

* L'ARTAYAIS *

BULLETIN DES RETRAITES DE TECHNICATOME

JUIN 1997

NUMERO SPECIAL

**De la construction des piles au C.E.A.
à la naissance de TECHNICATOME**

Rédaction en chef assurée par André CHAPELOT



* L'ARTYAIS *

REVUE DE LA SOCIÉTÉ DE TECHNOLOGIE

1952 1953

NUMÉRO SPÉCIAL

De la construction des piles au C.E.A.
à la naissance de TECHNOLOGIE

De la CONSTRUCTION des PILES au CEA à la NAISSANCE de TECHNICATOME

1 - Préambule

Retrouver l'histoire du DCP, c'est nous remémorer notre jeunesse. Jeunesse d'une technologie toute neuve, dont certains disaient qu'elle fournirait l'énergie du futur gratuitement et en quantité illimitée ! Jeunesse d'une bande de copains rassemblée plus par le hasard que par une stratégie très claire de nos patrons, mais soudée par un dévouement total à leur égard et une croyance forte en sa mission. A vrai dire, une période un peu folle, où des sommes considérables étaient confiées à chacun d'entre nous, pour en faire les signes visibles de la renaissance de la France. Des trente glorieuses, oui !

Permettez-moi d'ajouter une anecdote personnelle à celles qu'a collectées André Chapelot : quand j'ai rallié le SCP en septembre 1955, j'ai dit à Pierre Taranger : "je n'y connais vraiment rien, il faut m'envoyer suivre le cours du Génie Atomique". Et il m'a répondu de son ton le plus définitif, certains l'ont encore dans l'oreille : "nous n'avons pas de temps à perdre, G1 doit démarrer dans quatre mois maximum. Soyez à Marcoule lundi matin". Nous n'avons pas perdu de temps : G1 divergeait le 6 janvier 1956.

Certes, les difficultés n'ont pas manqué, nous avons dû nous faire à une société de plus en plus complexe; mais, finalement, du démarrage de G1 à la mise en service de Phénix, n'avons-nous pas vécu, grâce à la volonté de tous et aux compétences mises en commun, une "success story" ? Soyez-en tous félicités et remerciés.

Si, aujourd'hui, 75% de l'électricité française est nucléaire, c'est aussi à vous, mes amis du DCP, que nous le devons. Nous avons consacré nos efforts à la seule véritable énergie nouvelle de cette seconde moitié du vingtième siècle, une énergie écologique qu'utiliseront nos enfants et nos petits enfants. Nous avons eu le privilège de vivre tous ensemble une merveilleuse aventure.

Rémy Carle

2 - Historique du Département de Construction des Piles (DCP)

Le Département de Construction des Piles est né en 1960. Mais la généalogie remonte pratiquement aux origines du CEA qui s'est fixé, dès 1946, un premier programme de réalisation d'une pile à eau lourde et de piles au graphite. A cette époque, les structures scientifiques et techniques du CEA réalisent les études et la construction des premières piles expérimentales implantées sur les Centres de Fontenay aux Roses, de Saclay puis de Grenoble

En 1951, le CEA initie un second programme quinquennal orienté vers la production de plutonium et le développement des applications énergétiques nucléaires. Pour exécuter ce plan, le CEA crée en 1952 la Direction Industrielle (DI) qui reçoit la mission de réaliser un Centre de Production du Plutonium. La Direction Industrielle se structure en 1956 en un Service de Construction des Piles (SCP), un Service de Construction des Usines (SCU) implantés à Paris et un Centre de Production du Plutonium implanté à Marcoule.

Le DCP est donc l'héritier du SCP et demeure au sein de la Direction Industrielle. Le SCP s'installe dès 1952 (avec quatre personnes) au siège du CEA, rue de Varenne à PARIS. Il se transfère pendant une petite année à SACLAY, puis revient à PARIS, avenue Kléber. Il déménage ensuite en 1959 à CLAMART dans les locaux EDF de la REN 1 (aujourd'hui le CNEN) et y réside jusqu'en 1961. Le SCP devenu DCP s'installe au CEN-FAR jusqu'en 1965 et trouve enfin son site définitif à SACLAY.

Quelles sont les raisons de cette évolution rapide ? La SCP assure la construction et la mise en service des réacteurs à uranium naturel graphite gaz (UNGG) : G1 en 1956 - G2 en 1958 et G3 en 1959. Au début des années 60, un important programme de réalisation de réacteurs expérimentaux et prototypes se fait jour. Les objectifs du DCP ne peuvent que s'élargir au sein du CEA vers une

vocation de réalisation industrielle. Les anciens départements du CEA impliqués dans les premières réalisations, se recentrent sur une activité plus scientifique axée sur des études de base et des avant-projets de réacteurs, ce qu'il faisait déjà depuis 1953 pour G1 et 1954 pour G2. Ce sont donc le Département des Etudes des Piles (DEP) puis le Département de Recherche Physique (DRP) qui remplissent ces missions d'études conceptuelles.

De 1960 à 1970, l'organisation évolue sensiblement : la Direction Industrielle disparaît en 1962 et est remplacée par la Direction des Piles Atomiques (DPA) au sein de laquelle se trouvent regroupés le DCP, le DEP, le DRP et d'autres départements. C'est l'époque des nombreuses réalisations de réacteurs sur les Centres de CADARACHE, MARCOULE, SACLAY, GRENOBLE et BRENNILIS.

En 1971, la DPA disparaît à son tour et la Division de Construction des Réacteurs (DCR) est créée, dans laquelle le DCP et les Services des Réacteurs EL4 et PHENIX prennent place.

Enfin en 1972, la DCR est transformée en une Société Anonyme : TECHNICATOME, à laquelle vient bientôt se joindre en 1974 le Département de Propulsion Nucléaire (DPN). C'est à partir de cette date qu'il n'est plus question, hors quelques arcanes de gestion administrative, de la DCR ou du DPN, mais seulement de TECHNICATOME.

3 - L'Organisation

Le SCP, puis le DCP, une Unité d'Ingénierie

Le Service (SCP), puis le Département de Construction des Piles (DCP), ont la mission de mener à bien les réalisations du CEA dans le domaine des Piles Civiles, assurant principalement la fonction de Maîtrise d'Ouvrage, mais une Maîtrise d'Ouvrage « musclée », étant donné la nouveauté du fait nucléaire pour l'industrie, le CEA devant aller très loin dans la définition de ses spécifications, le contrôle des fabrications et la réalisation des essais.

Au cours des années 50, le SCP est essentiellement chargé des Piles de Marcoule, G1, G2, G3, MARIUS. L'organisation en est très simple : sous l'autorité directe du Chef du SCP et de son adjoint, les Groupes Techniques, par spécialité, gèrent les contrats avec les industriels associés : SACM, ALSTHOM, SFAC, CITRA, BABCOCK, ...qui sont eux-mêmes coordonnés par un Entrepreneur Général.

Autour de 1960, avec notamment l'ouverture du Centre de Cadarache, apparaissent plusieurs projets nouveaux, CESAR, CABRI, EOLE, PEGASE, HARMONIE, MASURCA, RAPSODIE, ainsi que les réacteurs SILOE (Grenoble), EL4 (Brennilis) et ULYSSE (Saclay) à mener simultanément.

Pour y faire face, le nouveau DCP met en place une organisation croisée (direction de projet, groupes techniques), maintenant très classique en ingénierie.

