme public, ses ressources humaines et financières. Cette action est d'autant plus décisive qu'elle rencontre l'adhésion des partisans politique de l'arme nucléaire, à commencer par le **Général de Gaulle**.

Mais c'est sous le Gouvernement de **Pierre Mendès France**, formé en juin 1954, qu'une nouvelle étape est franchie, avec une série de décisions à visée opérationnelle. En octobre 1954, la Commission supérieure des applications militaires de l'énergie atomique est créée dans le but de coordonner le futur programme nucléaire de défense. Le mois suivant, un arrêté crée le Comité des Explosifs Nucléaires (CEN). Si le premier organisme ne s'est jamais réuni, le second, au contraire, allait être particulièrement actif, sous l'autorité du général **Jean Crépin**, secrétaire général permanent de la Défense nationale.

«(...) les mêmes gouvernants ont conclu un traité qui, s'il était ratifié, arracherait à la France pour cinquante ans, c'est-à-dire en fait pour toujours, la disposition d'elle-même, lui retirerait sa propre armée, lui interdirait tout accès aux armements nucléaires (...)»

Conférence de presse du Général de Gaulle, 7 avril 1954
(à propos du traité CED)



↑ Pierre Guillaumat



↑ Pierre Mendès France

C'est en effet le Comité des Explosifs Nucléaires qui élabore un projet relatif au fonctionnement de l'arme nucléaire au plutonium, rédigé par le professeur **Yves Rocard** pour le CEA et par l'ingénieur en chef **Paul Chanson** pour les Armées. Ce plan, remis à **Pierre Mendès France** le 24 décembre 1954, préconise les mesures suivantes :

- la réalisation de deux réacteurs nucléaires (de type G2) susceptibles de produire de 70 à 80 kilogrammes de plutonium par an
- la mise sur pied d'équipes scientifiques et techniques sous la responsabilité d'un Bureau d'Études Générales (BEG) rattaché au CEA
- la création d'un centre d'essais au Sahara
- la création d'un réseau de détection permanent des essais

Afin d'avancer sur ce dossier, Pierre Mendès France décida de convoquer une réunion interministérielle au Quai d'Orsay (où il avait ses bureaux, étant également ministre des Affaires étrangères) avec les principales hautes autorités intéressées par les questions nucléaires.

En conclusion de cette réunion, qui a lieu le 26 décembre 1954, le Président du Conseil confirme l'orientation qu'il a déjà prise avec la création des deux organismes précités :

1. Il faut prendre la décision de lancer les programmes de fabrication d'armes nucléaires et de sous-marins atomiques.
2. La décision relative aux armes nucléaires sera gardée secrète.
3. Le ministre de la Défense nationale présentera en Conseil des ministres un projet de décision.

Si l'on peut être dubitatif sur l'articulation entre les points 2 et 3 (le Conseil des ministres n'étant pas l'enceinte idoine pour traiter ce genre de questions), aucune décision formelle ne sera prise sous le Cabinet Mendès France, celui-ci étant renversé en février 1955. Toutefois, force est de constater que la décision de créer le Bureau d'Études Générales (BEG), le 29 décembre 1954, confirme très nettement l'engagement de Pierre Mendès France en faveur d'un programme nucléaire de défense. Le BEG est en effet chargé de la conception et de la fabrication de l'engin nucléaire.

Cette décision montre à quel point les premiers pas de l'ancêtre de la Direction des Applications Militaires (DAM) du CEA ont été réalisés dans la clandestinité la plus totale. D'ailleurs, ce n'est pas un hasard si le colonel **Albert Buchalet** est choisi pour diriger le nouvel organisme. En effet, l'Administrateur Général du CEA, **Pierre Guillaumat**, le connaissait du temps de la Résistance au sein du Bureau Central de Renseignements et d'Action (BCRA) pendant la Deuxième Guerre mondiale. Là encore, l'esprit de la Résistance est bien une «marque de fabrique» dans le lancement clandestin du programme nucléaire de défense français.



↑ Général Albert Buchalet



↑ Francis Perrin et Pierre Guillaumat
lors de la divergence de G1 à Marcoule en 1956



← Conférence des Nations Unies sur les utilisations
pacifiques de l'énergie atomique en 1955.
De gauche à droite : Félix Gaillard, Francis Perrin
et Gaston Palewski

Le BEG devient très vite opérationnel à partir de mars 1955 et fait l'acquisition d'un terrain en région parisienne, à Bruyères-le-Châtel (Essonne), sur lequel il commence à s'installer trois mois plus tard. Le domaine, qui comprend un petit château, a pu être acquis grâce à un financement des services secrets français (SDECE), en recourant à une couverture pour masquer l'objectif réel des travaux. La caution scientifique des premiers travaux du BEG était assurée par **Yves Rocard**, professeur à l'École Normale Supérieure et membre du Comité de l'énergie atomique.

Au sein des Armées, un certain nombre d'officiers et d'ingénieurs militaires sont convaincus de la nécessité des applications militaires de l'énergie atomique. C'est ainsi que le Service des Poudres s'y

est intéressé dès 1945. Des études ont été entreprises au sein de l'Armée de terre afin de mieux comprendre le fonctionnement d'une arme nucléaire et ses effets possibles, en priorité pour s'en protéger.

Parallèlement, plusieurs facteurs internationaux interfèrent avec le débat franco-français. La chute de Diên Biên Phu en 1954 a montré à quel point la France pouvait se retrouver isolée dans certaines situations périlleuses, comme deux ans plus tard, lors de l'expédition de Suez, quand elle sera menacée d'une riposte atomique par l'Union soviétique. Dès mars 1954, le général **Paul Ely**, chef d'état-major général des forces armées, fait valoir à son ministre **René Pleven**, l'importance du potentiel nucléaire, facteur de puissance militaire, devenu un critère déterminant dans la définition d'une grande puissance.



↑ Bruyères-le-Châtel (S.-et-O.) - Château du Rué
en 1946

↓ Centre de Bruyères-le-Châtel (BIII)
en 1959



↓ 1965



VAUJOURS



↑ 1956

↓ 1961



VALDUC



↑ 1998

↓ 1960



MORONVILLIERS



↑ 1960

↓ 1960



LIMEIL



↑ 1966

Pierre Guillaumat est parfaitement conscient du fait que seule une bonne entente entre le CEA et l'institution militaire permettra de mener à bien le développement du programme nucléaire de défense français. Par conséquent, sous réserve que les prérogatives du CEA en la matière soient respectées, l'Administrateur Général cherche à établir des relations étroites avec les Armées. La politique de coordination, indispensable entre les deux institutions, prend la forme de protocoles d'accord. Le premier d'entre eux (1955 - 1957) est signé le 20 mai 1955 entre le secrétaire d'État à la Présidence du Conseil, **Gaston Palewski**, le ministre de la Défense, le général **Pierre Koenig**, et le représentant du ministère des Finances, **Gilbert Jules**.

Ce protocole prévoit la construction d'une troisième pile atomique à graphite, d'une usine de traitement chimique du plutonium, ainsi que d'un navire à propulsion nucléaire. Il assure également un financement à hauteur de 20 milliards de francs sur le budget du ministère de la Défense. Le même jour,

un décret secret décide la mise en œuvre d'un Plan de développement des applications militaires de l'énergie atomique, doté de 100 milliards de francs, soit plus du double que le plan quinquennal de l'énergie atomique de 1952. Élaboré sous la Présidence d'**Edgar Faure**, ce protocole est le fruit d'une concertation entre plusieurs ministres issus de la France Libre, et là encore, les réseaux de la Résistance font leur preuve dans le travail clandestin engagé au service du pays.

Un deuxième protocole Armées-CEA (1957 - 1961) est signé le 30 novembre 1956 entre le ministre de la Défense **Maurice Bourgès-Maunoury** et le secrétaire d'État à la Présidence **Georges Guille**. Il fixe la répartition des tâches entre le CEA et les Armées. Le CEA, sur décision du Gouvernement, fabrique un prototype d'arme nucléaire, produit de l'uranium enrichi (après avoir prouvé sa maîtrise de la voie du plutonium) et réalise des explosions nucléaires expérimentales. Les Armées apportent le soutien logistique permettant de les mener à bien.



↑ De gauche à droite : Francis Perrin - Georges Guille, secrétaire d'État à la Présidence du Conseil - Pierre Guillaumat à Saclay le 30 mars 1956

En décembre 1956 est créé un Comité mixte Armées-CEA chargé de coordonner l'ensemble des activités du nucléaire de Défense. C'est le Comité des applications militaires de l'énergie atomique, présidé par le chef d'état-major général de la Défense nationale. Le ministre de la Défense Bourghès-Maunoury exerce un rôle essentiel dans l'évolution, tout au long de l'année 1956, de la position du Président du Conseil **Guy Mollet**, qui, initialement, n'était pas favorable à l'accès de la

France au rang de puissance atomique, avant de finir par s'y rallier.

L'année suivante, sous le Cabinet Bourghès-Maunoury et sur décision commune du ministère de la Défense et du CEA, est créé, en mars 1957, le Groupe mixte Armées-CEA des expérimentations nucléaires. La voie est désormais toute tracée en direction d'un essai expérimental.

« (...) Qu'est-ce que l'arme atomique pour une nation comme la nôtre, sinon une arme défensive, une arme de riposte, une arme d'économie que notre position nous oblige à détenir pour ne pas avoir à la quêter, et cela dans le seul cas où les conférences de désarmement et de contrôle n'aboutiraient pas sur ce point essentiel? (...) »

Maurice Bourghès-Maunoury, débat à l'Assemblée nationale sur l'EURATOM, 10 juillet 1956



↑ **Guy Mollet et Maurice Bourghès-Maunoury**
en 1957

VERS LE PREMIER ESSAI NUCLÉAIRE FRANÇAIS

Pour le CEA, les deux questions à résoudre d'urgence concernent la fabrication de l'engin expérimental et la préparation de la réalisation des essais. Conformément à l'esprit de l'ordonnance de 1945, l'organisme public est en effet en charge de la conception et de la fabrication de l'arme.

Concernant la mise au point de l'engin nucléaire, plusieurs étapes concomitantes sont alors nécessaires, à la fois pour disposer de la matière fissile et pour concevoir et fabriquer l'engin nucléaire :

L'EXTRACTION CHIMIQUE DU PLUTONIUM : des procédés industriels d'extraction sont mis au point dans une usine-pilote situé au Centre de Fontenay-aux-Roses. C'est là que le premier gramme de plutonium est isolé au cours de l'année 1954. Le plutonium devant s'accumuler dans les barreaux d'uranium irradiés dans les réacteurs G1, G2 et G3, il faut construire à leur proximité à Marcoule une usine télécommandée, afin de pouvoir manipuler à distance cette matière très toxique. Cette usine entrera en service en janvier 1958.

LA CONCEPTION ET LA RÉALISATION DE L'ENGIN : la méthode choisie pour l'essai expérimental en devenir fut celle d'un engin à implosion, phénomène que les ingénieurs militaires du Service des Poudres maîtrisaient au plus haut point. Mais les problèmes à résoudre étaient de quatre types :

- **La physique nucléaire théorique :** une attention toute particulière a été portée dès l'origine aux calculs théoriques, afin d'anticiper le succès de l'essai en vraie grandeur. C'est ainsi que le CEA crée un Centre de calculs, dotés des machines informatiques les plus modernes, qui va permettre notamment de calculer la masse de matière fissile devant entrer dans la constitution de l'engin, de préciser le processus de réaction en chaîne et de calculer l'énergie développée par l'explosion.
- **La physique nucléaire expérimentale :** dans ce domaine, les ingénieurs du CEA ont dû approfondir leurs connaissances de la physique des neutrons rapides. Les travaux portent en particulier sur l'amorçage neutronique dont la solution sera apportée par les ingénieurs militaires de la Section atomique de la Direction des Études et Fabrication d'Armements (DEFA) du ministère de la Défense, qui rejoignent la Direction des Applications Militaires à sa création officielle en septembre 1958.
- **La métallurgie :** les travaux à mener sont très variés, allant de la recherche pure sur la métallurgie du plutonium à la réalisation matérielle du cœur de l'engin.
- **Les études balistiques :** ici, on a affaire à la technologie des explosifs classiques, mais qu'il faut adapter à l'objectif recherché. C'est à l'issue d'études théoriques préliminaires réalisées par le Service des Poudres dès 1951 que les premiers travaux dans ce domaine peuvent démarrer.

Parallèlement à ces travaux, il devient urgent de préparer au Sahara un polygone d'essais pour pouvoir mener à bien les expérimentations nucléaires. Le but de ces essais est de vérifier les hypothèses et les calculs théoriques relatifs au fonctionnement de l'explosif, le flux de neutrons d'amorçage, le développement de la réaction en chaîne, les produits de fission et l'énergie dégagée, afin d'en tirer des leçons pour faire évoluer les modèles ultérieurs. Il revient par conséquent à la DAM le soin de mettre en œuvre l'engin nucléaire sur le polygone de tir et d'en assurer les mesures scientifiques.

En outre, ces expérimentations vont permettre d'effectuer un certain nombre de mesures pour faire progresser les connaissances dans des domaines tels que les ondes de choc, la propagation des ondes électromagnétiques, et la sismologie. Du côté des militaires, ces essais doivent leur permettre de déterminer les effets de l'explosion nucléaire, notamment pour mieux s'en protéger.

Il revient aux Armées de construire le Centre d'essais. La prospection d'un site a été engagée dès la fin de l'année 1956 et le choix s'est porté en juillet 1957 (sous le Gouvernement **Bourguès-Maunoury**) sur le site de Reggane, oasis situé à 150 kilomètres au sud d'Adrar, en plein désert du Tanezrouft (Sahara algérien). Le choix du site du Centre Saharien d'Expérimentations Militaires (CSEM) a été motivé par plusieurs considérations : son éloignement des grands centres habités (Colomb-

Béchar étant situé à plus de 700 km au nord), l'immense étendue désertique, les possibilités d'aménagements rapides de la Base-Vie (Reggane-Plateau, située à 15 km au sud de l'oasis de Reggane). Les Armées établissent le poste central d'observation et de conduite de tir (PC d'Hammoudia) à 45 km au sud-ouest de la Base-Vie ; le champ de tir étant distant de 16 km du PC de tir.

En février 1958, le ministère de la Défense crée le Commandement interarmées des armes spéciales chargé de mener à bien les campagnes d'essais nucléaires, pour toute la partie qui ne concerne pas le CEA ; ce commandement est confié au général **Charles Ailleret**. Le mois précédent, une Commission de sécurité, présidée par le Haut-Commissaire à l'énergie atomique et regroupant des personnalités scientifiques et médicales, a été mise en place afin de définir les normes de sécurité à respecter pour éviter que les expérimentateurs et les populations civiles situés à proximité soient exposés à un danger.

Puis, le 11 avril 1958, le président du Conseil **Félix Gaillard** ordonne au CEA et aux Armées de prendre toutes les mesures afin d'être prêts à réaliser, sur ordre du Gouvernement, la première série d'explosions expérimentales d'arme nucléaire à compter du premier trimestre 1960. Le 22 juillet suivant, en tant que dernier président du Conseil de la IV^{ème} République, le **Général de Gaulle** entérine définitivement cette décision et "Gerboise Bleue" est expérimentée le 13 février 1960.



50. Poudrerie Nationale militaire
du BOUCHET (S.-et-O.)
Sortie des Ouvriers

← Poudrerie Nationale militaire
du Bouchet (S.-et-O.)



← Visite du Général de Gaulle
à Marcoule le 2 août 1958

Préparation du 1^{er} essai



↑ **Transport de l'édifice expérimental vers la dalle d'essai**
à Moronvilliers en 1959

↓ **De gauche à droite: MM. Médard, Cachin, Geerts, Fichou et Provost**
à Mourmelon en 1951



↓ **Jean Viard (à droite) lors d'un essai**
d'une maquette de Gerboise Bleue
à Moronvilliers en 1959