Parallèlement, côté industriels, la Maîtrise d'Oeuvre d'ensemble de chaque Projet est confiée à un Architecte Industriel (AI) : PROPEG pour PEGASE, PROSIR pour OSIRIS, AUXIATOM pour ULYSSE, INDATOM pour EL4 et SILOE, GAAA pour EOLE, RAPSODIE et les CELESTINS, ...

Au DCP, l'autorité du Chef de Département et de son adjoint s'exerce sur :

- les Attachés Piles (Chefs de Projet), disposant d'un adjoint technique, d'un adjoint d'ordonnancement et d'un secrétariat,
- le Bureau Technique, comportant des Groupes Techniques par spécialité :
 - Génie Civil, Ventilation,
 - Bloc Pile (Mécanique, Chaudronnerie),

- Circuits,
- Contrôle-Commande, Electricité,
- Manutention des Combustibles,
- Chimie, Corrosion,
- ainsi que le bureau de dessin
- le Groupe Administratif,
- les Aménagements, équipes implantées sur chaque site de projet, assurant l'organisation du chantier et la surveillance des travaux en collaboration avec une équipe de l'AI, (chacun d'eux sous l'autorité technique de l'Attaché Pile correspondant),
- quelques chargés de mission (échelon Département) : Affaires Générales, Ordonnancement et Méthodes, liaisons avec EDF, ...
- un Groupe Documentation.

Le Bureau Technique est la cheville ouvrière et le réservoir des moyens de l'Unité d'Ingénierie ; en effet, il fournit les effectifs pour chaque Projet. Cette structure a le mérite d'allier souplesse et efficacité (ingénieurs et techniciens directement et opérationnellement affectés à un projet déterminé) et cohérence technique dans chaque domaine. Chaque groupe assure la gestion des contrats d'études de réalisation et est l'interlocuteur permanent des équipes correspondantes de l'AI et des industriels contractants, et tout cela, pour chaque projet, sous l'autorité de l'Attaché Pile correspondant.

Une exception importante à signaler à cette organisation : la réalisation de PHENIX.

A la lumière des expériences acquises au fil des Projets précédents, le Projet PHENIX est chargé de la double mission de Maîtrise d'Ouvrage et de Maîtrise d'Oeuvre et il est constitué une équipe « intégrée » comportant des agents CEA, EDF et GAAA sous l'autorité d'un Chef de Projet CEA avec un Etat-major constitué d'agents provenant des trois partenaires. Cette dernière organisation s'est révélée particulièrement souple et performante.

L'effectif moyen du DCP au cours des années 60 est de l'ordre de 150 personnes.

4 - La Réalisation et l'aventure industrielle

4.1 - Pourquoi le DCP a-t-il été créé ?

Peu de temps après la création du CEA, un premier programme établi par celui-ci concerne la réalisation d'un ensemble de piles atomiques sous la responsabilité des structures scientifiques et techniques de l'époque. Ces premiers outils constituent une génération de réacteurs expérimentaux polyvalents : ZOE (FAR)*, EL2, EL3, AQUILON et ALIZE (S)*, TRITON et MINERVE (FAR)*, et MELUSINE (G)*. Le CEA a d'ailleurs commencé à faire appel à la coopération d'Architectes Industriels, notamment INDATOM pour TRITON, MELUSINE et les CHANTIERS de l'ATLANTIQUE (Loire Penhouet) pour EL3. La réalisation de cette première génération de piles s'étale de 1946 à 1958.

Un premier tableau (figure n°1)* expose succinctement les caractéristiques des réalisations effectuées par les services scientifiques du CEA.

Dès 1956, avec la divergence de G1 puis celle de G2 (1958) et G3 (1959) le SCP démontre qu'au sein de la Direction Industrielle, il sait mener à bien des réalisations de grande ampleur pour l'époque. En 1960, le DCP est créé et reçoit la mission d'assurer la Maîtrise d'Ouvrage de la réalisation des réacteurs « civils » du CEA.

(FAR)* : Centre Nucléaire de Fontenay aux Roses

(S)* : Centre Nucléaire de Saclay

(G)* : Centre Nucléaire de Grenoble

* les figures sont reportées en fin de document

Pour répondre aux objectifs du CEA, le DCP doit assurer une importante réalisation de réacteurs. Un second tableau (figure n°2) représente succinctement l'utilisation de ces outils et un troisième tableau (figure n°3) expose les caractéristiques des réalisations faites. Enfin un dernier tableau (figure n°4) complète les réalisations de la Société TECHNICATOME. Tous ces outils se regroupent dans les familles suivantes :

- les réacteurs d'enseignement universitaire : ULYSSE
- les maquettes critiques destinées à la qualification neutronique des différents types de réacteurs : SILOETTE, PEGGY, ISIS, MARIUS, CESAR, EOLE, HARMONIE, MASURCA,
- les réacteurs expérimentaux polyvalents dédiés à l'irradiation technologique au moyen de dispositifs expérimentaux très diversifiés, à la physique, à la production de radio-éléments comme SILOE et OSIRIS
- les réacteurs d'irradiation technologique spécialisés destinés à la qualification des matériaux et des combustibles nucléaires spécifiques aux filières électronucléaires en développement en France; ces réacteurs sont PEGASE et RAPSODIE.
- les réacteurs de recherche destinés à servir de source de neutrons à l'usage des physiciens pour la recherche fondamentale : RHF
- les réacteurs d'essais de sûreté destinés à la qualification de la sûreté : à cette époque il n'existe que CABRI et SCARABEE,
- les réacteurs prototypes de filières électronucléaires (EL4, PHENIX) réalisés avec EDF,
- les réacteurs spécialisés dans la production de matières spéciales (le plutonium avec G1, G2, G3, le tritium avec CELESTIN 1 et 2) destinés à la Direction des Applications Militaires (DAM).

4.2 - L'Aventure Industrielle

Dès le début, le CEA choisit de s'associer, dans une optique de partenariat durable, un certain nombre d'industriels décidés à tenter l'aventure atomique, tels que SFAC, RATEAU, ALSTHOM, CITRA, CAFL, SACM, BABCOCK, NEYRPIC, HISPANO, STEIN et MERLINGERIN ainsi que nombre d'autres, constituant l'amorce d'un tissu industriel au sein duquel s'est développé un capital de compétences tant humaines que techniques.

FRAMATOME souligne dans son livre (p.17) édité en 1995, avoir profité en son temps de la naissance de cette compétence industrielle.

Par la suite, l'association du DCP et d'un Architecte Industriel pour la réalisation des différents réacteurs démontre l'efficacité industrielle entre Maître d'Ouvrage et Maître d'Oeuvre par la complémentarité des compétences et des expériences apportées par les participants sur les différents projets.

Ces Architectes Industriels sont : AUXIATOM, GAAA, INDATOM, PROPEG, PROSIR, GERI, constitués par la participation de différents industriels du début de l'aventure atomique.

Cet effort est enrichi par la réalisation de certains projets dans le cadre d'importantes coopérations internationales :

- Contrat d'association entre le CEA et la Commission d'EURATOM portant sur la réalisation à Cadarache du réacteur expérimental RAPSODIE (20 MWth, puis 40 MWth), d'un petit réacteur source HARMONIE et d'une grande maquette critique pour les réacteurs rapides de deuxième génération MASURCA. Dépenses partagées, 2/3 pour le CEA, 1/3 pour EURATOM. L'Architecte Industriel pour RAPSODIE est français (GAAA), belge pour HARMONIE et MASURCA (BELGONUCLEAIRE).
- Accord Franco-Allemand (1967), créant l'Institut Max Von Laue - Paul Langevin et décidant la construction du Réacteur à Haut Flux (RHF). Du côté français, le CEA et le CNRS participent ensemble à parts égales avec le partenaire allemand qui est le GFK

(Gesellschaft für Kernforschung). L'équipe projet est constituée en une entité opérationnelle autonome comprenant une ossature de base composée d'ingénieurs CEA complétée par des ingénieurs allemands du Centre de KARLSRUHE, l'Architecte Industriel étant une organisation des Sociétés INTERATOM, GERI et GAAA.

- Accord CEA-AECL (Atomic Energy of Canada Limited) au cours duquel une bonne expérience sur l'étude d'un projet de Centrale à eau lourde de 600 MWe de la filière CANDU est acquise.

ou de coopérations plus modestes :

- Soutien à SOCIA lors de la réalisation de la centrale UNGG de Vandellos (Espagne).
- Réparation du réacteur piscine de Téhéran (Iran)
- Expertise pour le compte de PNC (Power Nuclear Company - Japon) du projet de Réacteur à Neutrons Rapides de JOYO
- Premiers contacts avec le CNEN (Italie) pour une coopération sur les réacteurs rapides et qui se matérialise ultérieurement avec la CIRNA (filiale TECHNICATOME-GAAA) pour la réalisation du réacteur PEC.
- Contacts et début de coopération sur les réacteurs à haute température sous licence GENERAL ATOMICS.

5 - Les hommes

Nous citons dans ce chapitre les agents du SCP et du DCP dont les noms nous reviennent à la mémoire. Mais celle-ci est devenue malheureusement faillible avec le temps. Aussi tenons-nous à exprimer nos excuses à ceux qui auraient été oubliés et nous demandons aux destinataires de ce numéro de l'ARTAYAIS de nous aider à compléter notre liste. Compte tenu du nombre d'agents présents pendant cette époque et de l'obligation de limiter la rédaction de l'ARTAYAIS, nous nous en tenons d'une part à rappeler succinctement les responsabilités et les parcours professionnels des agents des SCP/DCP qui ont rempli un rôle hiérarchique dans l'organisation (chefs de département, chefs de service, chefs de groupe, attachés pile) et nous citons d'autre part le nom des agents qui ont fait partie des différents groupes de l'organisation (groupes techniques, groupe aménagement, groupe administratif) sans oublier les responsables des essais de démarrage.

Les hommes qui font une partie de leur carrière aux SCP et DCP connaissent par la suite des parcours divers.

D'abord, il y a les hommes qui ont la tâche difficile de constituer et de diriger la Direction Industrielle et la Direction de Construction des Réacteurs, le Service et le Département de Construction des Piles et pour certains d'entre eux d'assurer les mêmes responsabilités pour la création de Technicatome et d'accompagner la vie de cette Société pendant les premières années de son existence. Le déroulement de carrière de ces premiers pionniers s'oriente ensuite vers des horizons de haut niveau au sein des autres structures du CEA au fur et à mesure des évolutions de son organisation.

Il y a les hommes qui poursuivent plus longtemps leur carrière à Technicatome, assurant une pérennité des compétences dans le domaine industriel de la construction et prenant, pour quelques uns d'entre eux, des responsabilités de direction d'ingénierie, de projets ou la conduite de services techniques.

Il y a enfin, ceux qui quittent le CEA, pour s'orienter vers des carrières privées nucléaires ou autres et bien souvent de haut niveau.

5.1 - Les Directeurs

Direction Industrielle : P. TARANGER - X - Suite de carrière chez Heurtey puis à nouveau à la Direction du CEA

Direction des Piles Atomiques : J. HOROWITZ - X - Suite de carrière à la Direction du CEA

Direction de Construction des Réacteurs :

R. CARLE - X-Mines - Suite de carrière comme Président Directeur Général de Technicatome, Directeur à EDF (Equipement et DG) et Président de WANO*

5.2 - Les Chefs du Service ou du Département de Construction des Piles

Les Chefs

M. PASCAL - X-GM - Suite de carrière à la Direction du CEA (Administration - CENG)

L. MAILLARD - X-GM - Suite de carrière à SACM Mulhouse et au Comptoir Lyon Allemand

R. BOUSSARD - X-Armée de Terre - Suite de carrière à COGEMA - Centre de La Hague

R. CARLE

J. MEGY - Mines Paris - Suite de carrière à la Direction de TECHNICATOME, NOVATOME, CEA/DERDCA, puis CEN Cadarache

Les Adjoints :

Ch. LEDUC - Institut Polytechnique de l'Ouest - Suite de carrière au CEA (réalisation usine de Pierrelatte) et à EURODIF (Directeur Technique)

J. CHATOUX - ESE - Suite de carrière à la Direction de TECHNICATOME, CEA/DAM*, COGEMA, ANDRA* et CEA/IRDI*

P. FAUROT - Centrale Lyon - Suite de carrière au CEA (Usine de Pierrelatte)

Les chargés de Mission :

ANDRE - X - Responsable Ordonnancement-Méthodes

ROQUEBERT - Marine Nationale - Responsable des Affaires Générales

MONTEIL - X - Chargé des relations avec EDF

5.3 - Les Chefs du Bureau Technique

C. DAMBRINE - X-GM - Suite de carrière dans l'industrie privée (SAMÉS) et à l'ANRT*

P. FAUROT

5.4 - Les Attachés Piles

J. CHATOUX : Ulysse, Siloette, Siloe, Cabri, Isis, Osiris, RHF

J. MEGY : Marius, César, Eole, Célestin 1 et 2

R. CARLE puis P. SCHULHOF : EL4

M. GELEE puis M. ROZENHOLC : Rapsodie

M. ROZENHOLC (puis carrière à la Direction GAAA, NOVATOME, FRAMATOME et Cabinet de Consultance) : Harmonie, Masurca

P. FAUROT : Peggy, Pegase

P. CARLE puis J. MEGY : Phenix

5.5 - Les Chefs de Groupes

BALENSI : Génie Civil

FAUROT, LAGRANGE : Bloc Réacteur

ANDRA :	Agence Nationale pour la Gestion des Déchets Radioactifs
ANRT :	Agence Nationale de la Recherche et de la Technologie
CCE :	Contrôle Commande Electricité
CENG :	Centre d'Etudes Nucléaires de Grenoble
CIRNA :	Compagnie Industrielle des Réacteurs Nucléaires Avancés
DAM :	Direction des Applications Militaires
DERDCA :	Division d'Etudes du Retraitement et des Déchets et de Chimie Appliquée
DESICP :	Division d'Etudes de Séparation Isotopique et de Chimie Physique
GAAA :	Groupe Atomique Alsacienne Atlantique
GHTR :	Groupe Industriel pour les Réacteurs à Haute Température
IRDI :	Institut de Recherche et de Développement Industriel
UDIN :	Unité de Démantèlement des Installations Nucléaires
WANO :	World Association of Nuclear Operators

de LAAGE de MEUX (puis carrière à la Direction du Groupe CGE et ALCATEL-ALSTHOM), GELEE (puis carrière au CEA/DESICP et Phénix), BEFRE (puis carrière à NOVATOME et COGEMA) : Circuits

FAUROT, CHEMIN, BOULINIER : Manutention des Combustibles

CHATOUX, MEGY, SATRE (puis carrière à BULL et dans l'Enseignement), CHAPELOT (puis carrière à TECHNICATOME comme Chef de Projets et Directeur d'Ingénierie) : Contrôle Commande et Electricité

EUDE : Chimie

d'ORIVAL : Combustible

PATILLON, ROBERT : Administratif

5.6 - Les Chefs d'aménagement

COSTE (Cabri, Harmonie et Masurca), CREGUT (Rapsodie et Phénix), GUENNEC (Siloe et Osiris) - MOREAU (EL4), POLLIART (Célestin 1 et 2)

5.7 - Les Responsables d'Essais

SATRE : EL4

GUILLEMARD (puis carrière au CEA- Attaché Nucléaire au Japon, à DERDCA puis IPSN) : Célestin puis Phénix).