↓ Ordinateur Bull Gamma 30
en 1962



↓ **Centre Saharien d'Expérimentations Militaires (CSEM)**
à Reggane



CSEM REGGANE



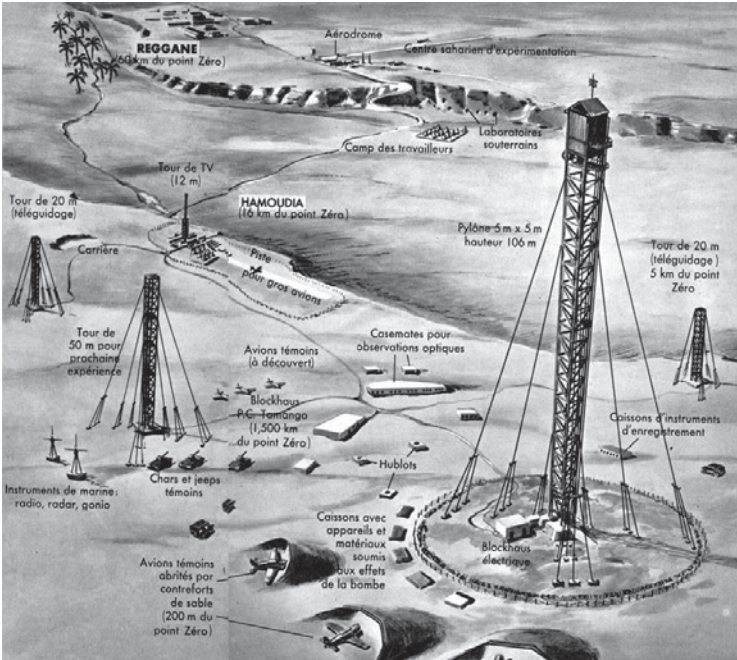
➤ Entrée du site

➤ Général Charles Ailleret

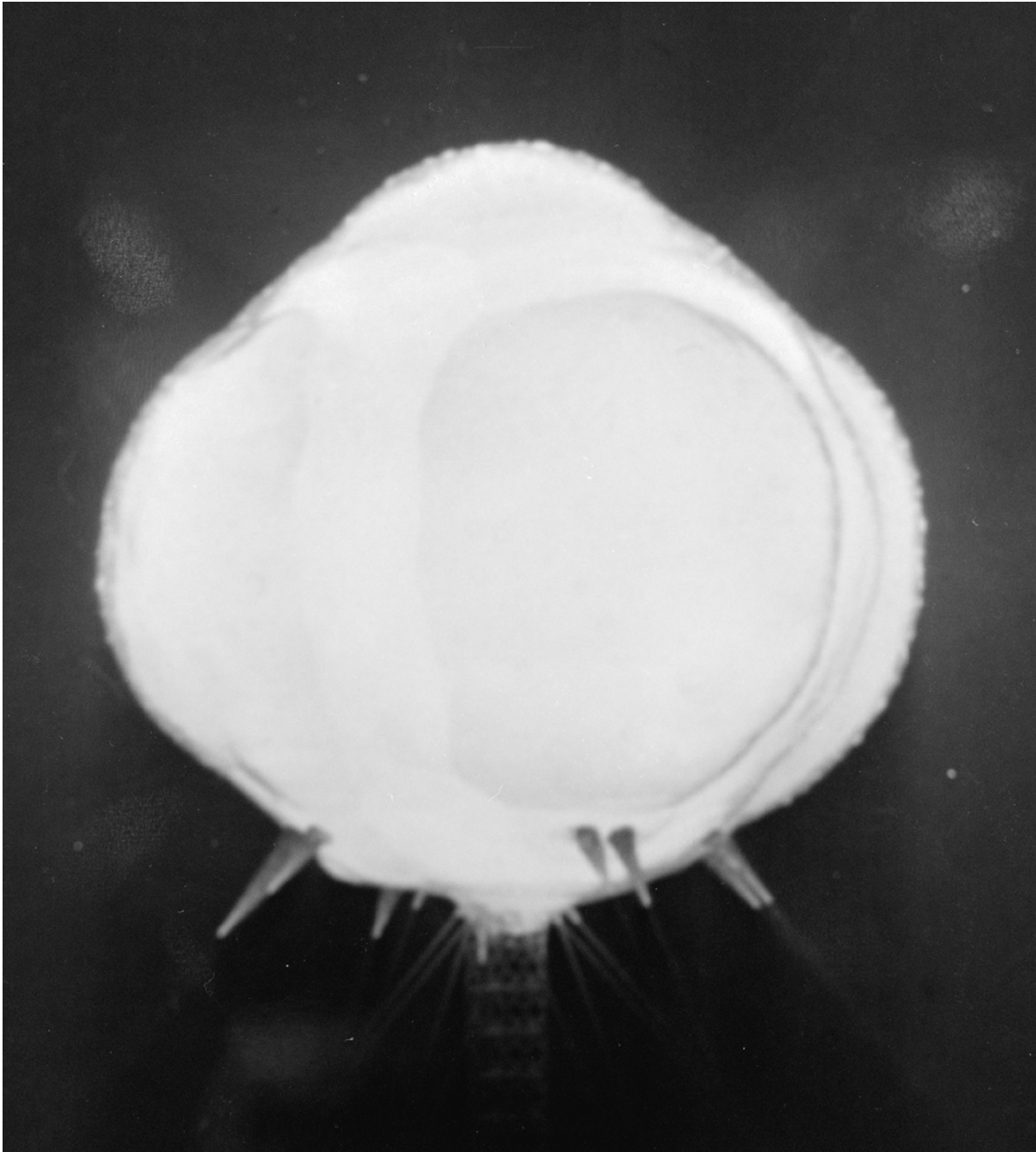




↳ Poste de commandement



↳ Plan du site



↑ **Boule de feu de Gerboise Bleue, le 13 février 1960**



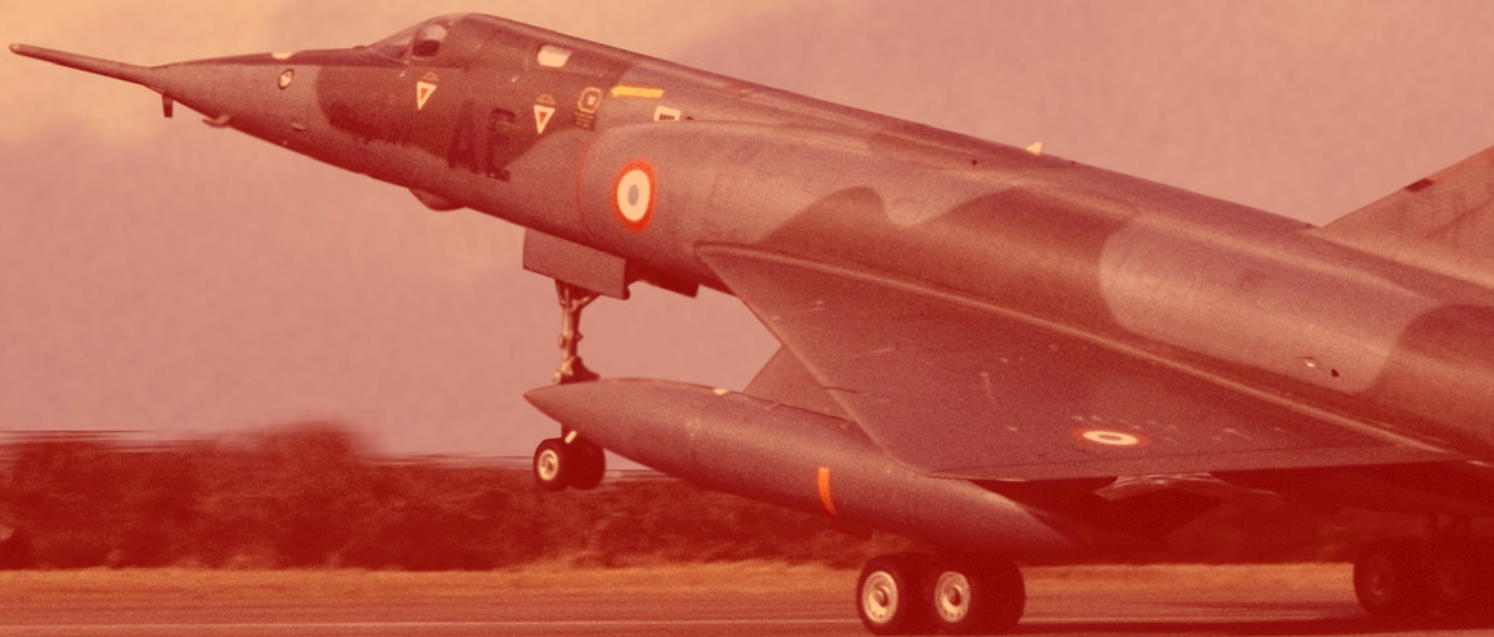
« Il faut que la défense de la France soit française (...)

Un pays comme la France, s'il lui arrive de faire la guerre, il faut que ce soit sa guerre. Il faut que son effort soit son effort. S'il en était autrement, notre pays serait en contradiction avec tout ce qu'il est depuis ses origines, avec son rôle, avec l'estime qu'il a de lui-même, avec son âme.

Naturellement, la défense française serait, le cas échéant, conjuguée avec celle d'autres pays. Cela est dans la nature des choses. Mais il est indispensable qu'elle nous soit propre, que la France se défende par elle-même, pour elle-même et à sa façon (...)

La conséquence, c'est qu'il faut, évidemment, que nous sachions nous pourvoir, au cours des prochaines années, d'une force capable d'agir pour notre compte, de ce qu'on est convenu d'appeler "une force de frappe" susceptible de se déployer à tout moment et n'importe où. Il va de soi qu'à la base de cette force sera un armement atomique (...)».

Allocution du Président Charles de Gaulle à l'École militaire, 3 novembre 1959





DE LA BOMBE
ATOMIQUE
À L'ARME
THERMONUCLÉAIRE
1960 - 1968

Avec le premier essai nucléaire français, le 13 février 1960, la France a démontré qu'elle maîtrise la technologie de la fission, accédant ainsi au rang des puissances atomiques. Désormais, il revient au CEA/DAM de militariser les engins nucléaires, c'est-à-dire faire en sorte qu'ils soient opérationnels, en les adaptant à un vecteur donné pour qu'ils soient transportables. Car il est de la responsabilité de la Direction des Applications Militaires non seulement de concevoir les engins, mais aussi de les produire et de les maintenir en condition opérationnelle.

L'effort national qui est demandé va être d'autant mieux conduit qu'il est cadré par une programmation sur la durée des équipements militaires dans leur ensemble, dans le droit fil de ce qui avait fait le succès des premiers plans quinquennaux de l'énergie atomique.

Devenue une puissance nucléaire, la France se doit par ailleurs de se doter sans plus attendre d'une stratégie. C'est au cours des années 1960 que la doctrine nucléaire française est élaborée, en s'inspirant des travaux pionniers menés par plusieurs officiers généraux issus des trois Armées.

Parallèlement, les moyens humains, techniques, immobiliers et financiers attribués à la Direction des Applications Militaires connaissent un accroissement important, afin de lui permettre de remplir la mission pour laquelle elle a été créée.

En outre, la place des essais nucléaires en vraie grandeur devient un facteur essentiel dans la crédibilité de la dissuasion nucléaire, eux seuls sont à l'époque en mesure de garantir la fiabilité du fonctionnement des armes et leur sûreté ; c'est une question de crédibilité, à la fois technique et politique.

Au cours de ces années, l'un des défis majeurs à relever par l'organisme public a trait à la technologie thermonucléaire. La France y parvient finalement en 1968, non sans difficultés ; son statut de puissance nucléaire est alors renforcé, en lui permettant de disposer (à masse égale) d'armes nucléaires plus puissantes, plus précises et susceptibles de franchir plus facilement, le cas échéant, les défenses anti-missiles adverses.

Pour le fondateur de la V^{ème} République, l'accès au rang thermonucléaire est également un moyen de conforter, voire de rendre irréversible la dissuasion nucléaire française.

1960

Jacques Robert succède au général Buchalet en tant que Directeur des applications militaires du CEA

Adoption par le Parlement de la **1^{ère} Loi de Programme Militaire (LPM) 1960-1964**

1961

Exécution au Sahara du dernier essai nucléaire atmosphérique français, à Reggane le 25 avril, suivi en novembre par le **premier essai nucléaire français en galerie** dans le massif du Tan Affela, près d'In Ecker, dans le Hoggar

Décision du Premier ministre **Michel Debré** fixant les modalités d'exécution du programme atomique militaire et **création du Comité mixte Armées-CEA**

1962

Signature des Accords d'Evian, prévoyant notamment la possibilité pour la France de poursuivre pendant cinq ans ses essais nucléaires en Algérie

Création du Centre CEA/DAM du Ripault

Création du Centre d'Expérimentation du Pacifique (CEP)

1963

Décision du Gouvernement français relative à la Force de frappe, qui comprendra à terme trois composantes : aérienne, terrestre et sous-marine ; la priorité consiste désormais à construire le premier Sous-marin Nucléaire Lanceur d'Engins français (SNLE) et à réaliser une force de missiles sol-sol stratégiques sur le Plateau d'Albion

1964

Décret relatif à l'autorité du Président de la République sur les **Forces Aériennes Stratégiques (FAS)**, puis le premier escadron des FAS devient opérationnel

Adoption de la deuxième Loi de Programme Militaire (**LPM 1965-1970**)

Création de la Direction des Centres d'Expérimentations Nucléaires (**DIRCEN**)

1965

Création du Centre d'Études Scientifiques et Techniques d'Aquitaine (CESTA)

Mise en orbite du **premier satellite français** Astérix par une fusée Diamant

1966

Officialisation du **retrait français du commandement militaire intégré de l'OTAN**

Dernier essai nucléaire souterrain dans le Hoggar, puis **premier essai nucléaire atmosphérique en Polynésie française**, au-dessus de l'atoll de Mururoa

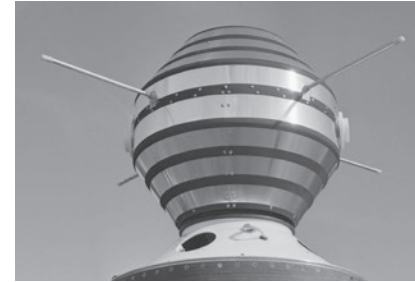
1967

Production du **premier lingot d'uranium très enrichi sur le site de Pierrelatte**

1968

Expérimentation en Polynésie française de la **première arme thermonucléaire française**

NUCLÉAIRE DE DÉFENSE ET PROGRAMMATION



↑ Lancement du premier SNLE Le Redoutable à Cherbourg par le Général de Gaulle le 29 mars 1967

Dans le prolongement des plans quinquennaux de l'énergie nucléaire qui avaient, on l'a vu, assuré le démarrage de l'énergie atomique en France, le fondateur de la V^{ème} République estime indispensable de garantir le succès du développement du nucléaire de défense en programmant l'effort budgétaire nécessaire. C'est ainsi



↑ Lancement de la fusée Diamant équipée du satellite Astérix sur la base d'Hamaguir le 26 novembre 1965

que le **Général de Gaulle** fait préparer et voter des Lois de Programme Militaires (LPM) qui, à l'origine, ne concernent que certains équipements militaires, et d'abord les plus importants d'entre eux, les armements nucléaires (à partir de 1976 les lois de programmation militaires concerneront l'ensemble du budget du ministère de la Défense).

C'est un effort budgétaire important qui est alors requis du Parlement afin de pouvoir doter la France d'une panoplie complète dans le domaine des armements nucléaires.

Les deux premières LPM permettent de jeter les bases et d'assurer sur la durée la constitution de la «Force de frappe», avec tout d'abord la mise en service des Forces Aériennes Stratégiques (FAS) à partir d'octobre 1964, constituée à l'époque d'avions Mirage IV-A .

Signe de la priorité donnée à la dissuasion nucléaire, celle-ci compte, à la fin de la Présidence du Général de Gaulle (1959 - 1969), pour 24% du budget total du ministère de la Défense et pour 50% de la part d'investissement de ce même budget. On mesure l'effort consenti à l'époque si l'on compare ces ratios avec ceux en vigueur aujourd'hui (en 2020),

respectivement d'environ 10% et 20%. Au total, sur la durée, on peut estimer que le coût de la constitution de la force de frappe de 1960 à 1990 a été de l'ordre de 150 à 160 milliards d'euros.

Outre la planification de l'effort consenti, l'intérêt des LPM a été, dès l'origine, d'associer étroitement la représentation nationale aux décisions prises dans le domaine du nucléaire militaire et d'instaurer un débat parlementaire sur son rôle dans la défense du pays.

Et si la première LPM a fait l'objet d'une importante controverse obligeant le Gouvernement à recourir à l'article 49-3 de la Constitution, certains parlementaires estimant qu'un tel effort était au-delà des moyens de la France ; depuis lors, un réel consensus politique s'est instauré sur la nécessité pour la France d'être dotée d'une force de dissuasion.

| LPM | Date d'approbation | Principaux programmes d'armements |
|-------------|--------------------|--|
| 1960 - 1964 | décembre 1960 | Réalisation de la première génération de la composante aérienne (avions Mirage IV-A) ; études relatives aux missiles balistiques ; lancement de la construction du premier SNLE ; lancement de la construction de l'usine d'enrichissement de Pierrelatte. |
| 1965 - 1970 | décembre 1964 | Achèvement de la réalisation du premier SNLE, lancement de la réalisation de la deuxième composante aérienne (au Plateau d'Albion) pour les missiles sol-sol balistiques stratégiques ; réalisation de la composante terrestre tactique (missile Pluton) |



↳ **Général Albert Buchalet et son successeur Jacques Robert**
Directeurs des applications militaires



↑ Gerboise Verte, dernier essai atmosphérique à Reggane - avril 1961

Avant



Après



Centre d'Expérimentations Militaires des Oasis CEMO

L'ÉMERGENCE DE LA STRATÉGIE NUCLÉAIRE FRANÇAISE

Le plus souvent dans l'histoire militaire, l'apparition d'un armement précède la stratégie qui l'accompagne. Il en a été ainsi pour l'arme nucléaire, utilisée en août 1945 pour mettre fin à la Deuxième Guerre mondiale. Toutefois, très vite, plusieurs spécialistes des questions stratégiques ont cherché en France à conceptualiser les conséquences de l'apparition de l'arme nouvelle.

Le premier Français à le faire a été l'amiral **Raoul Castex**, dans un article paru dans la *Revue de défense nationale*, deux mois seulement après l'explosion d'Hiroshima. Dans cet article, très anticipateur, il perçoit déjà les fondements du concept de dissuasion nucléaire, en mettant en exergue le point suivant : l'arme atomique permet à une «nation faible» de dissuader une «nation forte» de l'attaquer.

«(...) La nation faible, tout autant que la nation forte, possédera des bombes atomiques, en moindre quantité peut-être, mais cette considération de nombre pèse peu quand il s'agit d'engins de puissance individuelle aussi grande (...)»

Amiral Raoul Castex, «Aperçus sur la bombe atomique», *Revue de défense nationale*, octobre 1945

C'est **Pierre Gallois**, alors colonel de l'Armée de l'air, qui va contribuer à élaborer la doctrine de dissuasion nucléaire à partir d'un mémoire qu'il soutient en septembre 1954 devant l'Ecole supérieure de guerre aérienne. Pour lui, l'arme atomique est avant tout une arme efficace de «*découragement à l'agression*».



↑ Raoul Castex



↑ Pierre Gallois

Il constate à l'époque que le déséquilibre des forces conventionnelles est trop important pour que la défense de l'Europe occidentale puisse être assurée par ces seuls moyens. Et tout en reconnaissant que, si pour l'heure, ce sont les États-Unis qui assurent la défense de l'Europe occidentale avec leur potentiel atomique, rien ne garantit qu'il en ira toujours de même. Pour l'officier français, l'avenir s'annonce «atomique» et impose à la France d'assurer sa défense par ses propres moyens, et plus particulièrement nucléaires. Ce plaidoyer fait écho aux propos très novateurs tenus à la même époque par le **Général de Gaulle**.

En 1960, dans son ouvrage *La stratégie de l'âge nucléaire*, le général Gallois développera la théorie de la «dissuasion du faible au fort», adoptée par la France avec d'autant plus de conviction que les États-Unis vont passer de la stratégie des «représailles massives» à celle de la «riposte graduée». Il souligne le «pouvoir égalisateur de l'atome», la prise en compte du rapport enjeu / risque, la dissuasion proportionnelle et l'impossibilité de partager la décision d'emploi.

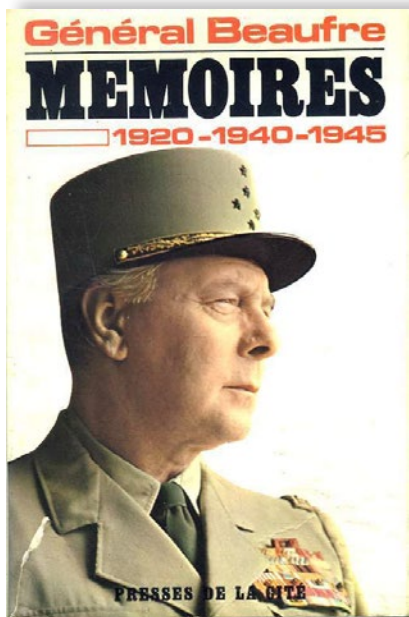
Parallèlement, le général de l'Armée de terre **André Beaufre** fait valoir dès le milieu des années 1950 que l'objet de la guerre est devenu disproportionné avec les risques encourus du fait de l'existence de l'arme nucléaire, la menace des représailles étant l'un des fondements de la stratégie de dissuasion.