5.8 - Les Groupes Techniques et Administratifs

Des agents ont rempli des missions au sein des différents Groupes ou Services du DCP puis de TECHNICATOME pour ceux qui y ont poursuivi leur carrière. Rappelons-le encore une fois, la liste des noms est incomplète (nous ne donnerons pas le nom des Chefs de Groupes qui se sont succédés).

Groupe Génie Civil : MM CHWETZOFF, COSTE, DIDIER, EVE, LEVET, LETOUT.

Groupe Bloc Réacteur : MM FAVEZ, GAMA, GUINOT, LENNARD, MAHE, MARTIN, MAULARD

Groupe Circuits : MM AUFORT, CHAZALON, de VAUCELLES, FORESTIER, LANGLOIS, LEROUX, MATHIEU, NOEL, NORMAND, PFERTZEL, ROUMAILHAC, SAUR, VELIN.

Groupe Manutention des Combustibles : MM ALAIN, AUBERT, DROULEZ, GOUCHEN, JOURDAIN, PUYCHEVRIER, RANOUX, VALAT,

Groupe Contrôle Commande Electricité : MM ARGOUACH', BELIN, EYRAL, GRISOLLET, GUENNEC, HEMERICH, JEANNOT, LELAIT, LEVEQUE, MARTINOT, MIGNARD, NICOLO, QUITTET, ROUSSELLE, PAILLERE, PEREZ, RANAVALO, SAVELLI, VARALDI, VELIN, VOGT,

Groupe Chimie : MM LANGLOIS, LECLOU, LECUYER

Groupe Combustible : MM GRIGNON et LAFURIE

Bureau de Dessin : M AMATE, Melle GUETAT, M MOUTARD

Agents d'Ordonnancement : MM CHALVET (EL4, Osiris et Siloe), DESPERIEZ (Marius, César), SACHNINE (Phénix),

Groupe Administratif : MM CIZEL, DELECOURT, HEZODE, VIALLE

Groupe Documentation : MM SEGOT

Groupe Aménagement : MM MOREAU ET KERVEGANT (Brennilis), JEANJACQUOT, MOUTONNET (Cadarache), DAGUERRE, MIR, ORIAL, PERRIN, ROGER, VIEHL (Marcoule), GUENNEC (Grenoble et Saclay)

Bureau des Missions : Mme VALLEY

5.9 - Les Secrétariats

Melles ABGRALL, FOURRE, LA PERSONNE, PEGAIL, ROY, SOURNIA, ZIMMER

Mmes DAUPHIN, GAVILAN, GUILHOMES

6 - De la DIVISION de CONSTRUCTION des REACTEURS (DCR) à TECHNICATOME

6.1 - La création de la DCR

La Direction des Piles Atomiques (DPA) est créée en 1962 lorsque la Direction Industrielle disparaît. Le DCP est alors intégré à la DPA. Cette situation perdure jusqu'en 1971 avec la disparition de la DPA et la création de la Division de Construction des Réacteurs qui regroupe :

- le Département de Construction des Piles,
- le Service de la Pile EL4 (réacteur prototype à eau lourde),
- le Service de la Centrale Phénix (réacteur prototype de la filière à neutrons rapides).

C'est une richesse très importante pour le DCP de se trouver au sein d'une Direction où le retour d'expérience de l'exploitation des réacteurs prototypes de deux filières différentes est rassemblé.

Malheureusement, la filière française modérée à l'eau lourde et refroidie au gaz carbonique n'a pas eu la suite qu'on pouvait espérer. Dès 1969, le projet EL600 basé sur les principes de la filière canadienne CANDU tout eau lourde est étudié en France en coopération avec un groupement d'industriels (CGE-BABCOCK) prêts à prendre licence. A cette époque, la volonté d'implanter la filière américaine des réacteurs à eau légère se fait jour en France et il n'y a aucune suite à l'étude de EL600.

La filière à neutrons rapides connaît à cette époque un meilleur destin et s'organise industriellement avec la création de TECHNICATOME puis celle d'une filiale commune avec GAAA, dénommée CIRNA.

Les premières réflexions sur la francisation de la filière des Réacteurs à Eau Pressurisée, construits sous licence américaine, se font jour et une première équipe CEA (DCP - DPN - DENT) est constituée pour le « Projet Champlain ».

6.2 - La Création de TECHNICATOME

Avec la création de la DCR, commencent les réflexions de la future Société « S » qui verra le jour sous le nom de TECHNICATOME (après avoir failli s'appeler TECHNATOME, mais le nom était déjà pris en Espagne ...), structurée initialement en une Direction des Neutrons Thermiques et une Direction des Neutrons Rapides plus des moyens communs.

Beaucoup de motivations conduisent à cette époque à la création de TA par le CEA :

- l'amélioration de la liaison entre, d'une part, la phase de recherche et développement et d'autre part, la phase d'industrialisation.
- la structuration d'une société industrielle d'ingénierie générale,
- l'élaboration d'un statut permettant la création d'associations industrielles comme la CIRNA (TA + GAAA) pour les réacteurs à neutrons rapides et le groupement GHTR-TA pour les réacteurs à haute température.

La création de TA ne fait pas disparaître la DCR qui continue comme entité administrative de gestion des agents de TA et qui est responsable de l'exploitation des réacteurs EL4 et PHENIX. Le Président Directeur Général de TA est d'ailleurs Directeur de la DCR.

La réalisation de grands projets innovants comme le RHF et PHENIX parachève l'époque mémorable du DCP.

Par la suite, la réalisation des projets de réacteurs civils : PHEBUS (réacteur de sûreté) et ORPHEE (réacteur dédié à la recherche fondamentale) se poursuit au sein de TECHNICATOME selon les méthodes de travail en vigueur au DCP, avec quelques différences résultant de la nouvelle position industrielle de TA :

- le CEA assure désormais, au niveau de ses départements scientifiques le rôle de Maître d'Ouvrage,
- TA assure le rôle de Maître d'Oeuvre,

- le rôle des Architectes Industriels a disparu, la coopération de GAAA et de TA s'effectuera autour d'une filiale commune : la CIRNA (1974).

Parallèlement en 1974, le Département de Propulsion Nucléaire rejoint TA. Deux mondes aux passés et aux méthodes différents se retrouvent au sein d'une même société. La fusion réelle des équipes ne commence à se réaliser qu'à l'occasion de la phase des essais de démarrage des réacteurs PHEBUS à Cadarache et OSIRAK, à l'exportation.

Mais nous ne dirons rien de plus sur l'évolution de la DCP au sein de TA, car nous n'avons pas à parler plus de TA. Ceci est une autre affaire.

7- Comment est vécue la période du DCP (1960 - 1972) ?

7.1 - L'organisation du travail

Le DCP, à sa création, connaît une période d'expansion importante de son personnel, mais conserve une taille raisonnable en ne dépassant pas 150 agents.

Il y a une étroite coopération du travail entre le DCP et ses différents Architectes Industriels. Pour éviter les doublons, il y a bien souvent complémentarité entre les métiers plus spécifiquement nucléaires (fonctionnement, mécanique du bloc réacteur, contrôle-commande) plutôt domiciliés au DCP (et dont certaines activités sont réalisées avec les autres services du CEA) et les métiers généralement plus classiques (génie civil, circuits, aménagement, conduite de travaux) qu'exercent les AI. En fait, cette frontière entre DCP et AI dépend beaucoup de la nature du projet concerné et des spécificités que se réserve parfois le CEA.

Les Attachés Piles sont des chefs de projets aux larges responsabilités :

- ils assurent les relations avec les services du CEA (services scientifiques ou exploitants),
- ils gèrent les contrats de prestations des Architectes Industriels,
- ils disposent d'un état major constitué généralement :
 - . d'un ingénieur d'ordonnancement pour le planning et le suivi du budget,
 - . d'un adjoint technique qui coordonne plus particulièrement le travail des groupes techniques.
 - . de la structure de chantier sous la responsabilité d'un chef d'aménagement.

Les relations entre Etats Majors des Attachés Piles et Groupes Techniques sont vécues de manière différente d'un projet à l'autre en fonction de l'importance et de la spécificité des projets, des équipes, des moyens disponibles ainsi que des personnalités. Certains états majors « s'investissent » parfois au delà de la direction des travaux auprès des agents directement affectés à leurs projets et cherchent à privilégier la structure de groupe de projet à celle de la structure croisée. Il n'y a certainement pas de vérité absolue dans la recherche d'une bonne organisation de structure d'ingénierie : la coopération avec un partenaire international peut nécessiter, par exemple, une orientation plus autonome voire généralement décentralisée de l'organisation, ce qui est le cas pour la réalisation du RHF.

Notons toutefois que la structure croisée subsiste à la création de TECHNICATOME et après quelques variations d'organisation, demeure à l'heure actuelle la structure de fonctionnement de la Société (Direction des Projets - Direction de l'Ingénierie).

7.2 - Les relations avec les autres départements du CEA

Ces relations sont vécues très différemment car elles dépendent de la relation étroite qui peut exister ou non au sein du Département client du CEA entre son rôle de concepteur et son rôle de futur exploitant de l'outil réalisé.

Les réalisations effectuées pour les Centres de Saclay (avec le Département des Etudes de Piles et le Département des Piles Expérimentales), de Marcoule (Centre de Production), de Brennilis (Service de la Pile EL4) ou de Grenoble (Service des Piles) ne posent pas de problèmes relationnels spécifiques entre le DCP et l'exploitant. A chacun son métier, les relations, en général amicales entre les entités faisant le reste..

Certaines réalisations effectuées sur le Centre de Cadarache, associent généralement au DCP, un exploitant en aval dont le Département d'appartenance est responsable en amont des définitions et des expérimentations du programme du réacteur.

Par contre, le projet Phénix fonctionne bien grâce aux relations extrêmement étroites et efficaces qui sont entretenues avec les Services de Développement de Cadarache.

7.3 - Le déroulement des carrières

Le nombre de projets réalisés est important pendant cette période. De plus, ceux ci sont différents les uns des autres (types de réacteurs, nature des filières ...). Les ambitions des programmes du CEA sont importantes. Les constructions et les essais doivent être effectués rapidement : le début d'un projet n'attend pas la fin du précédent, cela ne se gère pas facilement sur le plan de charge des effectifs. Cette situation parfois « bousculée » reste toutefois satisfaisante : d'une part, elle assure une formation soutenue et développe une excellente compétence des agents, d'autre part, elle évite l'émergence des états d'âme ...

La création de TECHNICATOME et corrélativement celles de la CIRNA et du Groupement GHTR-TA commencent à apporter des ouvertures de carrière intéressantes.

8 - Quelques anecdotes

On ne saurait clore ces quelques pages d'un parcours de vingt ans (1952 - 1972) sans rapporter quelques courtes histoires vécues, même si les mémoires se sont taries : on n'imagine jamais que, 30 à 40 ans plus tard, il faille écrire quelque chose et on regrette de ne pas avoir tenu à jour un « aide mémoire » plus copieux. Que nos jeunes collègues qui liront ce document s'en souviennent!

G1 - C'est une pile qui dispose, en son centre, d'une fente verticale pour la collecte de l'air chaud de refroidissement des canaux de combustible. Le calcul de la largeur de cette fente est délicat et le CEA décide de retenir la valeur de 10 cm. Un réacteur de même type se réalise à BROOKHAVEN (USA) et les américains ne savent pas calculer la dimension de cette fente. Ils décident donc qu'une des deux demi-piles doit être mobile par rapport à l'autre. Ils limitent la course de réglage à 3 pouces (7,5 cm) et se rendent compte, après essai, qu'il aurait fallu disposer d'un pouce supplémentaire pour que le compte soit bon !

Encore G1 - Au moment du premier couplage de l'alternateur sur le réseau, des difficultés apparaissent, tout le monde est sur le pont. Devant cette situation, un grand professeur

scientifique (on ne dit pas son nom) présent sur le chantier, demande pourquoi il y a du courant continu dans l'alternateur !

Toujours G1 - Le succès que représente la divergence, puis la montée en puissance de G1, débouche sur le temps des honneurs. Comme ceux qui ont réalisé les études et la construction sont trop jeunes pour être décorés, c'est l'ingénieur mécanicien chevronné et arrivé parmi les derniers, à qui échoue la décoration disponible.

Cela ne va pas sans quelques remarques irrévérencieuses de la part des jeunes et impertinents constructeurs, auxquels le vieux monsieur répond avec beaucoup de dignité : « Apprenez jeunes gens que l'on doit être heureux et fiers d'être récompensés en la personne de ses chefs ! »

Cette remarque apparaît à ces jeunes ingénieurs sur l'instant comme surprenante pour les civils qu'ils sont, mais par la suite ils peuvent mesurer la justesse du raisonnement puisque les nombreux et brillants succès du SCP, puis du DCP, leur donnent, à défaut de médailles, de nombreux moments de bonheur et de fierté à travers la récompense de leurs chefs successifs.

Une dernière pour G1 - Pour la première divergence de G1, le Chef du SCP retient l'option de doubler la sécurité de chute des barres de sûreté par une action manuelle d'opérateurs placés auprès des treuils de ces barres directement sur le toit du bloc pile du réacteur.

Le processus de divergence est retransmis par amplification acoustique du bruit des compteurs de neutrons directement à ces opérateurs, si bien que placés sur le toit de la pile, ils suivent la divergence non pas par les yeux mais par les oreilles. Cela n'en est pas moins impressionnant pour la plupart d'entre eux pour qui il s'agit de la première divergence.

Quand les neutroniciens de la salle de commande sont certains que la divergence est bien amorcée, un sonore « lâchez tout » permet aux agents, par action manuelle sur les treuils, d'être certains que le processus est bien maîtrisé par une bonne chute de barres

G2 - L'ajustement, réacteur en fonctionnement, de la température de sortie du gaz carbonique (CO²) des 1200 canaux nécessite la mise en oeuvre d'un dispositif de réglage du gaz de refroidissement de chaque canal. Cette opération est pilotée, pour la mesure, par un agent qui relève la température de sortie du CO² et envoie à distance des signes manuels pour diriger l'opération de réglage. On est encore au temps du sémaphore à bras avec les erreurs que cela peut induire.