«(...) Si l'adversaire en venait à une agression atomique, celle-ci aurait pour premier objectif les forces de représailles atomiques alliées. En raison de la mobilité dont peuvent être dotées ces forces de représailles, l'adversaire ne peut guère les détruire que s'il réussit à les attaquer simultanément, sans que l'alerte ainsi donnée par l'une de ses attaques ne fasse échouer les autres. Plus est grande la dispersion géographique des points de lancement ou d'envol des forces atomique de riposte, moins s'avère possible la simultanéité de telles attaques (...).»

Colonel Pierre Gallois, Mémoire présenté devant l'École supérieure de guerre aérienne, septembre 1954

«(...) La guerre atomique n'aura peut-être jamais lieu, et l'on doit le souhaiter. Mais ce sera alors sans doute que grâce à l'effort que nous aurons fait pour nous constituer des forces armées pleinement adaptées à cette forme de guerre. Garder des armements désuets serait inviter l'adversaire à tenter une aventure facile (...).»

Exposé du général André Beaufre devant le Conseil supérieur des forces armées, 5 novembre 1954



↑ Général André Beaufre



↑ Général Charles Ailleret

Comme le général Gallois, le général Beaufre développe sa réflexion au début des années 1960 ; il souligne ainsi que l'incertitude constitue le facteur essentiel de la dissuasion, avec la menace d'une ascension aux extrêmes. Il soutient également qu'une capacité dissuasive requiert une grande puissance de destruction, une bonne précision et une bonne capacité de pénétration des défenses adverses.

Autre grande figure historique de la réflexion stratégique dans le domaine du nucléaire de défense, **Charles Ailleret** est un autre officier de l'Armée de terre qui se distingue très tôt par l'intérêt qu'il porte à l'arme atomique. C'est en tant que colonel qu'il fait en 1950 une conférence sur les possibilités de la guerre atomique devant l'École supérieure de guerre.

Deux ans plus tard, il prend le Commandement des armes spéciales, chargé de réfléchir aux moyens de se protéger de l'arme nouvelle, ainsi qu'à l'opportunité de s'en doter. Et c'est en tant que commandant interarmées des armes spéciales (depuis 1958) qu'il est chargé d'autoriser le déclenchement du tir Gerboise Bleue le 13 février 1960. Le général Ailleret est donc à la fois un praticien et un théoricien de la dissuasion nucléaire.

En 1967, alors chef d'état-major des armées, il élaborera de façon visionnaire la «stratégie tous azimuts», si bien adaptée au concept nucléaire français d'aujourd'hui (en 2020), eu égard à la portée des missiles dont dispose désormais la France.

«(...) Il apparaît que pour être en mesure de faire face à des situations du genre envisagé, il faut que notre pays soit le plus capable possible de dissuader par son action éventuelle ceux qui pourraient être amenés à s'emparer de son territoire ou à l'écraser avec des bombes.

Il lui faut donc être par lui-même le plus fort possible, compte tenu de ses moyens et de la philosophie de la vie de ses habitants. Or dans l'arsenal des armements modernes, ceux qui ont le meilleur rendement, c'est-à-dire les plus efficaces pour un prix donné, sont et de très loin les armements nucléaires.

Ce sont par ailleurs ces armes qui, par leur action à grande distance, sont capables, par la menace de leurs terribles effets, de dissuader des attaques éventuelles en les rendant hors de proportion avec les bénéfices à en attendre.

Il est donc nécessaire, si la France veut pouvoir échapper aux risques qui pourraient la menacer, qu'elle dispose, en quantités significatives – qui n'ont point besoin d'être très grandes du fait de leur puissance unitaire – d'engins balistiques mégatonniques à portée mondiale dont l'action pourrait dissuader ceux qui voudraient, de quelque partie du monde qu'ils agissent, nous utiliser ou nous détruire pour aider à la réalisation de leurs buts de guerre (...)

Notre force autonome intrinsèquement aussi puissante que possible, devrait également – puisque nous ne savons pas d'avance de quel point du monde pourra venir, pour les générations qui suivront la nôtre, le péril qui les menacera – n'être point orientée dans une seule direction, celle d'un ennemi a priori, mais être capable d'intervenir partout, donc être ce que nous appelons dans notre jargon militaire, tous azimuts (...)

Général Charles Ailleret «Défense dirigée ou Défense tous azimuts», *Revue de défense nationale*, décembre 1967

Le général **Lucien Poirier** contribue aussi à l'élaboration de la stratégie nucléaire française dans le cadre de travaux menés par le Centre de Prospective et d'Évaluation du ministère de la Défense (le CPE, créé en 1964). Il développe au cours des années 1960 la notion de seuil d'agressivité critique, avec l'idée qu'il faut obliger l'agresseur à s'engager plus puissamment, notamment par le recours, dans le cadre de la manœuvre dissuasive, à un test pour le forcer à signer son forfait. Ce test, directement lié à la mise en cause des "intérêts vitaux" du pays, peut se faire, selon lui, au moyen de l'Arme Nucléaire Tactique (ANT). Contrairement à ce qui apparaîtra ultérieurement comme une dérive, le général Poirier récusait dès cette époque toute idée de bataille nucléaire au moyen de l'ANT.



↑ Lucien Poirier

LA MONTÉE EN PUISSANCE DE LA DAM

Avec le succès du premier tir expérimental en février 1960, la Direction des Applications Militaires (DAM), qui a succédé à la Direction des Techniques Nouvelles (DTN) en septembre 1958, confirme sa place dans l'appareil de défense français.

Désormais, tout en préservant son autonomie, le CEA/DAM doit mener de front ses activités de recherche, le passage à la phase industrielle (avec la production de têtes nucléaires en série), le développement de ses expérimentations en vraie grandeur, tout en s'insérant dans le cadre prévu par les lois de programme militaires.

Parallèlement, l'activité du CEA/DAM fait l'objet d'un examen mensuel par le Comité mixte Armées-CEA, créé en juin 1961, et dont la première réunion eut lieu en octobre suivant. Il s'agit alors d'assurer un contrôle, technique et financier, de l'exécution des activités de défense dont la responsabilité incombe au CEA au titre de «l'œuvre commune» ; la décision du Premier ministre fixant les modalités d'exécution du programme atomique militaire (13 juin 1961) ayant précisé que sa réalisation est une «œuvre commune» au ministère de la Défense et au CEA.

Les programmes concernés par l'œuvre commune sont les suivants : les armements nucléaires, les

chaufferies embarquées de la propulsion nucléaire, les matières stratégiques et la lutte contre la prolifération. La répartition des tâches est très claire : au ministère de la Défense revient la responsabilité de la conception d'ensemble des systèmes d'armes ; au CEA/DAM la conception, la fabrication, le maintien en condition opérationnelle des têtes nucléaires - avec la garantie de leur fiabilité et leur sûreté - puis leur démantèlement.

Pour mettre en œuvre ce programme de travail, la Direction des Applications Militaires va élargir son assise géographique en 1957, avec la création des centres de Moronvilliers et de Valduc (initialement annexe de Bill et à partir de 1962, centre à part entière). En 1959, le centre de Limeil du ministère de la Défense est rattaché au CEA. Il revint dès lors à Valduc de fabriquer les ensembles nucléaires entrant dans la constitution des armes nucléaires.

C'est en 1962 qu'est créé le centre du Ripault, dont la mission première est la réalisation des implosions. Puis, confrontée à la complexité des problèmes posés par la militarisation des engins, la DAM décide de créer en 1965 le Centre d'Études Scientifiques et Techniques d'Aquitaine (CESTA), chargé précisément de cette mission que le Centre de Vaujours assurait jusque-là.

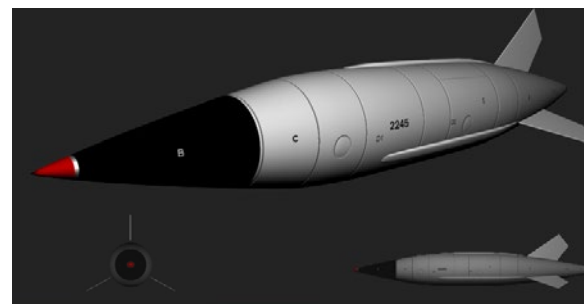
La première génération des armes fabriquées par le CEA/DAM concerne des armes à fission. C'est au cours du Conseil des ministres du 18 juillet 1962 que le ministre de la Recherche scientifique et des questions atomiques et spatiales, **Gaston Palewski**, annonce la mise au point de la première arme nucléaire française en service, l'AN 11. Deux ans plus tard, elle est opérationnelle sur avion Mirage IV.

Le défi a été relevé avec une grande célérité par la DAM et les Armées. Puis, très vite, la Direction des Applications Militaires met au point une arme moins rustique et plus élaborée : l'AN 21.



↑ Mirage IV-A

| Intitulé de la tête nucléaire | Dates de mise en service | Vecteur |
|-------------------------------|--------------------------|-------------------|
| AN 11 | 1964 - 1966 | Avion Mirage IV-A |
| AN 21 | 1965 - 1967 | Avion Mirage IV-A |
| AN 22 | 1967 - 1987 | Avion Mirage IV-A |



↑ AN - 11



↑ 1998

LE RIPAULT

↓ 2001



CESTA

↗ 1966



L'ACCÈS À LA BOMBE H ET LE RÔLE CLÉ DES ESSAIS

La question de l'accès au rang thermonucléaire s'est très vite posée au CEA/DAM, d'autant que trois autres puissances nucléaires y étaient parvenues rapidement : les États-Unis en 1952, la Russie en 1953 et la Grande-Bretagne en 1957. Et lorsque les discussions préliminaires à la constitution de la Force Océanique STRatégique (FOST) s'ouvrent en 1961, la Direction des Applications Militaires propose de la doter d'une charge thermonucléaire. Toutefois, les Armées privilégient une arme à fission exaltée, procédé qui apparaît à l'époque plus facilement accessible (et qui donnera lieu à la tête nucléaire M 41), différant la mise au point de la bombe H.

Mais, devant la vitesse avec laquelle la Chine progresse dans le domaine du nucléaire militaire (ce pays a fait exploser sa première bombe A expérimentale en 1964), le **Général de Gaulle** met sous pression le CEA/DAM pour que la France ne se trouve pas dépassée. En effet, un détail ne lui a pas échappé : la Chine a eu recours pour son premier essai à de l'uranium enrichi (et non à du plutonium comme l'avait fait la France), ce qui laissait supposer que ce pays était en passe de progresser rapidement dans le domaine du thermonucléaire (en France, la production du premier lingot d'uranium très enrichi sur le site de Pierrelatte n'aura pas lieu avant 1967).

De manière paradoxale, ce n'est que tardivement, pas avant janvier 1966, et lors d'une visite à Limeil, que le Président

français affirme officiellement cette priorité. Puis, l'essai de la bombe H par la Chine en juin 1967 accroît encore la pression sur la DAM, qui parvient toutefois à trouver la solution à l'ultime obstacle auquel elle se heurtait jusque-là pour accéder à la technologie thermonucléaire. Cette solution, obtenue grâce à des travaux de physique et de laboratoire, fut confirmée par le tir de l'engin Canopus, en août 1968.

À partir de 1960, les essais nucléaires permettent à la DAM de certifier la fiabilité du fonctionnement des armes nucléaires et leur sûreté (le fait qu'il n'y ait pas de déclenchement accidentel de l'arme) ; ils sont par conséquent le seul moyen à l'époque de garantir la crédibilité de la force de dissuasion nucléaire française. Pour ce faire, la Direction des Centres d'Expérimentations Nucléaires (DIRCEN) est créée en 1964, en se substituant au Commandement Interarmées des Armes Spéciales (CIAS).

Avec l'indépendance de l'Algérie, la France est contrainte de trouver une alternative pour effectuer ses essais en vraie grandeur. L'une des clauses des accords d'Evian de 1962 avec l'Algérie prévoit que ces essais pourront continuer jusqu'en 1966. À cette date, la France sera en mesure de poursuivre ses campagnes d'essais en Polynésie française, quatre ans après avoir créé le CEP (Centre d'Expérimentation du Pacifique).

Mais, aux difficultés techniques qui accompagnent la réalisation d'expérimentations nucléaires, qu'elles soient atmosphériques ou souterraines, s'ajoutent des difficultés diplomatiques. En effet, plusieurs puissances nucléaires (Russie, États-Unis, et Grande-Bretagne) prennent des initiatives : moratoire sur leurs expérimentations de 1958 à 1961, signature en 1963 du Traité de Moscou relatif à l'interdiction des essais nucléaires autres que souterrains... Celles-ci vont interférer avec les campagnes d'essais menées par la France, gêne d'autant plus sensible que plusieurs

États s'opposent ouvertement à la politique des essais menée par la France.

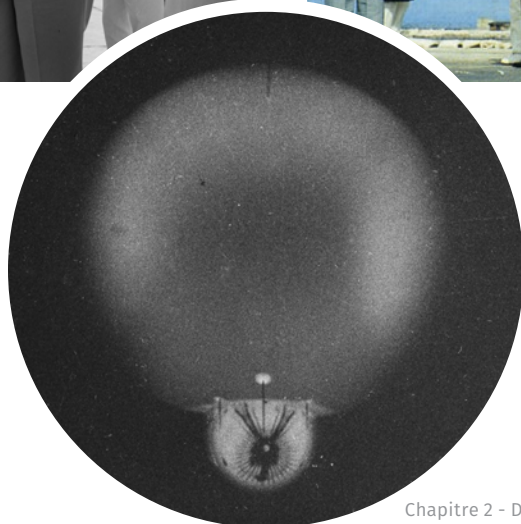
Pour la DAM, cette politique est essentielle à la conduite de son action, car outre les garanties qu'elle apporte à la dissuasion, elle imprime un rythme de travail au sein de l'organisme public, avec des objectifs ambitieux à atteindre chaque année. De manière exceptionnelle, l'année 1969 fut exempte d'essais nucléaires français, ceux-ci étant annulés pour des raisons financières.



Général de Gaulle à Mururoa ➤
pour le tir sous ballon
Bételgeuse en septembre 1966



← Premiers instants de l'essai Bételgeuse






➤ **Premier essai sur barge Aldebaran à Mururoa en juillet 1966**



➤ **Premier essai thermonucléaire Canopus sous ballon** à Fangataufa en août 1968



➤ Le Président Georges Pompidou sur le Redoutable en 1971

A large, stylized number '50' is the central background element, rendered in a medium blue color. The background is a light blue gradient. The text is white and centered over the '50'.

LA CONSOLIDATION
DU NUCLÉAIRE DE
DÉFENSE FRANÇAIS
1969 - 1981

Parallèlement, le début des années 1970 voit la mise au point par le CEA/DAM, à la demande de l'autorité politique, de l'arme nucléaire tactique. Cela donne lieu au déploiement d'une charge commune tactique, la tête AN 52 sur avion à partir de 1972 et, deux ans plus tard, de la tête AN 51 sur missile sol-sol Pluton.

Cette montée en puissance ne peut pas être réalisée à l'époque sans le recours aux essais nucléaires en vraie grandeur, afin d'obtenir une validation expérimentale

pour les programmes mis au point à la DAM. Dans le domaine des essais, une véritable politique a donc été mise en œuvre pour homologuer les têtes nucléaires, avant de pouvoir les produire en série.

1969

**Premier essai à la mer
du SNLE Le Redoutable**

1970

Jean Viard succède
à Jacques Robert en
tant que Directeur des
applications militaires

Adoption par le Parlement
de la **LPM 1971 - 1975**

1971

Un accident d'avion
provoque la mort de
plusieurs membres du
Comité mixte Armées-
CEA alors qu'ils se
rendaient à Pierrelatte

La **première unité
de neuf missiles
stratégiques sol-sol S 2**
devient opérationnelle
au Plateau d'Albion

**Mise en service
du premier SNLE
Le Redoutable**

1972

La **deuxième unité**
de neuf missiles
stratégiques **sol-sol S 2**
devient opérationnelle
au Plateau d'Albion

Publication par le
Gouvernement du
**Livre blanc sur la
Défense nationale**

Jacques Chevallier
succède à Robert
Camelin qui avait
succédé à Jean Viard, en
tant que Directeur des
applications militaires

Les **premières armes
nucléaires tactiques
AN 52** deviennent
opérationnelles sur
avion Mirage III



1973

Essai de l'arme nucléaire tactique en configuration opérationnelle lancée d'un avion Mirage III, au large de Mururoa

1974

Mise en service des missiles Pluton dotés de l'AN 51

Fin des essais nucléaires atmosphériques français

1975

Première expérimentation nucléaire souterraine en puits, sous l'atoll de Fangataufa

1976

Adoption par le Parlement de la **LPM 1977 - 1982**

1978

Livraison au porte-avions Clemenceau des **premières armes nucléaires tactiques de l'Aéronavale**, puis au porte-avions Foch deux ans plus tard.

LE DÉVELOPPEMENT DE LA TRIADE STRATÉGIQUE

Après la mise en œuvre en 1964 de la première composante des FAS, la priorité est donnée à la constitution d'une triade pour les Forces Nucléaires Stratégiques (FNS), comprenant, outre la composante pilotée, une composante sous-marine et une composante sol-sol ; cela a pour conséquence de diversifier les moyens de dissuasion à la disposition du chef de l'État.

Si le Gouvernement français a pris la décision en juillet 1955 de construire un sous-marin à propulsion nucléaire à uranium eau lourde (programme Q 244), sa réalisation a été entravée dès l'origine par des problèmes de conception. Trois ans plus tard, cela a été rectifié et il est décidé en 1960 de construire un prototype à terre, à uranium enrichi, sur le site CEA de Cadarache. Ce réacteur diverge en 1964. Entre temps, le Gouvernement français a décidé de construire le premier Sous-marin Nucléaire Lanceur d'Engins (SNLE), baptisé Le Redoutable, tout progrès dans ce domaine étant étroitement lié à l'état d'avancement de la technologie des missiles balistiques.

La France a prouvé sa capacité en la matière dès 1965 en mettant sur orbite son premier satellite artificiel au moyen d'une fusée Diamant. Pour ce faire, le ministère de la Défense a créé en 1962 le Centre d'Essais des Landes (CEL), permettant, là aussi, de prouver par l'expérimentation le savoir-faire français.

Lancé officiellement par le **Général de Gaulle** à Cherbourg en mars 1967, Le Redoutable est mis en service en décembre 1971, doté du missile M 1 et de la tête nucléaire MR 41 ; dès lors, c'est la Force Océanique Stratégique (FOST) qui entre pleinement en fonction.

Parallèlement, la composante sol-sol balistique stratégique a été mise au point, le plateau d'Albion ayant été choisi pour abriter cette nouvelle composante des FAS. C'est ainsi que la première unité de neuf missiles stratégiques sol-sol S 2, dotés de la tête nucléaire MR 31, devient opérationnelle au plateau d'Albion en août 1971, suivie par la seconde unité de neuf missiles en avril suivant.

| Intitulé de la tête nucléaire | Nature de l'arme | Date de mise en service | Vecteur |
|-------------------------------|----------------------|-------------------------|---|
| MR 31 | Arme à fission | 1971 - 1980 | Missile S 2 au Plateau d'Albion |
| MR 41.1 | Arme à fission | 1971 - 1973 | Missiles M 1 et M 2 sur SNLE |
| MR 41.2 | Arme à fission | 1973 - 1979 | Missiles M 1 et M 2 sur SNLE |
| TN 60 | Arme thermonucléaire | 1976 - 1980 | Missile M 20 sur SNLE |
| TN 61 | Arme thermonucléaire | 1980 - 1996 | Missiles M 20 (sur SNLE) et S 3 (au Plateau d'Albion) |

Le Président **Georges Pompidou** a donc été le premier chef d'État de la V^{ème} République à disposer de la triade stratégique.

La mise en œuvre de cette triade au sein de la dissuasion nucléaire française coïncide d'ailleurs avec la publication, en juin 1972, du premier Livre blanc sur la Défense nationale, commandé par le ministre de la Défense **Michel Debré**. Pour la première fois, le Gouvernement français précise publiquement que la dissuasion nucléaire est réservée à la protection des "intérêts vitaux", ceux-ci étant définis par référence unique à ce qui constitue la France elle-même.

Le développement des Forces Nucléaires Stratégiques sous-tend des évolutions technologiques majeures, successivement :

- **UNE RÉDUCTION DE LA MASSE DES TÊTES NUCLÉAIRES** afin de les miniaturiser, ce fut tout l'enjeu du passage de la TN 60 à la TN 61
- **DES TÊTES NUCLÉAIRES MULTIPLES**, c'est-à-dire le «mirvage», qui sera opérationnel à partir de 1985 avec la TN 70 sur missile M 4 embarqué sur SNLE, afin d'être en mesure de saturer les systèmes de défense adverses.

Entretien entre le Président Georges Pompidou et le Directeur des applications militaires Jacques Chevallier, le 7 décembre 1972

« Je lui fis part de l'ensemble de mes réflexions, tout particulièrement concernant le problème des têtes multiples. Le président m'écouta silencieusement jusqu'à la fin de mon exposé, puis me posa la question suivante :

— Est-ce que vous pensez que la solution de ce problème est à la portée de la France ?

Je lui répondis :

— Monsieur le Président de la République, quand la France a décidé de se lancer dans la réalisation de sous-marins nucléaires lanceurs d'engins, elle a fait un pari beaucoup plus risqué.

Il m'a dit alors :

— Je vous fais confiance

L'entrevue était terminée. »

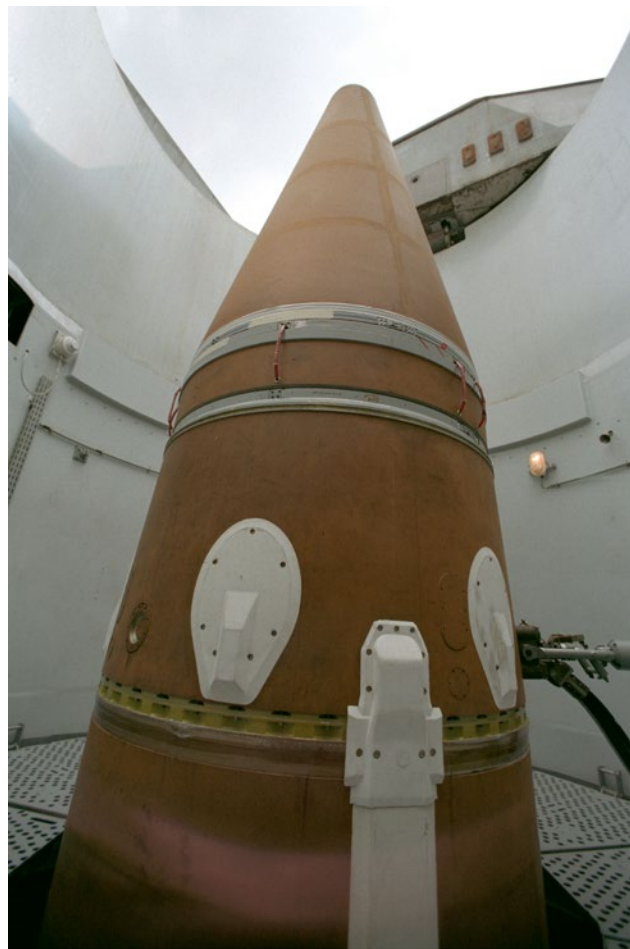
Témoignage de Jacques Chevallier lors du 40^{ème} anniversaire de la DAM



↑ Mirage IV avec l'AN 22



↑ Enveloppe postale premier jour du Sous-marin Nucléaire Lanceur d'Engins Le Redoutable



↑ Missile du plateau d'Albion



← De gauche à droite :
François-Xavier Ortoli, ministre du
Développement industriel et scientifique
Robert Hirsch, Administrateur Général
du CEA
Michel Debré, ministre de la Défense
Francis Perrin, Haut-Commissaire
à Bruyères-le-Châtel en 1970



↑ Jacques Chevallier



↑ Georges Pompidou

LE DÉVELOPPEMENT DE L'ARME NUCLÉAIRE TACTIQUE

Le développement d'un armement nucléaire tactique a été planifié par le Gouvernement en 1963 et c'est trois ans plus tard, en 1966, qu'il est décidé de passer à la phase de réalisation, au moment même où la France se retire du commandement militaire intégré de l'OTAN, avec la fin de la mise à disposition par les États-Unis d'armes nucléaires tactiques à la France.

À l'époque, le Centre de Prospective et d'Évaluation (CPE) du ministère de la Défense fait valoir que disposer de l'ANT, en particulier d'un vecteur terrestre, contribue à lier l'intervention du Corps de bataille français à la menace de recours au feu nucléaire. En outre, le recours à l'ANT est envisagé par les Armées comme une «capacité de test» des intentions de l'adversaire. Le Livre blanc sur la Défense nationale de 1972 en tire la conclusion que «*la manœuvre militaire classique s'intègre dans le maniement politique de la dissuasion*».

Mais c'est sous la Présidence de **Valéry Giscard d'Estaing** que le rôle attribué à l'ANT va atteindre son paroxysme, le chef de l'État estimant à l'époque que cette arme n'est pas seulement un instrument de dissuasion, mais aussi un instrument de bataille.



Le principe d'un engin nucléaire tactique commun à l'Armée de terre et à l'Armée de l'air a été élaboré par le CEA/DAM dès 1964, répondant à des préoccupations financières (réduire le coût de mise au point d'une arme) et d'organisation (alléger le plan de charge de l'organisme public). La Charge Tactique Commune (CTC) permet ainsi de doter les Forces Aériennes Tactiques (FATAC), dès 1972 avec l'AN 52, puis l'Armée de terre en 1974, avec l'AN 51.

L'engin AN 51 avait fait l'objet de l'essai nucléaire Aldebaran en juillet 1966, première expérimentation atmosphérique sur barge au Centre d'Expérimentation du Pacifique (CEP). L'engin AN 52 fait l'objet d'un essai en configuration opérationnelle lancé d'un avion Mirage III, au large de Mururoa, l'expérimentation Tamara en août 1973.

À partir de 1978, il est décidé de moderniser les forces nucléaires tactiques, d'une part avec le projet de missile Air-Sol Moyenne Portée (ASMP), d'autre part avec la mise au point d'un missile sol-sol de plus grande portée que le Pluton, d'une plus grande précision et d'une meilleure capacité de pénétration, avec le programme Hadès.

Ce programme répond également à une priorité politique, en élargissant la portée du missile on vise à apaiser les craintes de la République fédérale d'Allemagne d'être considérée par la France comme un glacis de sa défense.

Parallèlement, sur décision du Gouvernement, la DAM a entrepris à partir de 1976 des études relatives à la fabrication de l'arme à rayonnement renforcé ou bombe à neutrons, avec l'éventualité d'en doter le missile Hadès.

| Intitulé de la tête nucléaire | Nature de l'arme | Date de mise en service | Vecteur |
|-------------------------------|------------------|-------------------------|---|
| AN 52 | Arme à fission | 1972 - 1991 | Avions Mirage III-E, Jaguar et Super-étendard |
| AN 51 | Arme à fission | 1974 - 1993 | Missile Pluton sur char |



↑ Mirage III avec l'AN 52



↑ Essai Tamara le 28 août 1973

↓ Missile Pluton



↗ Avions Jaguar



↑ Montage missile ASMP sous Super-étendard

LA STRATÉGIE DES ESSAIS

L'évolution des armements nucléaires français rendait indispensable une politique des essais continue à mesure que l'on passait successivement des armes à fission aux armes à fission exaltée, puis aux armes thermonucléaires.

Une répartition des tâches entre le CEA/DAM et les Armées a été élaborée dès le milieu des années 1950, conduisant à la création, en 1964, de la Direction des Centres d'Expérimentations Nucléaires (DIRCEN), organisme interarmées dont le commandement est assuré par un officier général, assisté du directeur des essais de la DAM. Aux Armées, il revient d'assurer le soutien logistique des opérations, à la DAM de préparer l'expérience de physique menée sur l'engin, d'effectuer les mesures pendant l'essai et d'en exploiter les données en perspective de la mise au point des charges nucléaires.

Pour militariser les armes, il faut les expérimenter, notamment pour les miniaturiser en perspective du déploiement des têtes multiples sur missile M4. C'est en effet en avril 1974 qu'a été prise la décision de fabriquer le missile M 4 mirvé, disposant

de plusieurs têtes à trajectoires indépendantes les unes des autres. C'est à cette occasion que la responsabilité sur le corps de rentrée a été confiée au CEA/DAM. Une dizaine d'années plus tard, les progrès se porteront sur la discrétion radar des têtes.

Pour prendre un exemple de ce qui vient d'être dit, la campagne d'essais nucléaire de 1973 permet de valider une nouvelle filière d'amorce, permettant ainsi d'alléger ultérieurement la charge thermonucléaire et de préparer la mise en service du missile M 4 une dizaine d'années plus tard.

Afin d'anticiper la fin de l'utilisation du champ de tir dans le Sahara algérien prévue par les Accords d'Evian, la France a créé le Centre d'Expérimentation du Pacifique (CEP), après avoir sélectionné deux atolls polynésiens, Mururoa et Fangataufa. Les sites en question présentent l'avantage d'être très éloignés des zones où les populations humaines sont concentrées à la différence notable du site américain du Nevada, par exemple.

La France mène des essais atmosphériques au CEP de 1966 à 1974, avant de passer aux essais en puits à partir de 1975. Ceux-ci vont se révéler tout particulièrement productifs, tant en termes de résultat des mesures que de permanence des tests, en permettant de s'affranchir des contraintes météo.

| Type d'essais nucléaires | Nombre |
|---|------------|
| Aérien, à Reganne, de 1960 à 1961 | 4 |
| En galerie, à In Ecker, de 1961 à 1966 | 13 |
| Aériens (sur barge, sous ballon ou largué d'avions), en Polynésie française, de 1966 à 1974 | 46 |
| En puits : à partir de la couronne récifale ou sous lagon, en Polynésie française, de 1975 à 1991 | 141 |
| Ultime campagne : En puits, sous lagon, en Polynésie française, de 1995 à 1996 | 6 |
| TOTAL | 210 |



← **Essai Rigel sur barge à Fangataufa**
le 24 septembre 1966

↓ **Essai Rhea sous ballon à Mururoa**
le 14 août 1971





← **Essai Ilus sous couronne récifale à Mururoa**
le 21 juin 1980

↓ **Essai Pitthée sous lagon à Mururoa**
le 14 juin 1991





Après le sixième tir dans

Chirac : arrêt des essais n

La dernière campagne

La France aime être aimée du monde entier. Pendant six mois, être aimée n'a pas été si facile. Notre image de nation généreuse et pacifique, tournée vers les autres, porteuse d'un message universel, a été ternie – pourquoi se le cacher ? – par la reprise des essais nucléaires. La fiabilité de notre dissuasion avait un prix. Nous l'avons cher payé.

PAR ALAIN PEYREFITTE

M. Jacques Chirac a eu le courage de faire ce qu'il fallait pour rendre leur « crédibilité »

La France va prendre dans le monde » et aussi «

Jacques Chirac a annoncé hier soir « l'arrêt définitif » des essais nucléaires français dans le Pacifique-Sud. Le sixième et dernier essai de la campagne actuelle a eu lieu samedi.

● « Grâce à l'ultime série qui vient d'être effectuée, la France disposera durablement d'une défense fiable et moderne. La sécurité de notre pays, celle de nos enfants est assurée », a déclaré le président de la République lors d'une allocution télévisée.

● Il a ajouté que « la France va jouer un rôle actif et déterminé pour le désarmement dans le monde et aussi pour une meilleure défense européenne ». M. Chirac prendra des « initia-

tive-
proc
● L
n'a
niq
soir,
« d
mai
trait
dén
fiqu
● A
son-
tée
çais
nou
des
nir c
ture
disa
● A
Koh
prés
« ai

LE FI L'AURC

s le Pacifique-Sud

êt définitif nucléaires

ENTRE RUPTURES ET CONTINUITÉ 1981-1996

*des initiatives « pour le désarmement
pour une meilleure défense européenne*

s en ce sens dans les
haines semaines ».

la première initiative
pas tardé. Un commu-
né a fait savoir, hier
que la France signera
ès les prochaines se-
mes, les protocoles du
é de Raratonga » sur la
nucléarisation du Paci-
e-Sud.

Washington, la Mai-
Blanche s'est « félici-
» de la décision fran-
e qui « va fournir un
vel élan » aux efforts
Etats-Unis « pour obtie-
nès cette année la signa-
d'un traité global inter-
nt les essais ».

A Bonn, le chancelier
a salué la décision du
sident Chirac qui a
nsi tenu parole ».

● Satisfactio

Greenpeace l'
l'association
Chine et la
rent les d
l'adoption
Au PS, l'
time qu'
à cette p
plus tôt ».

● La pre

tation ato
s'était prod
1960, dans
moratoire avait été déci-
par François Mitterrand
avril 1992. Trois semaines
après son élection à la pr
sidence de la République,
13 juin 1995, Jacques Ch
rac avait tranché en fav
de la reprise des essais.

(L'article

Patrice-Henry DESAUBLIA

page

L'alternance politique, avec l'arrivée au pouvoir pour la première fois sous la V^{ème} République d'un candidat issu de l'opposition, ne va pas se traduire par une remise en cause de la politique nucléaire de défense de la France ; au contraire, on assiste à une remarquable continuité politique en la matière.

L'évolution du contexte géostratégique avec la fin de la Guerre froide amène le chef de l'État à réexaminer les fondements sur lesquels repose la dissuasion nucléaire française. Tout en continuant à donner la

priorité à la dissuasion dans la politique défense en renforçant son caractère stratégique, une évolution marquante se fait jour en direction du désarmement, ainsi que de la lutte contre la prolifération.

C'est dans ce cadre que le Président **François Mitterrand** va imposer un moratoire sur les essais nucléaires à partir de 1992, et ce jusqu'à la fin de son deuxième septennat. Parallèlement, il impose le passage à la simulation comme moyen de substitution aux expérimentations nucléaires en vraie grandeur.

Dans ce domaine, le CEA/DAM a anticipé le mouvement en réfléchissant dès 1989 aux perspectives d'une possible limitation (et non d'un arrêt total) des essais nucléaires. Cela donnera lieu deux ans plus tard au programme «Préparation À une Limitation des Essais Nucléaires (PALEN)», lancé par le Directeur des applications militaires **Roger Baléras**, avec l'appui du ministre de la Défense **Pierre Joxe**.

Le CEA/DAM peut alors se prévaloir de ses travaux précurseurs dans le domaine des lasers de puissance

depuis le début des années 1960, ainsi qu'en matière de calcul haute performance, deux éléments clés pour réussir et s'imposer dans le domaine de la simulation.

La communauté nucléaire de défense estime indispensable une ultime campagne d'essais, avant l'arrêt définitif des essais nucléaires. Celle-ci est décidée par le Président **Jacques Chirac** en 1995.

1983

Adoption par le
Parlement de la
LPM 1984 - 1988

Discours à l'ONU
du **Président
Mitterrand** sur le
désarmement

1985

Décision de
concevoir et
fabriquer la tête
nucléaire **TN 75**

Alain Vidard
succède à Jacques
Chevallier en tant
que Directeur
des applications
militaires

1987

Adoption par
le Parlement
de la **LPM 1987
- 1991**, qui ne
concerne que les
équipements

1988

Roger Baléras
succède à Alain
Vidard en tant
que Directeur
des applications
militaires

1990

Adoption par le
Parlement de la
LPM 1990 - 1993

1991

Lancement du
programme PALEN
(Préparation À
une Limitation des
Essais Nucléaires)
dont les premières
réflexions
remontent à 1989

1992

Annonce par le Premier ministre **Pierre Bérégovoy** du **moratoire sur les essais** jusqu'à la fin de l'année

Signature par le **Président Mitterrand** de l'ordre de suspension des essais

Lancement du **programme AIRIX** : Installation radiographique et hydrodynamique dans le cadre du programme PALEN

Prolongation du moratoire français

1993

Lancement de l'avant-projet sommaire de **Laser Mégajoule (LMJ)**

Création du **Groupe Lanxade** sur les conséquences de la suspension des essais sur l'avenir des armes nucléaires

Le **Président Mitterrand** précise qu'il n'y aura plus d'essais jusqu'à la fin de son mandat

1994

Allocution du **Président Mitterrand** à l'Élysée consacrée à la dissuasion nucléaire, il fait part de sa décision de développer un important **programme de simulation**

Adoption par le Parlement de la **LPM 1995 - 2000**

Jacques Bouchard succède à Roger Baléras en tant que Directeur des applications militaires

1995

Décision de construire le **LMJ au CESTA**

1996

Annonce par le **Président Chirac** de l'**arrêt définitif des essais nucléaires français**, après une ultime campagne menée de septembre 1995 à janvier 1996

MODERNISATION DES FORCES ET FIN DE LA GUERRE FROIDE

Lorsqu'il accède au pouvoir en mai 1981, **François Mitterrand** endosse aussitôt la responsabilité des Présidents de la V^{ème} République en matière de nucléaire de défense. Et dans le contexte de la crise des Euromissiles (1979 - 1987), crise majeure de la Guerre froide, il ne ménage pas ses efforts, tant en France qu'à l'étranger, dans son plaidoyer en faveur de la dissuasion nucléaire.