Par ailleurs, il faut relever, deux fois par jour, manuellement, la carte des 1200 valeurs de température soit 90 minutes par relevé à deux personnes. Un jeune ingénieur embauché depuis six mois au SCP propose l'emploi d'un système de scrutation et d'impression automatique et informatique des températures pour éviter toute erreur humaine. Il se fait établir une proposition (technique, prix, délai) par un fournisseur et l'expose au Chef du SCP qui le renvoie très vite à ses chers MECI (appareils enregistreurs de grands formats). Trois à quatre mois passent. Nous sommes en 1959.

Un incident arrive qui entraîne des ruptures de gaines dans un canal et oblige l'arrêt prolongé du réacteur. L'erreur est reconnue comme humaine. Le Chef du SCP demande à voir la proposition précitée. Cinq minutes après elle est sur son bureau. La décision est prise en une demi-heure, la commande en vingt quatre heures, la réalisation et la mise en service en moins de six mois.

Une leçon à tirer : les grands chefs ne doivent pas oublier qu'il peut y avoir des « messies » cachés

Encore G2 - Quelle n'est pas notre surprise de voir un jour débarquer dans G2 une équipe de barbus doublée d'hirsutes de toutes longueurs de poils et accompagnée d'amazones dont l'arcure des croupes est mise en valeur par des robes légères et les jambes amincies par des sandales lacées à mi-mollet.

Nous finissons par comprendre au bout d'un moment qu'il s'agit d'un envahissement d'une secte de pacifistes conduite par Lansa del Vasto, secte implantée dans la région.

Ces personnes arrivées en grand nombre submergent le poste de garde et franchissent les barrières légères, coupant les routes d'accès au Centre, nonobstant l'intervention de trois ou quatre gardiens qui ne peuvent opposer à ces non violents que leur présence dans ce cas inutile.

C'est à partir de cet incident que sera entièrement revue la protection des accès aux Centres et que seront développés des dispositifs de sas de nasses et de tourniquets dont les deuxièmes portes se ferment à distance avant que les intrus, ayant franchi les premières en force, ne puissent les atteindre.

Toujours G2 - Lors de la cérémonie d'inauguration du Centre de Marcoule par le Général de Gaulle, ce dernier se livre à une visite du réacteur G2.

Comme le Général veut voir la phase de chargement-déchargement en marche, spécificité de ce type de réacteur, il faut monter le Général au niveau +15m.

Pensant que la grandeur n'exclut pas la fatigue, le Chef du SCP lui propose de prendre l'ascenseur de service destiné à monter les cartouches de combustible nucléaire.

En fermant les portes de l'ascenseur, le Chef du SCP a un coup au coeur en voyant le tête du Général frôler une trappe de sécurité située sur le plafond de l'ascenseur et dont l'ouverture peut arrêter automatiquement ce dernier.

Coincer le Général entre deux étages pour avoir pensé à la grandeur en négligeant la hauteur est de nature à ruiner bien des efforts et à coup sûr une carrière prometteuse.

Le souvenir de la pâleur du Chef du SCP à l'arrivée sur la plate-forme de chargement permet, après coup, aux agents présents de prendre conscience de l'angoisse qu'il a dû surmonter pendant quelques instants et aussi de la précarité qui peut s'attacher à une « ascension ».

Siloe - Avant de remettre le réacteur Siloe à ses exploitants Grenoblois dont le patron est réputé pour sa rigueur, l'équipe de construction se doit de faire un nettoyage des lieux.

Mais après bien des nuits blanches et des journées de travail interminables pour remettre une installation en parfait état de fonctionnement, l'équipe de construction n'attache pas à l'opération de nettoyage une importance excessive. C'est pourquoi la veille au soir, cette équipe part en laissant comme consigne à l'équipe des balayeurs « de tout bien nettoyer et surtout sans rien toucher ».

Le lendemain matin, la situation trouvée correspond à celle de locaux dépoussiérés, mais toujours jonchés d'emballages et de boîtes vides dont les pourtours ont été soigneusement nettoyés sans les déplacer

A l'évidence la consigne transmise est traduite d'une façon logique par le système neuronal d'agents fraîchement débarqués de leur campagne et sans doute impressionnés par la complexité du système dans lequel ils sont plongés sans explication suffisante.

C'est une bonne leçon qui permet de comprendre que la logique simple est nécessaire mais pas toujours suffisante pour maîtriser le contexte homme-machins à balayer.

EL4 - Pendant les essais de démarrage du réacteur, un soir, après la réunion quotidienne, le responsable des essais du DCP fait le tour des salles des équipements électroniques et électriques situées sous la salle de contrôle-commande. Il découvre, blotti dans une armoire électrique un couple en « conversation intime ». Aussi le responsable des essais, soucieux de la sécurité des personnes leur fait la remontrance : « vous auriez quand même pu mettre hors tension ! »

Toujours EL4, en un peu plus sérieux. L'accès à l'intérieur du bâtiment réacteur est, à partir d'une certaine étape de travaux, gardienné et un registre des entrants et des sortants est tenu à jour en permanence.

Un jour, un ingénieur circuit du DCP est pointé comme étant sorti du réacteur sans être jamais entré. Il n'y a aucune négligence du gardien.

L'histoire ne dit pas par quelle tuyauterie traversant l'enceinte où il manque une tape de fermeture ou par quelle brèche pas entièrement fermée cet ingénieur est entré. Ce que l'on peut garantir, c'est que cet ingénieur faisait son travail normal de contrôle des ouvrages dont il avait la charge. Une leçon à tirer : on ne peut assurer le gardiennage parfait d'un bâtiment nucléaire que si celui-ci est mis en dépression d'exploitation !

Célestin - Fin décembre 1966, pendant la campagne des essais préalables à la divergence, les ressorts des bouchons des canaux à combustible doivent être changés, mais la cuve est pleine d'eau lourde. Pour effectuer ce changement, il faut faire fabriquer une centaine de tapes de fermetures. Un délai de trois semaines est nécessaire mais ce délai ne peut être accepté dans le cadre du planning. Alors l'équipe des essais envoie trois véhicules (sur Aix, Avignon et Marseille) pour faire le tour des boutiques de sport et récupérer environ deux cents vessies de ballon de rugby.

9 - Quelques souvenirs

Nous avons estimé qu'il convenait d'accompagner cette rapide présentation de la période de Construction des Piles par des photographies qui rappelleront quelques souvenirs aux anciens de cette époque.

Comme nous sommes contraints, là aussi, par la limitation de la rédaction de l'ARTAYAIS, nous avons été obligés de faire un choix.