Cela l'amène, notamment lors d'un fameux discours au Bundestag en janvier 1983, à apporter son soutien au Chancelier ouest-allemand en faveur du déploiement des Euromissiles, afin de compenser le déséquilibre

provoqué par le déploiement des missiles SS 20 du côté soviétique.

Parallèlement, les Forces Nucléaires Stratégiques (FNS) françaises sont modernisées de manière significative, avec le passage aux têtes multiples pour les missiles embarqués sur SNLE et avec des progrès importants en matière de discrétion radar et de durcissement des têtes. Ces progrès sont également favorisés par des gains importants réalisés sur la masse et le volume des têtes, permettant en retour d'accroître la portée des armes.

| Intitulé de la tête nucléaire | Nature de l'arme | Dates de mise en service | Vecteur |
|-------------------------------|----------------------|--------------------------|----------------------|
| TN 70 | Arme thermonucléaire | 1985 - 1996 | Missile M 4 sur SNLE |
| TN 71 | Arme thermonucléaire | 1987 - 2004 | Missile M 4 sur SNLE |

À partir de 1985, chaque missile M 4 peut emporter six têtes nucléaires, avec comme conséquence nouvelle l'accroissement considérable de l'arsenal des SNLE (seize missiles dotés chacun de six têtes nucléaires) et donc des FNS. En outre, la définition de la technologie de la tête TN 71 a été arrêtée en 1983, en prenant acte de la réduction de sa masse par rapport à la TN 70 et de l'accroissement significatif de la discrétion radar.

Dans le tableau suivant, on retrouve la taille de l'arsenal des FNS, déclarée publiquement par différents Présidents de la République.

Cette évolution donne une idée du plan de charge du CEA/DAM au cours de ces périodes et de l'évolution de ses capacités industrielles, en particulier dans ses Centres de Valduc et du Ripault.

| Année | Nombre de têtes nucléaires |
|-------|----------------------------|
| 1983 | 98 |
| 1986 | 150 |
| 1987 | 300 |
| 1994 | 500 |
| 2008 | 300 |
| 2015 | 300 |

Par ailleurs, devenues pré-stratégiques à partir de 1984, les armes qui étaient appelées auparavant armes nucléaires tactiques évoluent significativement, notamment avec la mise au point du missile de croisière Air-Sol Moyenne Portée (ASMP), qui permet au pilote d'un avion de tirer à distance de sécurité grâce à la technologie du statoréacteur.

| Intitulé de la tête nucléaire | Nature de l'arme | Dates de mise en service | Vecteur |
|-------------------------------|----------------------|--------------------------|--|
| TN 80 | Arme thermonucléaire | 1986 - 1988 | Missile ASMP sur avion Mirage IV-P |
| TN 81 | Arme thermonucléaire | 1988 - 2009 | Missile ASMP sur avions Mirage IV-P, Mirage 2000-N et Super-étendard |
| TN 75 | Arme thermonucléaire | Depuis 1997 | Missile M 45 sur SNLE-NG |
| TNA | Arme thermonucléaire | Depuis 2009 | Missile ASMP-A sur avions Mirage 2000-N et Rafale |

Avec la fin de la Guerre froide en 1991, pour la France il n'existe plus que des armes stratégiques. C'est l'aboutissement de la mise à jour doctrinale opérée par le Président Mitterrand et l'heure est désormais au désarmement.

On peut affirmer très nettement que la montée en puissance de la posture nucléaire française, donc de son arsenal, tout au long des années 1980, a contribué à faire barrage aux manœuvres déstabilisatrices opérées par l'Union soviétique, et par conséquent à désamorcer la crise nucléaire des Euromissiles.



↑ Mirage 2000 N avec ASMP-A doté de la TNA



↑ Construction AIRIX au Polygone d'Expérimentation de Moronvilliers en novembre 1995



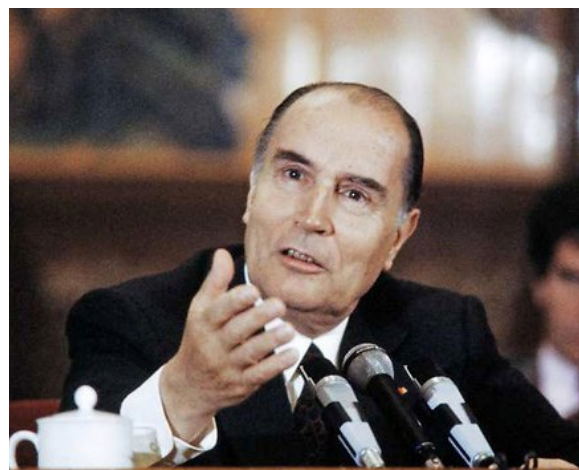
← Reprise des essais nucléaires avec l'essai Thétys le 5 septembre 1995
Mise en place du conteneur, véritable laboratoire de physique renfermant l'engin et les moyens de mesure

LA POLITIQUE FRANÇAISE DE DÉSARMEMENT

Pour le Président **François Mitterrand**, le désarmement n'est rendu possible que si l'adversaire potentiel s'engage aussi à désarmer. À cet égard, la fin de la Guerre froide a marqué une évolution très nette. Dès lors, le chef de l'État peut mettre en œuvre l'idée selon laquelle c'est en tant que puissance nucléaire que la France peut peser de manière efficace dans le domaine du désarmement. D'où la politique menée consistant à créer un fait accompli, afin d'«avoir quelque chose à négocier» (cf. la montée en puissance de l'arsenal français).

Cette montée en puissance doit être mise en perspective avec l'état de l'arsenal nucléaire soviétique juste avant la fin de la Guerre froide, à savoir 25 800 têtes nucléaires, dont 12 500 armes stratégiques. Le nombre de têtes nucléaires dont dispose la France va se réduire de manière significative à partir du milieu des années 1990 avec la mise en vigueur des mesures

de désarmement adoptées de manière unilatérale par la France. Et c'est à partir de cette époque que le concept de «suffisance», qui est l'un des fondements de la doctrine nucléaire française, commence à se développer.

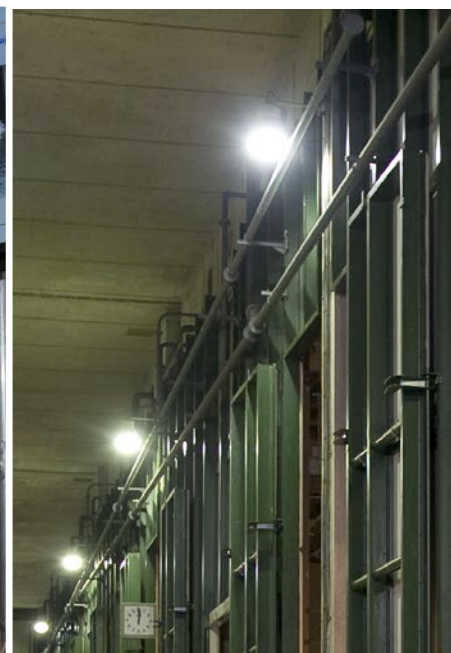


| Année | Mesures françaises de désarmement annoncées et mises en œuvre |
|-------|---|
| 1991 | <ul style="list-style-type: none"> Retrait anticipé des têtes AN 52 sur avion bombardier Réduction du programme Hadès à 30 exemplaires (sur les 120 programmés) Abandon du projet de missile S 45 susceptible de remplacer le missile S 3 |
| 1992 | <ul style="list-style-type: none"> Moratoire sur les essais nucléaires Arrêt du programme Hadès Réduction du niveau d'alerte des forces nucléaires : 2 ou 3 SNLE en permanence à la mer, doublement du temps de réaction des avions des forces nucléaires, diminution de moitié du nombre d'exercices nucléaires (entre 1990 et 1993) Réduction de 5 à 4 du nombre de SNLE-NG programmés Arrêt de production de plutonium destiné aux armes nucléaires |
| 1993 | <ul style="list-style-type: none"> Fin de mission du système d'arme Pluton Arrêt de l'usine UP1 sur le site de Marcoule |
| 1996 | <ul style="list-style-type: none"> Annonce par le Président Jacques Chirac de l'arrêt définitif des essais nucléaires français, de la fermeture définitive du CEP, du démantèlement des installations de production de matières fissiles destinées aux armes nucléaires Arrêt de la production d'uranium hautement enrichi sur le site de Pierrelatte Fin du caractère opérationnel des missiles sol-sol du Plateau d'Albion Signature du TICE Retrait définitif du système Hadès |
| 1998 | <ul style="list-style-type: none"> Ratification du TICE |
| 2008 | <ul style="list-style-type: none"> Annonce par le Président Nicolas Sarkozy de la réduction de 3 à 2 du nombre d'escadrons des FAS |
| 2015 | <ul style="list-style-type: none"> Mesures de transparence annoncées par le Président François Hollande : précisions sur l'arsenal français (3 lots de 16 missiles portés par les SNLE-NG et 54 vecteurs ASMP-A) et organisation de visites pour les médias de sites n'accueillant plus d'armes nucléaires (Plateau d'Albion et base de Luxeuil) |

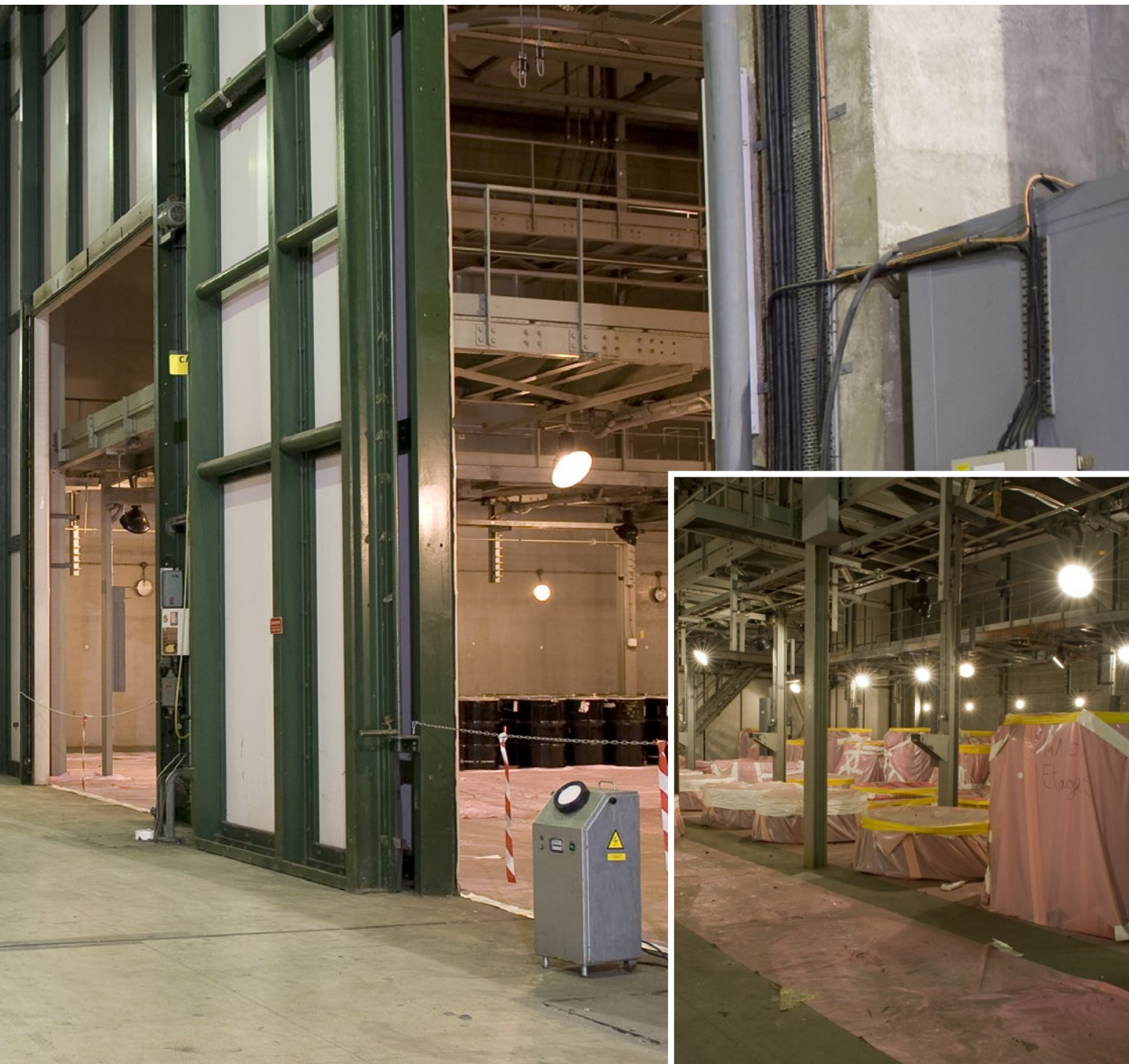
À cette époque, la politique de désarmement telle que menée par la France consiste à lier le désarmement et la lutte contre la prolifération des armes nucléaires. C'est à cette aune que l'on peut mesurer son engagement lorsqu'elle ratifie le Traité de Non-Prolifération (TNP) en 1992.

Pour le Président Mitterrand, le désarmement est complémentaire de la dissuasion, l'objectif de l'un est de réduire les risques de guerre quand l'autre a pour but de l'empêcher. Puis la France signe dès 1996 le Traité d'Interdiction Complète des Essais nucléaires (TICE) et le ratifie deux ans après.

↓ **Visite des Experts Internationaux**
le 16 septembre 2008

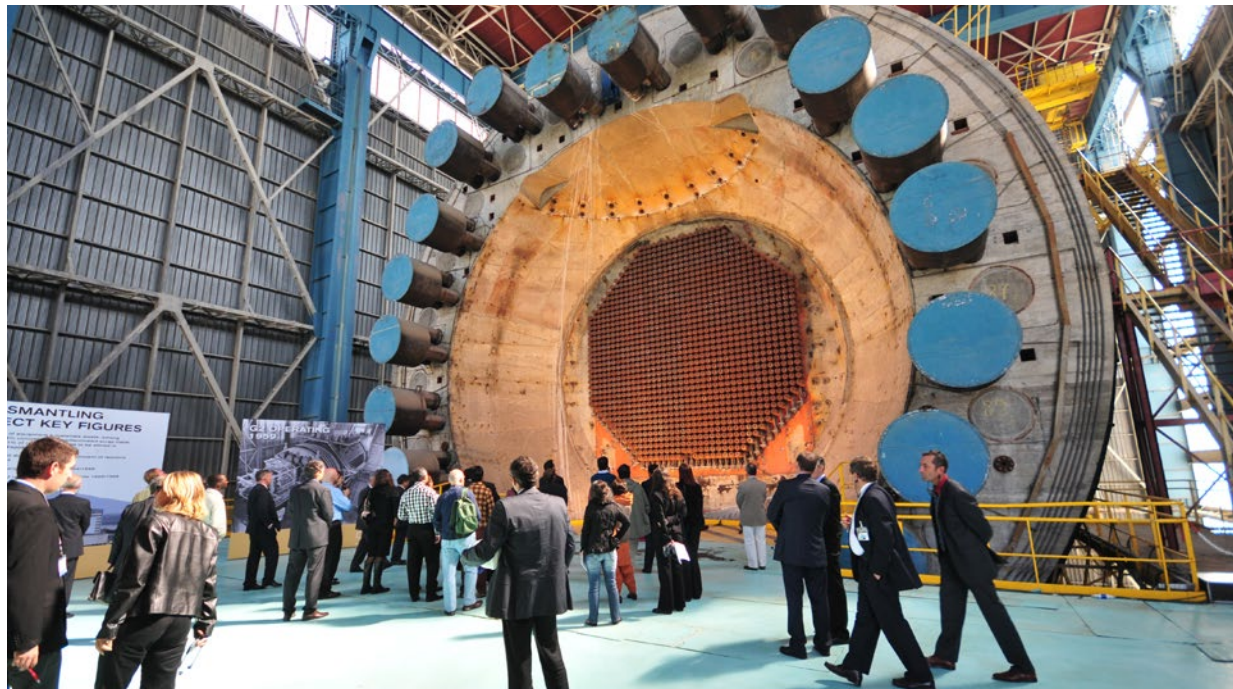


↑ **Démantèlement de Pierrelatte**





↔ Démantèlement de Marcoule





DU MORATOIRE À L'ARRÊT DÉFINITIF DES ESSAIS

Le moratoire sur les essais, décidé en avril 1992, est imposé par l'autorité politique au CEA/DAM et aux Armées, sans réelle concertation, ce qui provoque à l'époque une incompréhension au sein de la communauté nucléaire de défense.

Cette décision correspond à la volonté du Président **François Mitterrand** de faire un geste en direction du désarmement (après l'annonce du moratoire soviétique en octobre 1991), même si cela se heurte aux arguments techniques en faveur de la continuation des essais en vraie grandeur défendus alors par le directeur des applications militaires.

Pour **Roger Baléras**, il est en effet indispensable de pouvoir valider le principe des «charges robustes» c'est-à-dire des engins nucléaires peu sensibles aux variations technologiques et de mener des expériences de physique très instrumentées, avant de pouvoir passer complètement à la simulation du fonctionnement des armes. De plus, les leçons ont été tirées en interne des difficultés auxquelles s'étaient heurtés les États-Unis après le moratoire de 1958 - 1961 (lorsqu'ils avaient cherché à reprendre leurs essais et à homologuer leurs nouvelles têtes nucléaires).

Pour apaiser les tensions, et prendre en compte l'arrivée au pouvoir d'un gouvernement de Cohabitation, le Président de la République nomme en juillet 1993 une commission pilotée par le chef d'état-major des armées, l'amiral **Jacques Lanxade**, qui va conclure à la nécessité de reprendre les expérimentations en Polynésie française.

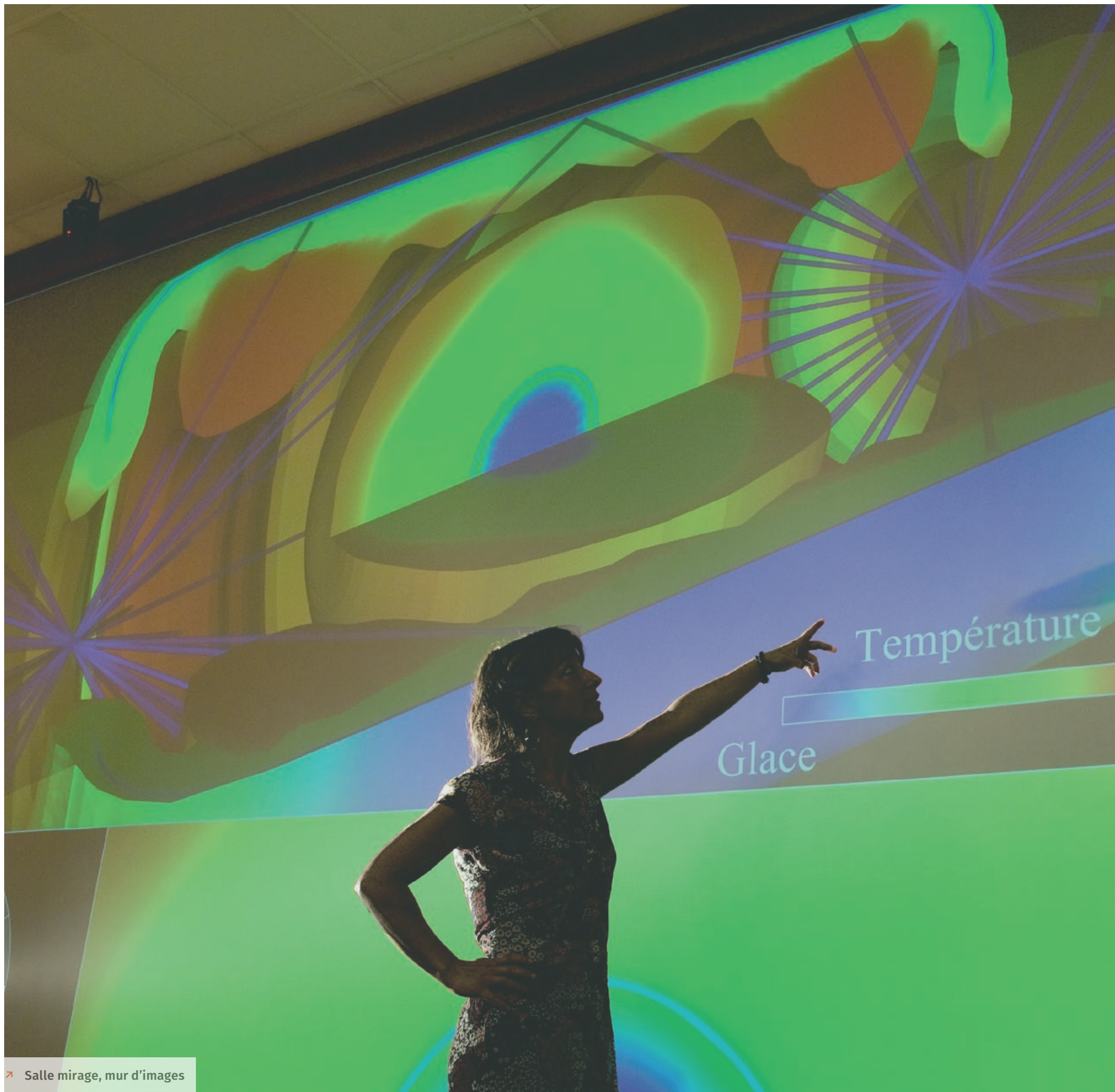
Toutefois, cette recommandation n'est suivie d'effet que deux ans plus tard, sous la présidence de **Jacques Chirac**, qui décide de mener une ultime campagne d'essais nucléaires. Celle-ci a lieu de septembre 1995 à janvier 1996 ; elle comprend six tirs, cinq destinés à valider le passage au programme Simulation et un à homologuer la tête nucléaire TN 75 (dotant les missiles M 45 embarqués sur SNLE). La TN 75, qui a été conçue à partir de 1985, se distingue alors des précédentes armes par son optimisation extrême, en particulier dans le domaine de la discrétion radar et dans son durcissement face aux défenses adverses.

L'engagement politique que le Président **Jacques Chirac** avait pris allait se traduire par la fin définitive des essais nucléaires et le démantèlement du Centre d'Expérimentation du Pacifique (CEP). En démantelant son centre d'essai nucléaire, la France était le premier pays au monde à prendre une telle mesure, et cela de manière unilatérale. Cette décision allait s'articuler avec l'adhésion de la France au Traité d'Interdiction Complète des Essais nucléaires (TICE) en septembre 1996, et son engagement en faveur de la conclusion d'un traité interdisant la production de matières nucléaires à des fins militaires (traité dit «Cut off»). Le Gouvernement français entendait ainsi montrer l'exemple et agir concrètement en matière de désarmement, conformément à l'article six du TNP.

| Présidence | Nombre d'essais nucléaires |
|-------------------|----------------------------|
| De Gaulle | 31 |
| Pompidou | 23 |
| Giscard d'Estaing | 62 |
| Mitterand | 88 |
| Chirac | 6 |
| TOTAL | 210 |



☞ **Dernier essai nucléaire Xouthos**
à Fangataufa, le 27 janvier 1996



Température

Glace



LA SIMULATION,
OUTIL ULTIME DE
GARANTIE DES
ARMES NUCLÉAIRES
FRANÇAISES DEPUIS
1996

Soleil

Depuis le début des années 2000, le programme Simulation est devenu un outil stratégique essentiel pour le développement économique d'un grand nombre d'entreprises françaises, notamment en réduisant leurs coûts de R&D (Recherche et Développement) grâce à la modélisation des futurs produits et donc leur compétitivité sur le marché international.

Par ailleurs, avec le programme Simulation, le CEA/DAM a confirmé sa capacité à gérer de nouveaux grands projets dans un esprit comparable à celui qui présidait à la préparation et au déroulement des campagnes d'essais nucléaires : la capacité à répondre à un véritable défi scientifique, technologique et industriel.

De plus, le ministère de la Défense français a évalué que la garantie des armes nucléaires par la Simulation avait réduit de 60% le budget nécessaire à l'époque des essais.

Enfin, force est de constater qu'avec le programme Simulation, le CEA/DAM a acquis une nouvelle place au sein de l'appareil de défense français.

1996

Décision de lancer le **programme Simulation**

Début de la **restructuration de la DAM**

Fin de l'alerte opérationnelle des missiles sol-sol stratégiques du Plateau d'Albion

Adoption par le Parlement de la **LPM 1997/2002**

1997

Début de la construction de la **Ligne Intégration Laser (LIL)**

Mise en service du 1^{er} SNLE-NG, emportant le missile M 45 doté de la tête nucléaire TN 75

Démantèlement du dernier missile Hadès

Cessation définitive de l'activité de retraitement UP1 de Marcoule

1998

Inauguration par le Président Chirac de l'installation LIL au CESTA

Fin du démantèlement des installations du **CEP** et dissolution de la **DIRCEN**

1999

Transfert des installations expérimentales **Laser du Centre de Limeil au CESTA**

Premier essai de qualification de **l'installation AIRIX** sur le Centre de Moronvilliers

Fin de la phase de restructuration de la DAM, avec notamment la **fermeture du Centre de Limeil**

2000

Alain Delpuech succède à Jacques Bouchard en tant que Directeur des applications militaires

Inauguration de **l'installation AIRIX**

Dans le cadre de la réorganisation du CEA, **la propulsion nucléaire est rattachée à la DAM**

2001

Mise en service de **l'installation AIRIX**

Mise en service au Centre DIF d'un ordinateur doté d'une puissance de calcul de **5 téraflops, baptisé TERA**



Décrets, arrêtés, circulaires

TEXTES GÉNÉRAUX

PREMIER MINISTRE

Décret n° 2009-1657 du 24 décembre 2009 relatif au conseil de défense et de sécurité nationale et au secrétariat général de la défense et de la sécurité nationale

NOR : PRMX0928467D

Art. 1^{er}. – La section unique du chapitre II du titre II du livre I^{er} de la partie 1 de la partie réglementaire du code de la défense est remplacée par les dispositions suivantes :

« Section unique

« Conseil de défense et de sécurité nationale

« Sous-section 3

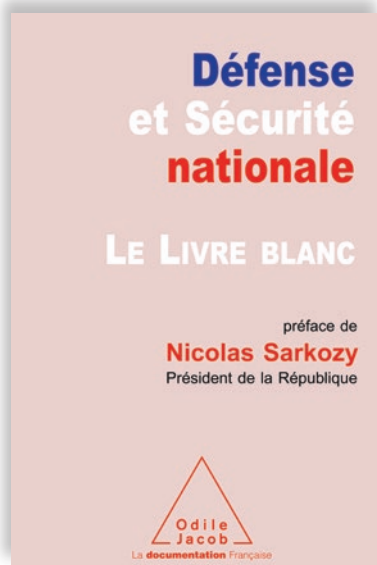
« Conseil des armements nucléaires

« Art. R. 1122-9. – Le conseil des armements nucléaires constitue une formation spécialisée du conseil de défense et de sécurité nationale.

« Le conseil des armements nucléaires définit les orientations stratégiques et s'assure de l'avancement des programmes en matière de dissuasion nucléaire.

« Art. R. 1122-10. – Siègent au conseil des armements nucléaires, sous la présidence du Président de la République, le Premier ministre, le ministre de la défense, le chef d'état-major des armées, le délégué général pour l'armement et le directeur des applications militaires du commissariat à l'énergie atomique. »

Art. 2. – La section 1 du chapitre II du titre III du livre I^{er} de la partie 1 de la partie réglementaire du code de la défense est remplacée par les dispositions suivantes :



Le maintien de la crédibilité technique

Le maintien de la crédibilité de notre dissuasion reposera largement sur les moyens scientifiques et techniques nécessaires à la préservation dans le temps de nos capacités nucléaires. Notre aptitude à assurer sur le long terme, de façon indépendante, la fabrication d'armes fiables et sûres doit être garantie.

En l'absence d'essais nucléaires et d'installation de production de matières fissiles à des fins explosives, le programme de *simulation* est donc un élément clé de la dissuasion. Il n'est pas destiné à la mise au point de nouvelles filières d'armes nucléaires, mais à préserver leur adaptation en fonction des phénomènes de vieillissement des armes, des évolutions des défenses et des mutations scientifiques et techniques.

À partir des résultats de l'ultime campagne d'essais, ce programme a pour objectif d'assurer la garantie de fonctionnement des têtes nucléaires en l'absence d'essais nucléaires. Il s'appuie principalement sur le laser mégajoule (LMJ), les moyens de radiographie des armes et les moyens de calcul intensif numériques. Il permet également le maintien dans la durée de la compétence des experts qui savent concevoir les armes.

↑ Extrait du Livre blanc de 2008, page 171



REVUE STRATÉGIQUE
DE DÉFENSE
ET DE SÉCURITÉ NATIONALE
2017



La dissuasion nucléaire continuera de se fonder sur la posture permanente des deux composantes océanique et aéroportée, indissociables et complémentaires.

Toutes deux concourent à l'ensemble des missions de la dissuasion.

Leurs performances, leur adaptabilité et leurs caractéristiques permettent le maintien d'un outil crédible à long terme, tout en restant à un niveau de stricte suffisance.

En outre, les capacités de simulation dont la France s'est dotée après l'arrêt de ses essais nucléaires assurent la fiabilité et la sûreté des armes nucléaires.

La nécessaire adaptation de nos capacités de dissuasion doit se poursuivre, pour répondre aux transformations du contexte stratégique, à l'évolution des menaces et aux changements dans le domaine de la défense aérienne, de la défense antimissiles ou de la détection sous-marine.

Elle suppose le renouvellement des deux composantes et le soutien à la pérennisation de nos têtes nucléaires.

Exerçant un effet d'entraînement sur l'ensemble de notre appareil de défense et garantissant la liberté d'action de nos forces, les deux composantes sont soutenues par un ensemble de capacités conventionnelles, pour offrir une gamme élargie d'options stratégiques. De nombreux moyens qui concourent à la dissuasion peuvent être utilisés pour les opérations conventionnelles (...)

↑ Extrait de la revue stratégique de 2017, page 72

« (...) En tant que chef de l'Etat, je suis le garant du temps long, parce que ma responsabilité de chef des armées est de prémunir notre Nation des menaces, en fixant l'horizon à plusieurs dizaines d'années.

La dissuasion nucléaire a joué un rôle fondamental dans la préservation de la paix et de la sécurité internationale, notamment en Europe. Je suis intimement persuadé que notre stratégie de dissuasion conserve toutes ses vertus stabilisatrices, et demeure un atout particulièrement précieux dans le monde de compétition des puissances, de désinhibition des comportements et d'érosion des normes qui aujourd'hui se dessine sous nos yeux.

La stratégie nucléaire de la France, dont je rappelais tout à l'heure les bases doctrinales, vise fondamentalement à empêcher la guerre.

Nos forces nucléaires ne sont dirigées contre aucun pays et la France a toujours refusé que l'arme nucléaire puisse être considérée comme une arme de bataille. Je réaffirme ici que la France ne s'engagera jamais dans une bataille nucléaire ou une quelconque riposte graduée.

Par ailleurs, nos forces nucléaires jouent un rôle dissuasif propre, notamment en Europe. Elles renforcent la sécurité de l'Europe par leur existence même et à cet égard ont une dimension authentiquement européenne.

Sur ce point, notre indépendance de décision est pleinement compatible avec une solidarité inébranlable à l'égard de nos partenaires européens. Notre engagement pour leur sécurité et leur défense est l'expression naturelle de notre solidarité toujours plus étroite. Soyons clairs : les intérêts vitaux de la France ont désormais une dimension européenne.

Dans cet esprit, je souhaite que se développe un dialogue stratégique avec nos partenaires européens qui y sont prêts sur le rôle de la dissuasion nucléaire française dans notre sécurité collective.

Les partenaires européens qui souhaitent s'engager sur cette voie pourront être associés aux exercices des forces françaises de dissuasion. Ce dialogue stratégique et ces échanges participeront naturellement au développement d'une véritable culture stratégique entre Européens (...) »

Discours du Président Macron sur la stratégie de défense et de dissuasion, devant l'Ecole de guerre, le 7 février 2020

2010

Signature d'une **convention entre le CEA et la DGA concernant le rattachement du Centre d'Études de Gramat (CEG) au CEA/DAM**

Mise en service du missile ASMP-A doté de la TNA, emporté sur avion Rafale

Visite du Président Sarkozy au CESTA

Mise en service au Centre DIF de la machine **Bull TERA 100**, dotée d'une puissance de calcul de 1 pétaflops

Inauguration du **TGCC (Très Grand Centre de Calcul)**

Signature par la France et le Royaume-Uni de deux traités à **Lancaster House** : un traité global de coopération en matière de défense et sécurité et **un traité sur la coopération nucléaire (traité TEUTATES)**

2011

Fin de livraison par la DAM de la TNA, avant que la dernière tête TN 81 ne soit retirée du service opérationnel et démontée

Décision d'implanter au sein de l'installation LMJ le **Laser pétawatt PETAL**

Homologation par la DAM du **1^{er} standard du Code de calcul Ouranos**, qui concerne les systèmes d'armements conventionnels

2012

Premier tir d'évaluation par les Forces Aériennes Stratégiques (FAS) du système ASMP-A portant un simulateur de la TNA

Mise en service sur le centre DAM-Ile-de-France (BIII) du **Centre National d'Alerte aux Tsunamis (CENALT)**

Homologation par la DAM de l'**extension de durée de vie opérationnelle de la TN 75**

Transfert de la machine AIRIX sur le Centre de Valduc

2013

Confirmation de la priorité donnée au programme Simulation dans **le Livre blanc sur la défense et la sécurité nationale**

Visite du Président François Hollande au Centre de Bruyères-le-Châtel

Décision de lancement de la **phase de production de la Tête Nucléaire Océanique (TNO)**

Adoption par le Parlement de la **LPM 2014 - 2019**

2014

Inauguration du LMJ par le Premier ministre, Manuel Valls

Mise en œuvre d'EPURE sur le Centre de Valduc

2015

François Geleznikoff succède à **Daniel Verwaerde** (devenu Administrateur Général du CEA), en tant que Directeur des applications militaires

Visite du Président Hollande au centre CEA/DAM du Ripault

Homologation de la TNO

2016

Mise en service du supercalculateur TERA 1000

Mise en service de la TNO sur missile M 51 embarqué sur SNLE

2017

Revue stratégique sur la défense et la sécurité nationale

À l'initiative de la DAM, **tenue du colloque *Résistance et Dissuasion* et de l'exposition éponyme** (par la suite itinérante) à la Bibliothèque nationale de France

2018

Adoption par le Parlement de la **LPM 2019-2025**

Mise en œuvre opérationnelle de TELSITE 2, système de surveillance géomécanique des anciens sites d'expérimentation du Pacifique

Homologation d'une nouvelle extension de la durée de vie de la TN 75

Divergence du réacteur d'essai (RES) sur le site CEA de Cadarache

Discours de la ministre des Armées Florence Parly dans le cadre des 60 ans de la DAM

2019

Contribution de la DAM à la localisation de l'épave du sous-marin Minerve, disparu en Méditerranée en 1968

Inauguration par le Président Macron du chargement du cœur de la chaufferie nucléaire du 1^{er} SNA Barracuda « Suffren », suivi de la divergence de la chaufferie

Réussite de la 1^{ère} expérience de fusion au LMJ

Mise en service en Guadeloupe de la 24^{ème} et dernière station géophysique française contribuant au TICE

À l'initiative de la DAM, **tenue du colloque *Imaginaires nucléaires*** à la Bibliothèque nationale de France

2020

Vincenzo Salvetti succède à François Geleznikoff, en tant que Directeur des applications militaires

Discours du Président Macron à l'Ecole militaire sur la stratégie de défense et de dissuasion

Visite sur les sites CEA de Pierrelatte et Marcoule d'une **délégation d'ambassadeurs auprès de la Conférence du désarmement à Genève**

Début des essais à la mer du **SNA Suffren**

Finalisation de la **contribution française au système de surveillance international du TICE**

Annnonce par le Président Macron du choix de la propulsion nucléaire pour le futur porte-avions

2021

Lancement par la ministre des Armées, Florence Parly, de la phase de réalisation du SNLE 3G