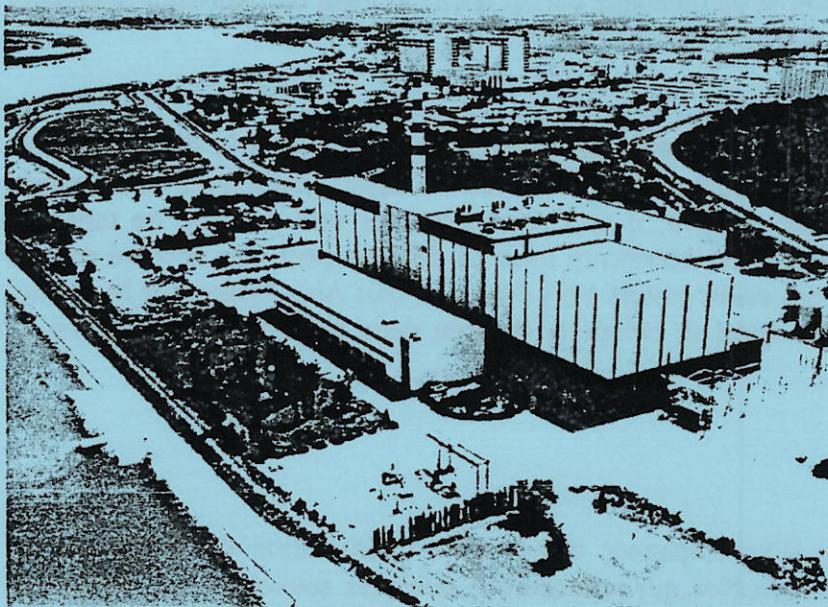
Nous avons souhaité privilégier quelques photographies de personnalités présentes à la divergence de réacteurs ou à leur inauguration (G1, G2, OSIRIS, PHENIX) et de compléter cette présentation de quelques vues générales d'implantation de réacteurs sur les grands sites du CEA.

9 - Remerciements

La préparation de ce document n'aurait pas été possible sans l'appel à la mémoire de quelques personnes notamment pour citer, bien que de manière incomplète, les agents qui ont fait partie des SCP et DCP et pour leur apport aux quelques anecdotes. Qu'il me soit permis de remercier d'abord R.CARLE pour la rédaction du Préambule, ainsi que J.CHATOUX, J.MEGY, Ch.LEDUC, G.MARTINOT, P.ROUSSELLE et W.DRIES (ancien coopérant auprès du DCP) pour leurs contributions.

André.CHAPELOT

Le Site de Marcoule



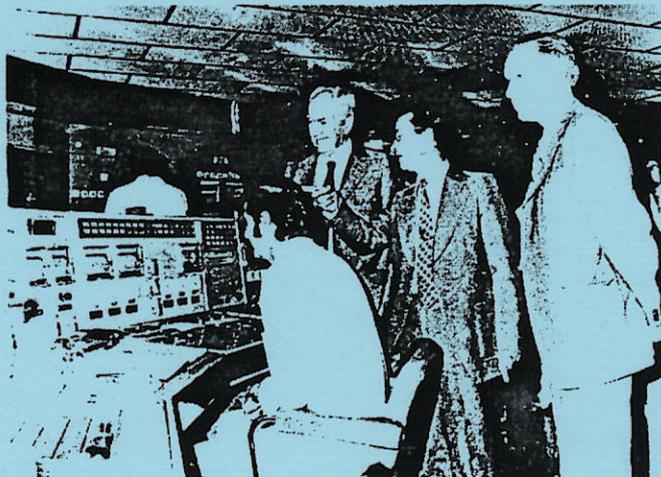
Le Site de Marcoule

est le Centre Nucléaire où successivement le SCP et le DCP effectuent les plus importantes réalisations.

Au premier plan PHENIX, à la partie supérieure de gauche à droite : CELESTIN 1 et 2, puis G2 et G3. Au fond et à droite G1.

De la divergence de G1 (1956)

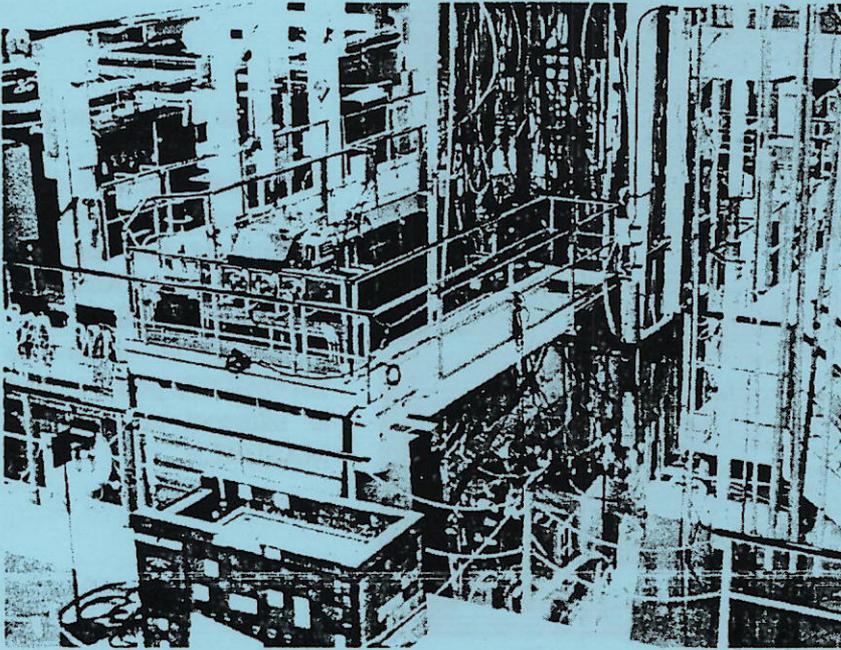
On reconnaît de droite à gauche : MM. Pascal (au micro), Vendryès, de Rouville (en chapeau noir, Directeur du Centre) et Leduc (en imperméable).



A la divergence de PHENIX (1973)

De droite à gauche : MM Carle, Mégy et Yvon (Haut commissaire du CEA)

Le Site de Saclay

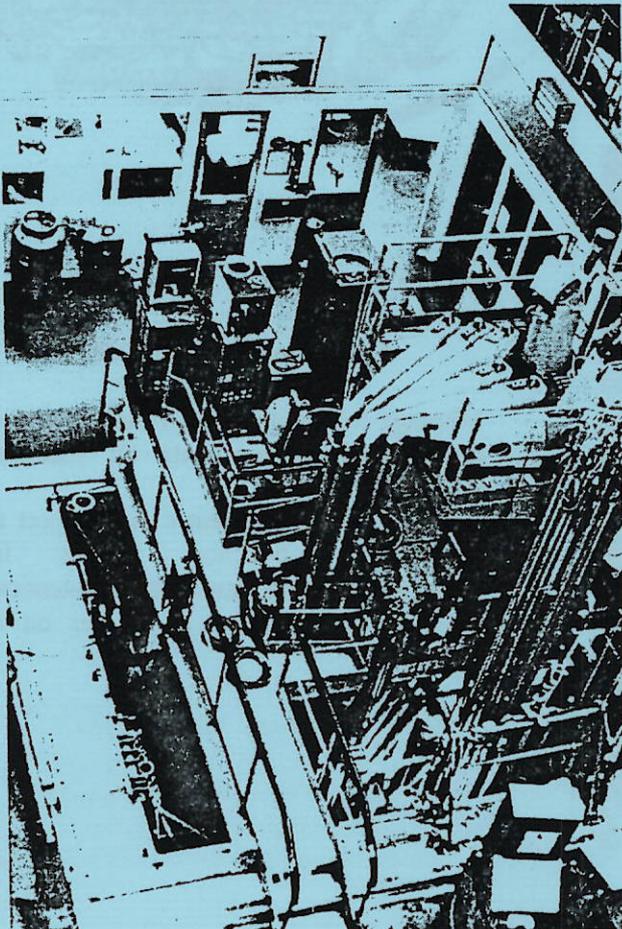
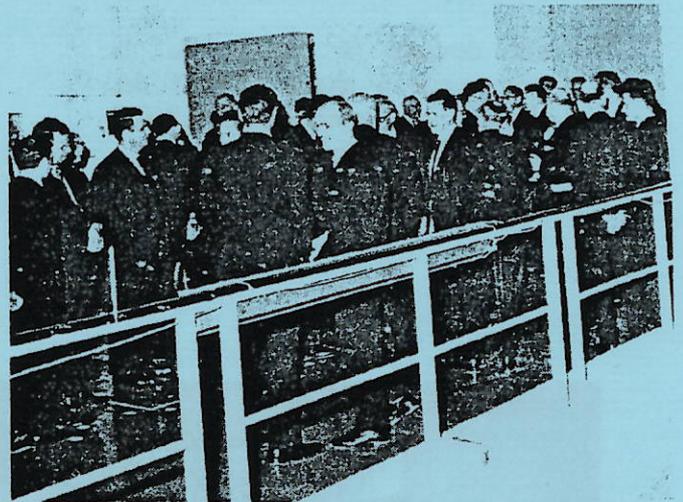