Homologation d'une **nouvelle extension de la durée de vie de la TN 75**

Le réacteur d'essais (RES) atteint sa pleine puissance avec son premier cœur

Lancement d'un missile M51 depuis le bassin du Centre d'essais des Landes

Première campagne expérimentale sur le LMJ

Table-ronde de haut niveau consacrée à la Polynésie française, à laquelle participe le Directeur des applications militaires

Célébration des **60 ans du Comité mixte Armées-CEA**

2022

Inauguration sur le centre CEA/DAM du Ripault de la **plateforme technique « évaluation de la menace »**

Homologation des standards de la simulation étendue

Inauguration par le ministre des Armées, Sébastien Lecornu, du supercalculateur EXA1-HF sur le centre CEA DAM Ile-de-France

À l'initiative de la DAM, tenue du **colloque Démocratie(s) et Dissuasion** à la Bibliothèque nationale de France

Publication de la nouvelle Revue nationale stratégique

Présentation en Polynésie française par le Directeur des applications militaires de l'ouvrage du CEA/DAM intitulé : **Les essais nucléaires en Polynésie française – Pourquoi, comment, et avec quelles conséquences ?**

Homologation par le CEA/DAM de l'emport de la TNA sur missile ASMPA rénové

2023

Tir d'essai par le SNLE Le Terrible, au large des côtes de la Bretagne, d'un missile M51

Visite sur le site de Marcoule **d'une délégation d'ambassadeurs auprès de la Conférence du désarmement de l'ONU à Genève**

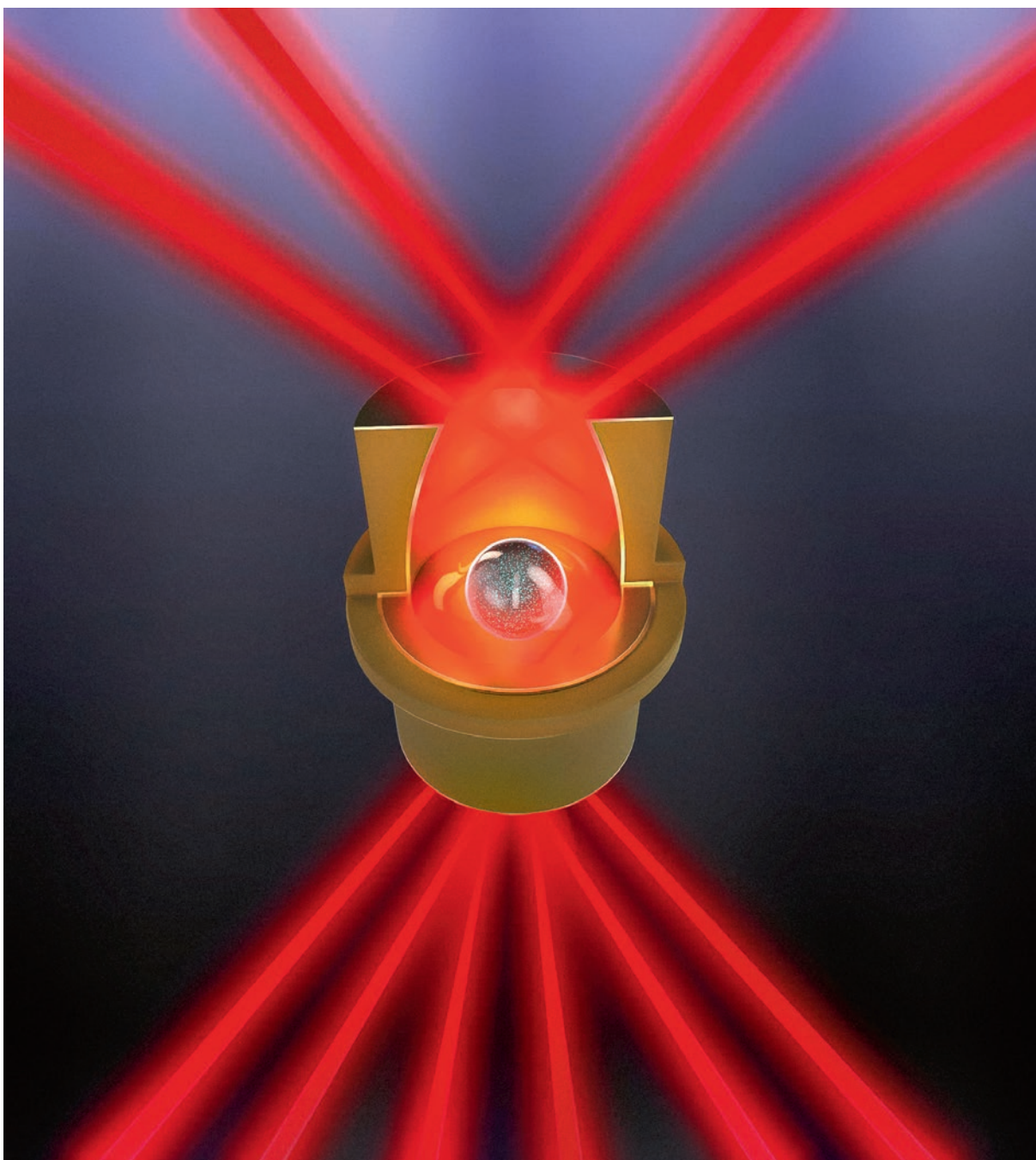
Adoption par le Parlement de la LPM 2024-2030

Lancement par le Comité mixte Armées-CEA de la **phase 3 du programme Simulation pour la période 2024-2035**

Tir de qualification d'un missile balistique stratégique M 51.3 depuis le Centre d'essais des Landes

2024

Jérôme Demoment succède à Vincenzo Salvetti, en tant que Directeur des applications militaires



↑ Première expérience de fusion nucléaire au Laser Mégajoule en octobre 2019

LE DÉVELOPPEMENT DU PROGRAMME SIMULATION

La simulation a toujours été utilisée pour la mise au point des armes nucléaires. Avant de procéder à un essai nucléaire, beaucoup de calculs étaient réalisés, ne serait-ce que pour définir les mesures et calibrer les diagnostics.

Signe de la montée en puissance des travaux sur la simulation, c'est en 1989 que furent entreprises les premières réflexions en interne DAM sur les moyens de substituer aux essais nucléaires en vraie grandeur, des expériences en laboratoire. Deux ans plus tard, avec l'accord du ministère de la Défense, le programme de préparation à une limitation des essais nucléaires (PALEN) fut lancé.

Avec PALEN, les lignes directrices du programme Simulation étaient mises en œuvre, selon trois axes :

- **LA PHYSIQUE DES ARMES :** il s'agit de modéliser les phénomènes physiques qui interviennent lors du fonctionnement d'une arme nucléaire ;

- **LA SIMULATION NUMÉRIQUE :** il s'agit de développer des schémas numériques et des codes de calculs pour mettre en œuvre les modèles de physique sur des supercalculateurs ;

- **LA VALIDATION EXPÉRIMENTALE :** il s'agit de réaliser des expériences spécifiques en laboratoire afin de valider les simulations. À la différence des essais nucléaires qui autorisaient une validation globale, on a affaire ici à une « validation par parties » de ces modèles physiques et des codes de calculs correspondants.

Puis, c'est en 1996 qu'une nouvelle étape fut franchie avec le lancement du programme Simulation. Son objectif est de permettre à la France de garantir la pérennité de sa dissuasion quant au fonctionnement et à la sûreté des têtes sans recourir aux essais nucléaires en vraie grandeur, conformément au TICE (Traité d'interdiction complète des essais nucléaires). Dans ces conditions, il est nécessaire de fournir aux équipes de concepteurs d'armes les outils de simulation leur permettant de maîtriser tous les domaines de fonctionnement d'un engin nucléaire, sachant qu'une arme nucléaire doit être renouvelée à l'issue d'une durée de vie de l'ordre de vingt ans et pouvoir s'adapter à l'évolution des défenses adverses.

Depuis le début des années 2000, la stratégie du programme Simulation est étroitement liée à celle de la DAM, comme l'illustre d'ailleurs le fait que tous les Directeurs des applications militaires y ont assuré des responsabilités opérationnelles dans leur carrière.

Dès l'origine du programme, l'échéancier du renouvellement des têtes nucléaires pour les composantes aéroportée et océanique est donc lié au développement des capacités de la simulation, et inversement. La TNA (tête nucléaire aéroportée) fut en 2009 la première arme nucléaire au monde à être garantie par la simulation. C'est depuis le cas de toutes les têtes nucléaires françaises.

C'est ainsi que furent développés depuis l'année 2000 les grands moyens du programme Simulation. D'ailleurs, cette année charnière fut marquée par la mise en œuvre d'un premier jalon important, avec l'inauguration de l'installation de radiographie éclair AIRIX, dont le premier essai de qualification remontait à l'année précédente. Elle fut rapidement suivie par la mise en service du premier supercalculateur TERA en 2001 et par l'inauguration de la Ligne d'Intégration Laser (LIL) en 2002.

Toutes les briques de l'édifice de la Simulation se mirent alors en place, autour des expérimentations et d'une capacité de calcul :

- La caractérisation du fonctionnement de la phase initiale, non-nucléaire : AIRIX transféré dans EPURE sur le centre de Valduc
- La modélisation de la physique de l'arme nucléaire, avec les lasers de puissance: LIL puis Laser Mégajoule (LMJ) sur le centre du CESTA
- Le calcul haute performance avec les supercalculateurs : TERA puis EXA sur le centre CEA/DAM Ile-de-France (DIF)

La phase initiale

L'installation AIRIX, implantée initialement sur le centre CEA/DAM de Moronvilliers, fut donc le premier outil expérimental du programme Simulation à avoir été mis

en service. Elle fournit grâce à la radiographie X une image instantanée d'un métal lourd en implosion, ce qui permet d'observer et de caractériser la phase non-nucléaire du fonctionnement d'une arme nucléaire.

Cela permet par conséquent de valider les modèles relatifs au début du fonctionnement de l'arme. La vocation de cette installation est de mesurer, avec la plus grande précision, l'état et le comportement des matériaux constituant les armes nucléaires, et ce dans des conditions de température et de pression extrêmes rencontrées durant la phase hydrodynamique, sans dégagement d'énergie nucléaire.

Dans le cadre du traité TEUTATES (novembre 2010), la France et le Royaume-Uni développent des outils communs pour garantir la sûreté et la fiabilité de leurs armes nucléaires respectives. Il comprend la construction et l'exploitation conjointe d'une installation radiographique/hydrodynamique à Valduc en Bourgogne (EPURE), mise en service en 2014 après transfert de la machine de radiographie d'AIRIX. L'installation EPURE fut complétée par deux axes de radiographie (un français et un britannique) pour en faire la première installation multi-axes au monde.

En ce qui concerne le Laser Mégajoule (LMJ), son avant-projet sommaire remonte à l'année 1993, après qu'a été démontré par les équipes de la DAM tout l'intérêt d'un laser de forte puissance comme moyen de simulation physique des étages thermonucléaires. L'expérience acquise au cours des années 1980 avec le laser Phébus avait en effet permis d'avancer significativement dans la compréhension de ce que l'on appelle la Fusion par Confinement Inertiel (FCI), qui consiste à recréer en laboratoire les conditions d'une réaction thermonucléaire.

Le fonctionnement nucléaire

Le LMJ fut précédé par un prototype : la Ligne Intégration Laser (LIL), mise en service au CESTA en 2002 et, un an plus tard, un jalon important du programme Simulation fut franchi avec l'obtention, sur un faisceau de l'installation LIL, des caractéristiques énergétiques nominales du LMJ. À la même époque, les travaux de construction du LMJ débutèrent sur un site dédié du CESTA.

La LIL, qui fut un instrument de physique exceptionnel permettant de mener de nombreuses expériences de physique des armes, a été arrêtée en 2014, année de mise en service du LMJ. Ainsi, douze ans après avoir débuté les travaux, cet outil a permis au CEA/DAM de tester à l'échelle 1 toutes les conceptions et technologies retenues pour le LMJ.

Après 2014, la montée en puissance progressive se poursuivit avec l'installation régulière de chaînes laser supplémentaires qui permettra d'atteindre une configuration complète à 22 chaînes (176 faisceaux laser), tout en réalisant les expériences nécessaires au développement de la physique du fonctionnement nucléaire des armes. La réussite en 2019 de la première expérience de fusion au LMJ marqua le franchissement d'un jalon majeur du programme Simulation pour la garantie des armes nucléaires.

Le calcul haute performance

Dans le domaine du calcul haute performance, les travaux évoluèrent très nettement à partir des années 1990, avec en particulier les progrès effectués dans le domaine des ordinateurs massivement parallèles. Ainsi, c'est en 2001 que fut mise en service sur le centre CEA/DAM Ile-de-France (DIF), la machine baptisée TERA, dotée d'une puissance de calcul de 5 téraflops. TERA était alors l'ordinateur le plus puissant d'Europe. Cette évolution allait permettre la mise en service sur cette machine de la première version du simulateur numérique des armes (appelé standard de simulation), c'est-à-dire la chaîne logicielle décrivant au plus près de la réalité toutes les phases du fonctionnement d'un engin nucléaire.

Quatre ans plus tard, en 2005, la DAM réceptionna le supercalculateur TERA 10, une machine conçue par la société française Bull, en coopération étroite avec le CEA, dotée d'une puissance crête de 60 téraflops. À partir de 2010, les puissances de calcul passèrent dans un nouveau registre avec le pétaflops, soit une puissance d'un million de milliards d'opérations par seconde, avec la mise en service à la DIF du supercalculateur TERA 100. Là encore, c'est la première fois qu'on atteignait une telle puissance de calcul en Europe.

En 2016, la mise en service du supercalculateur TERA 1000 permit d'atteindre une puissance de 25 pétaflops, record européen encore à la clé. Il fut remplacé

entre 2021 et 2024 par les différentes partitions d'EXA1 dépassant la centaine de pétaflops et mettant en œuvre des architectures préfigurant les machines exaflopiques, soit une puissance équivalente à un milliard de milliards d'opérations par seconde, ou presque un million de fois la puissance de calcul atteinte au début du programme Simulation. La collaboration étroite initiée avec Bull (devenue EVIDEN au sein d'Atos) aura donc permis d'atteindre, avec une solution nationale, les meilleures performances tout en maîtrisant la consommation énergétique.

La réussite du programme Simulation dans le domaine de la garantie de l'énergie poussa la DAM à élargir, dès 2010, la démarche simulation à d'autres performances des têtes nucléaires qui utilisaient déjà largement le calcul numérique. C'est ainsi que furent développés des standards de simulation pour la garantie de la furtivité, la garantie de la rentrée atmosphérique et de la précision, ainsi que la garantie d'intégrité pour l'ensemble des environnements, y compris ceux liés à une agression nucléaire.

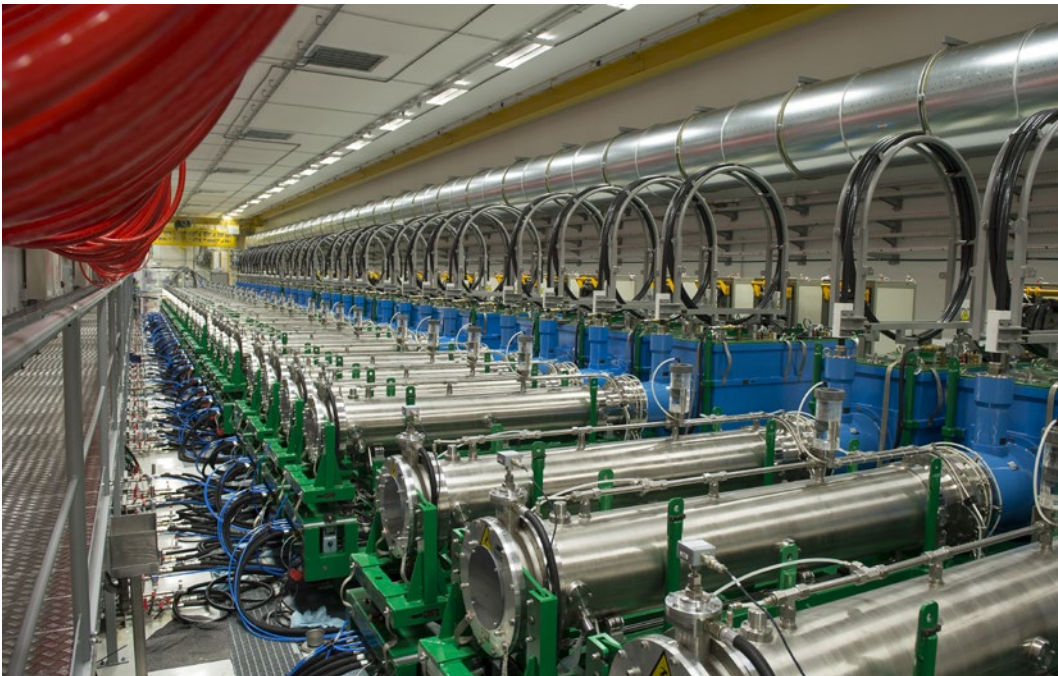
La maturité atteinte par la simulation numérique dans ces domaines permet, depuis 2024, de les inclure dans le programme Simulation. Il s'agit d'être plus performant encore pour concevoir la nécessaire optimisation des armes futures face à l'évolution des performances des défenses, et pour continuer à en garantir le fonctionnement.

Cela fait trois décennies que la France s'est mise en mesure de ne plus avoir besoin d'essais nucléaires pour garantir le fonctionnement de ses armes nucléaires, et les optimiser pour respecter le principe de « stricte suffisance ». Par ailleurs, la France s'est conformée strictement au respect de ses engagements internationaux, en particulier depuis la signature du TICE en 1996.

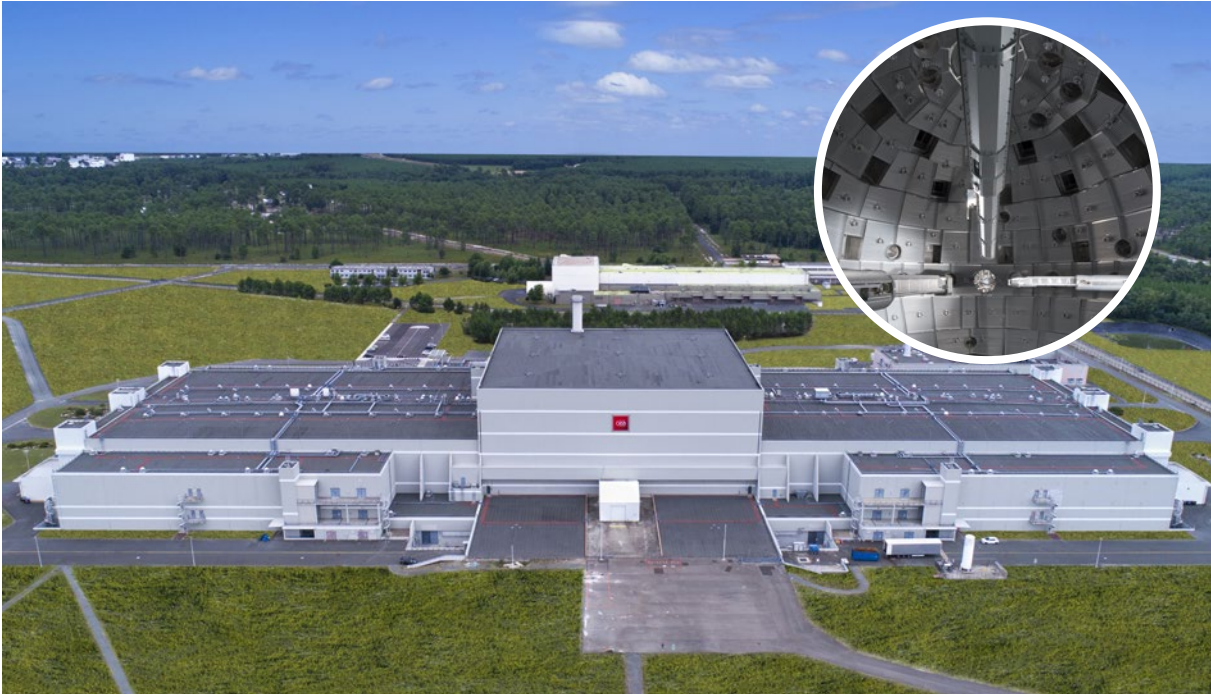


↑ Bâtiment Epure

EPURE – VALDUC



← Machine AIRIX
Cellules
d'accélération



LASER MÉGAJOULE – CESTA

↑ Bâtiment
et chambre
d'expériences



← Chaines laser



↑ Supercalculateur TERA 1000-2, mis en service en 2017 sur le centre CEA/DAM Ile-de-France (DIF)



↑ Machine EXA1-HF, mise en service en 2021 sur le centre CEA/DAM Ile-de-France (DIF)





↑ Machine EXA1-HE, mise en service en 2024 sur le centre CEA/DAM Ile-de-France (DIF)

LA POLITIQUE D'OUVERTURE DU CEA/DAM

Le ministère de la Défense a adopté, en 2001, une démarche visant à ouvrir sur l'extérieur (centres de recherche civils, industriels...) le programme Simulation, mettant ainsi à la disposition de la communauté scientifique des moyens de calcul (TERA puis EXA), ainsi que les moyens expérimentaux dans le domaine des lasers de puissance (la LIL puis le LMJ). Cette ouverture s'adresse à la communauté scientifique, aussi bien nationale qu'internationale.

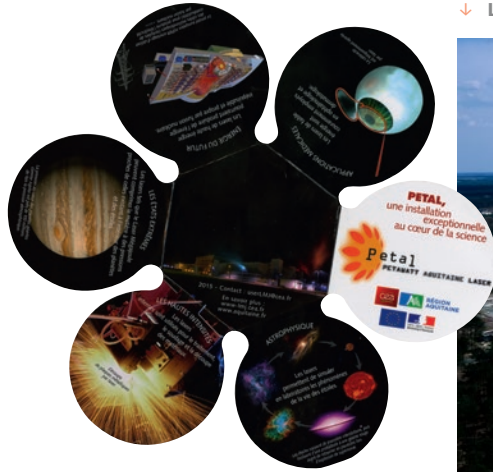
En ce qui concerne les lasers de puissance, leur mise à disposition de la communauté scientifique a démarré très tôt en France, en 2005, trois ans après la mise en service de l'installation LIL. À la même époque, une autre initiative a été prise conjointement par la région Aquitaine, le ministère de la Recherche et l'Union européenne, avec le projet PETAL « PETawatt Aquitaine Laser » dans le but de réaliser un laser de haute énergie et de haute puissance, générant des impulsions de l'ordre du kilojoule. Couplée au LMJ, l'installation PETAL a franchi en mai 2015 le seuil du pétawatt (avec 1,2 PW en 0,7 picoseconde), devenant ainsi le laser de grande énergie le plus puissant au monde. Il est depuis régulièrement amélioré pour accroître ses performances au service de la recherche.

Depuis décembre 2017, des campagnes d'ouverture internationale LMJ-PETAL sont réalisées chaque

année dans le cadre d'appels à projet coordonnés par l'Association Laser Plasma. Des expériences de physique fondamentale sont ainsi conduites avec des conditions de réalisation et une précision en termes de synchronisation des impulsions LMJ et PETAL sur cible, considérées au meilleur niveau mondial par la communauté académique.

Dans le domaine du calcul haute performance, parallèlement au centre de calcul exclusivement dédié aux applications militaires (les machines TERA puis EXA), l'expertise de la DAM a également été mise très tôt au service de la recherche académique et de l'industrie. Cette politique d'ouverture commence à se concrétiser à partir de 2002, avec la mise à disposition de la machine TERA au profit des calculs de génomique menés par l'Université d'Evry ; l'idée est alors de créer un « pôle d'excellence » dédié au calcul haute performance.

C'est dans ce cadre que le Conseil général de l'Essonne, les collectivités locales et le centre CEA/DAM Ile-de-France se sont mis d'accord autour du projet Teratec, qui vise, depuis 2004, à associer dans le domaine du calcul haute performance (et donc de la simulation numérique) les acteurs de la recherche, de l'enseignement supérieur et de l'industrie. Les domaines d'application sont, depuis l'origine, très larges : la sûreté



↓ Ligne Intégration Laser (LIL) - CESTA



des réacteurs nucléaires, le comportement des matériaux, l'électronique, l'aéronautique, l'évolution du climat, la santé...

L'objectif est bien de créer un écosystème, une mise en réseau, dans le domaine des technologies pour le calcul intensif, que ce soit en France et au niveau européen. Véritable technopole dans un périmètre dédié à Bruyères-le-Châtel, Teratec rassemble aujourd'hui le Très Grand Centre de Calcul (TGCC) du CEA, inauguré en 2010, et un campus universitaire, où sont accueillis des étudiants en Master spécialisé, notamment en modélisation et simulation à haute performance. Le TGCC héberge le Centre de Calcul Recherche et Technologie (CCRT), ouvert depuis 2003 à la communauté civile de la recherche et de l'industrie française, et des supercalculateurs ouverts à la recherche académique française et européenne. Ces moyens sont régulièrement renouvelés et participent à la préparation de l'avenir, avec par exemple l'installation de la première machine exaflopique française, ainsi que les premiers émulateurs et ordinateurs quantiques.



↑ Laser PETAL au LMJ

Par ailleurs, la DAM partage très largement son activité avec l'industrie française et sa politique industrielle est originale à plus d'un titre :

- d'abord parce que la DAM conserve la maîtrise d'œuvre d'ensemble de la grande majorité des systèmes dont elle a la responsabilité. Elle s'appuie ainsi tant sur les grands groupes industriels de la Défense que sur les PME, souvent innovantes, en allotissant ses opérations et contractualisant ainsi au juste coût ;
- ensuite, parce que l'attribution de son budget est sous-tendue par une répartition des travaux: la DAM conduit la recherche dans ses laboratoires grâce à son personnel de haut niveau scientifique et technologique. Une fois la définition d'un produit acquise, la DAM peut transférer la définition et les procédés vers les industriels qui en réalisent le développement puis la production.

La DAM a également pour objectif que ses centres participent à la vie économique locale par leur implication dans les pôles de compétitivité. Hors de son champ d'utilisation, elle valorise ses recherches par le transfert de technologies vers l'industrie et le dépôt de nombreux brevets.



↑ Centre d'Alerte aux Tsunamis - DIF



↑ Teratec - DIF



↑ **Calculateur Joliot-Curie au TGCC**

← **TGCC - DIF**



↑ **Calculateur Topaze au TGCC**

LA DAM, ACTEUR INCONTOURNABLE DE L'APPAREIL DE DÉFENSE FRANÇAIS

Avec la fin des expérimentations nucléaires en vraie grandeur et le passage à la simulation, le CEA/DAM a connu une évolution de ses méthodes de travail et de son organisation ; cela s'est traduit également par un nouveau positionnement de l'organisme public au sein de l'appareil de défense. Un double-mouvement s'est en effet opéré : le retrait des armées de leur rôle-clé dans la gestion logistique des essais et un nouveau dimensionnement conféré au directeur des applications militaires dans l'appareil de défense.

C'est en effet désormais sur lui que repose totalement la crédibilité technique de la simulation des armes nucléaires. Lui seul est en mesure, et a donc la responsabilité, de garantir au Président de la République le fonctionnement et la sûreté des armes nucléaires. En effet, à la différence notable de la mise en œuvre régulière des vecteurs (avions et SNLE) et des tests de missiles, les essais nucléaires en vraie grandeur, qui « sanctionnaient » auparavant la réussite du test des armes nucléaires, n'existent plus.

À partir de 2002, le Directeur des applications militaires est invité à siéger au Conseil des armements nucléaires, évolution capitale car, auparavant, il ne rencontrait que de façon épisodique le chef de l'État. Cette évolution sera institutionnalisée en 2009 par un décret.

De façon symptomatique, il revient au Directeur des applications militaires, **Daniel Verwaerde**, de préparer avec son homologue britannique la rédaction du Traité intergouvernemental de Lancaster House relatif au partage d'installations radiographiques et hydrodynamiques communes, signé en 2010 (programme Teutatès-Epure). La DAM est ainsi devenue un acteur majeur dans la définition et l'application de la diplomatie nucléaire de la France.

Ce rôle-clé, au plus près de la décision politique, est directement lié au nouveau statut acquis par le DAM dans l'appareil de défense français, consécutif à la fin des essais nucléaires et à la montée en puissance du programme Simulation.

- Visite du Président de la République Jacques Chirac à la DAM en 2006
De gauche à droite : Michèle Alliot-Marie (Ministre de la défense), Président Jacques Chirac et Alain Delpuech (DAM)



- Commémoration des 60 ans de la DAM en 2018
De gauche à droite : François Geleznikoff (DAM) et Florence Parly (Ministre des armées)



La DAM et la propulsion nucléaire

Jusqu'en 1992, la maîtrise d'ouvrage de la chaufferie, du cœur et du combustible nucléaire installés sur les bâtiments à propulsion nucléaire de la marine nationale relevait de la Direction pour les questions de défense du CEA civil (direction en charge également de la gestion des matières nucléaires de défense, jusqu'à la même époque). À partir de cette date, la dissolution de cette direction s'accompagna du rattachement du directeur délégué à la propulsion nucléaire directement auprès de l'Administrateur général du CEA. Puis, en 2000, la Direction des applications militaires du CEA récupéra l'activité « propulsion », la Direction de la propulsion nucléaire passant sous l'autorité directe du directeur des applications militaires. Depuis lors, le CEA/DAM est en charge de la maîtrise d'ouvrage de la conception des chaufferies nucléaires et de la fourniture des cœurs des bâtiments à propulsion nucléaire de la Marine nationale. De son côté, la Direction générale de l'armement (DGA) a gardé la maîtrise d'ouvrage d'ensemble et la maîtrise d'ouvrage sur le reste de la fabrication des sous-marins et du porte-avions.

La Direction des applications militaires intervient désormais à grande échelle au profit de la Marine nationale. En effet, les onze bâtiments concernés (4 SNLE, 6 SNA et 1 porte-avions) – soit, au total, 12 chaufferies

équipées de cœurs nucléaires en exploitation – représentent aujourd'hui environ la moitié du tonnage des navires de combat dont dispose la France. Les défis à relever pour les ingénieurs, les chercheurs et les techniciens du CEA/DAM - en liaison avec la DGA, la Marine nationale et les industriels concernés - résident ainsi dans l'accomplissement de tâches multiples et complémentaires : la conception, la réalisation, l'intégration et le maintien en condition opérationnelle d'un réacteur nucléaire sur des bâtiments de la Marine nationale (sous-marins et porte-avions), avec toutes les contraintes que cela suppose en termes technologiques et de sûreté. Dans les cas des SNLE et du porte-avions, la responsabilité du CEA/DAM sur les réacteurs s'ajoute par conséquent à celle relative à la sûreté et au fonctionnement des armes nucléaires embarquées.



↑ Sous-marin Nucléaire Lanceur d'Engins

La DAM et la lutte contre la prolifération nucléaire

Au milieu des années 1990, le CEA/DAM fut confirmé dans ses compétences en matière de contrôle des traités et de lutte contre la prolifération nucléaire. Dans ce domaine, l'action gouvernementale s'est portée dans plusieurs directions :

- Renforcer les moyens nationaux d'évaluation des pays à risque ;
- Mener un effort particulier pour la vérification des traités signés, d'où un appui important à l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA) et à son programme de Garanties ;
- Poursuivre les travaux contre toutes les formes de prolifération et de terrorisme nucléaire ou radiologique.

Ainsi, depuis la fin de la guerre froide, le CEA/DAM est étroitement associé à la lutte contre la prolifération et les menaces NRBC-E (nucléaires, radiologiques, biologiques, chimiques et explosifs), l'établissement public mettant son expertise technique et sa connaissance des procédés de fabrication, des technologies de détection, de neutralisation, à la disposition des autres services de l'État. Cela permet de mutualiser les outils, à la fois pour prévenir la prolifération des armes de destruction massive et se prémunir contre le terrorisme. Signe de l'importance de cette mission, elle a été inscrite à l'œuvre commune (entre le ministère de la Défense et le CEA) à partir de 1996. En outre, à la demande du Secrétariat général pour la défense et la sécurité nationale (SGDSN), le CEA/DAM est chargé depuis 2005 de piloter le programme interministériel de R&D de lutte contre les menaces NRBC-E.



← Salle blanche du centre
CEA/DAM Ile-de-France

↓ Avion Rafale porteur de l'ASMP-A doté de la TNA





← Exercice de confinement d'explosif par cône et mousse acqueuse sur le Centre de Gramat en 2013



← Exercice de lutte anti-terroriste à la station métro Saint Fargeau en 2008

LES DIRECTEURS DES APPLICATIONS MILITAIRES DU CEA



Albert BUCHALET

Mars 1955 - septembre 1958 (BEG)
Septembre 1958 - avril 1960 (DAM)



Jean VIARD

Mai 1970 - mars 1972



Jacques CHEVALLIER

Septembre 1972 - juin 1985

René COTY
(1953-1959)



Charles de GAULLE
(1959-1969)



Georges POMPIDOU
(1969-1974)



Valéry GISCARD D'ESTAING
(1974-1981)



François MITTERRAND
(1981-1995)



Alain POHER
(intérim en 1969)



Alain POHER
(intérim en 1974)

Reggane

(1960 - 1961)

4 essais aériens

In Ecker

(1961 - 1966)

13 essais souterrains

Mururoa et Fangataufa

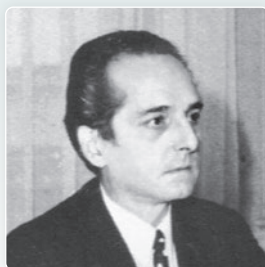
(1966 - 1974)

46 essais aériens

Mururoa et Fangataufa

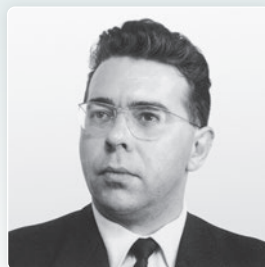
(1975 - 1996)

147 essais souterrains



Jacques ROBERT

Mai 1960 - avril 1970



Robert CAMELIN

Mars 1972 - août 1972



Alain VIDART

Juillet 1985 - avril 1988



Roger BALERAS

Avril 1988 - juillet 1994



Alain DELPUECH

Septembre 2000 - avril 2007



François GELEZNIKOFF

Février 2015 - décembre 2019



Jérôme DEMOMENT

Depuis avril 2024

Jacques CHIRAC
(1995-2007)



Nicolas SARKOZY
(2007-2012)



François HOLLANDE
(2012-2017)



Emmanuel MACRON
(Depuis 2017)



Programme Simulation

(Depuis 1996)



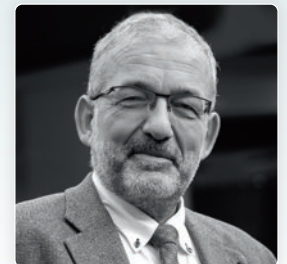
Jacques BOUCHARD

Août 1994 - août 2000



Daniel VERWAERDE

Avril 2007 - janvier 2015



Vincenzo SALVETTI

Janvier 2020 - mars 2024

CONCEPTION ET RÉALISATION DE L'OUVRAGE

HISTORIEN : Dominique MONGIN

RECHERCHE ICONOGRAPHIQUE ET CONSEIL TECHNIQUE : CADAM et William DELAHAYE

RÉALISATION GRAPHIQUE ET IMPRESSION : JPM Partner

CRÉDITS PHOTOGRAPHIQUES

ARCHIVES NATIONALES : Pages 7 et 15

CEA/CADAM : Pages 5 - 22 - 32 - 33 - 34 - 35 - 41 - 42 - 43 - 45 (bas) - 46 - 56 - 57 - 64 - 65 - 67 (gauche et bas) - 68 - 69 - 79 (haut et bas gauche) - 80 - 81 (droite) - 86 - 87 - 97 - 100 - 101 - 102 - 103 - 105 - 106 - 124 - 126 -127 - 129 (bas) - 130 (haut) - 131 - 133 - 134 - 135 - 137 - 138 (haut et bas) - 139 (haut et bas)

GETTY IMAGES : Pages 4 - 9 - 11 - 16 (gauche) - 25 - 37

CEA : Pages 13 - 15 - 19 - 23 - 24 - 29 (haut droite) - 36 - 119 -129 (haut)

CEA/MS : Page 125

ECPAD : Pages 29 (haut gauche) - 44 - 45 (haut) - 48 - 54 - 60 (droite) - 63 (haut) - 67 (droite) - 70 - 78 (haut et droite) - 81 (gauche) - 82 - 83 - 96

IGN : Page 31

Philippe Stroppa/CEA : 130 (bas)

R. Nicolas-Nelson-Armée de l'air : 136

Droits réservés (DR) : Pages 14 - 16 (droite) - 17 - 20 - 27 - 29 (bas) - 30 - 40 - 47 - 58 - 60 (gauche) - 61 - 63 (bas) - 78 (bas) - 79 (bas droite) - 88 - 98 - 114 - 138 (milieu) - 139 (milieu)



Direction des applications militaires
www-dam.cea.fr

ISBN : 978-2-9584293-1-7