Le réacteur OSIRIS

Un réacteur expérimental, c'est avant tout une piscine - au fond de celle-ci, un coeur constitué d'éléments combustibles à plaques - au dessus un écheveau de fils et de tubes qui plongent à l'intérieur ou à la périphérie du coeur : ce sont les dispositifs expérimentaux destinés aux irradiations technologiques

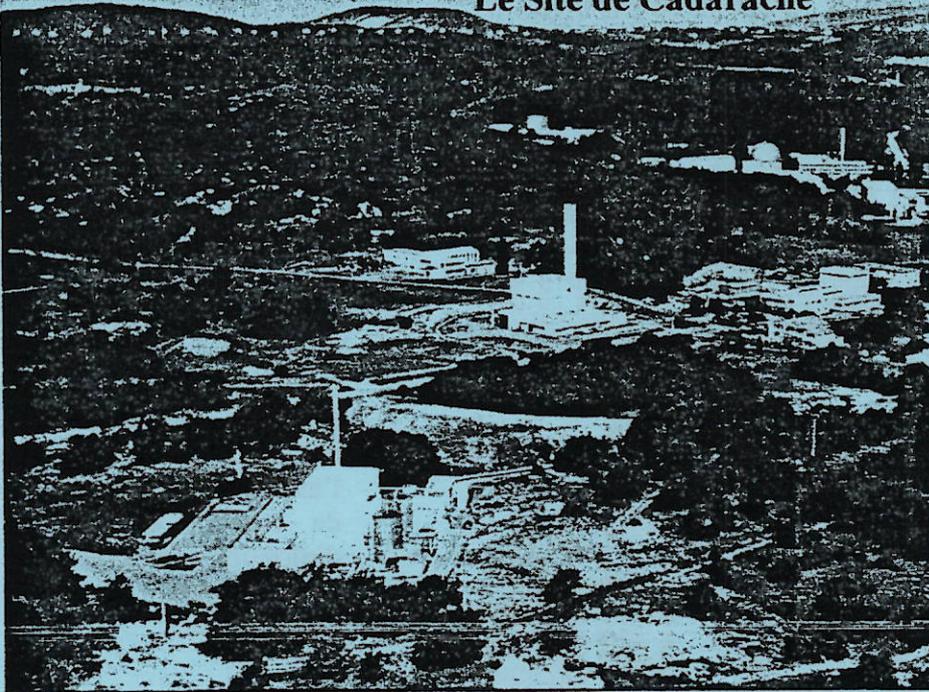
L'inauguration d'OSIRIS (1966)

On reconnaît de gauche à droite:
MM Chatoux, Laplante, Horowitz et
Chauvez (Directeur du Centre de
Saclay)



La maquette neutronique ISIS sert à déterminer les bilans de réactivité du coeur d'OSIRIS en présence des dispositifs expérimentaux (boucles, capsules) à mettre en place dans ce dernier réacteur. Un canal de liaison en eau permet le transfert de ces dispositifs entre les deux réacteurs.

Le Site de Cadarache

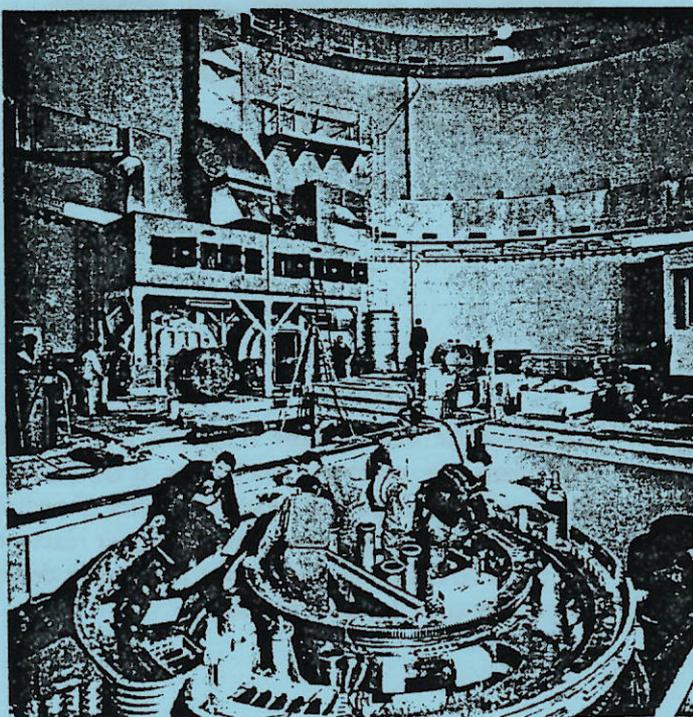
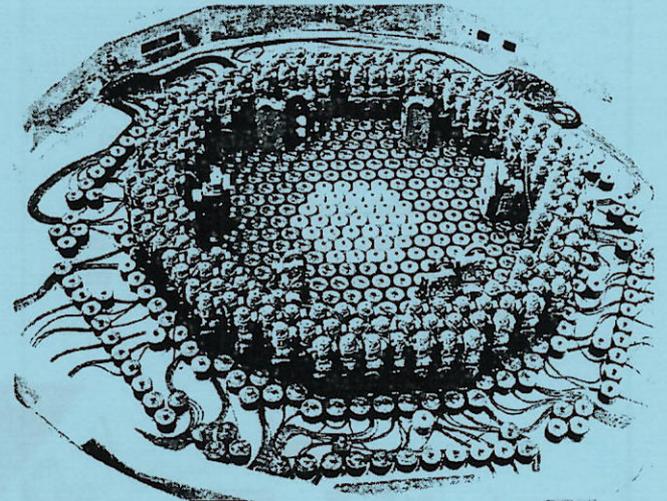


Le Site de Cadarache

De l'avant à l'arrière de la photographie, on découvre le bâtiment des réacteurs CABRI / SCARABEE, le réacteur PHEBUS, à droite le dôme de RAPSODIE, puis au fond le bâtiment circulaire de MASURCA.

La maquette neutronique CESAR

est destinée à l'étude de la neutronique à chaud (500°C) des réseaux de combustibles UNGG pour les Centrales EDF.



Le réacteur RAPSODIE

Montage des équipements à l'intérieur des deux bouchons tournants du réacteur RAPSODIE.

Un petit bouchon excentré par rapport à un grand bouchon permet le positionnement du canal de manutention au droit des éléments à charger ou à décharger.

Figure n° 2

UTILISATION DES REACTEURS EXPERIMENTAUX

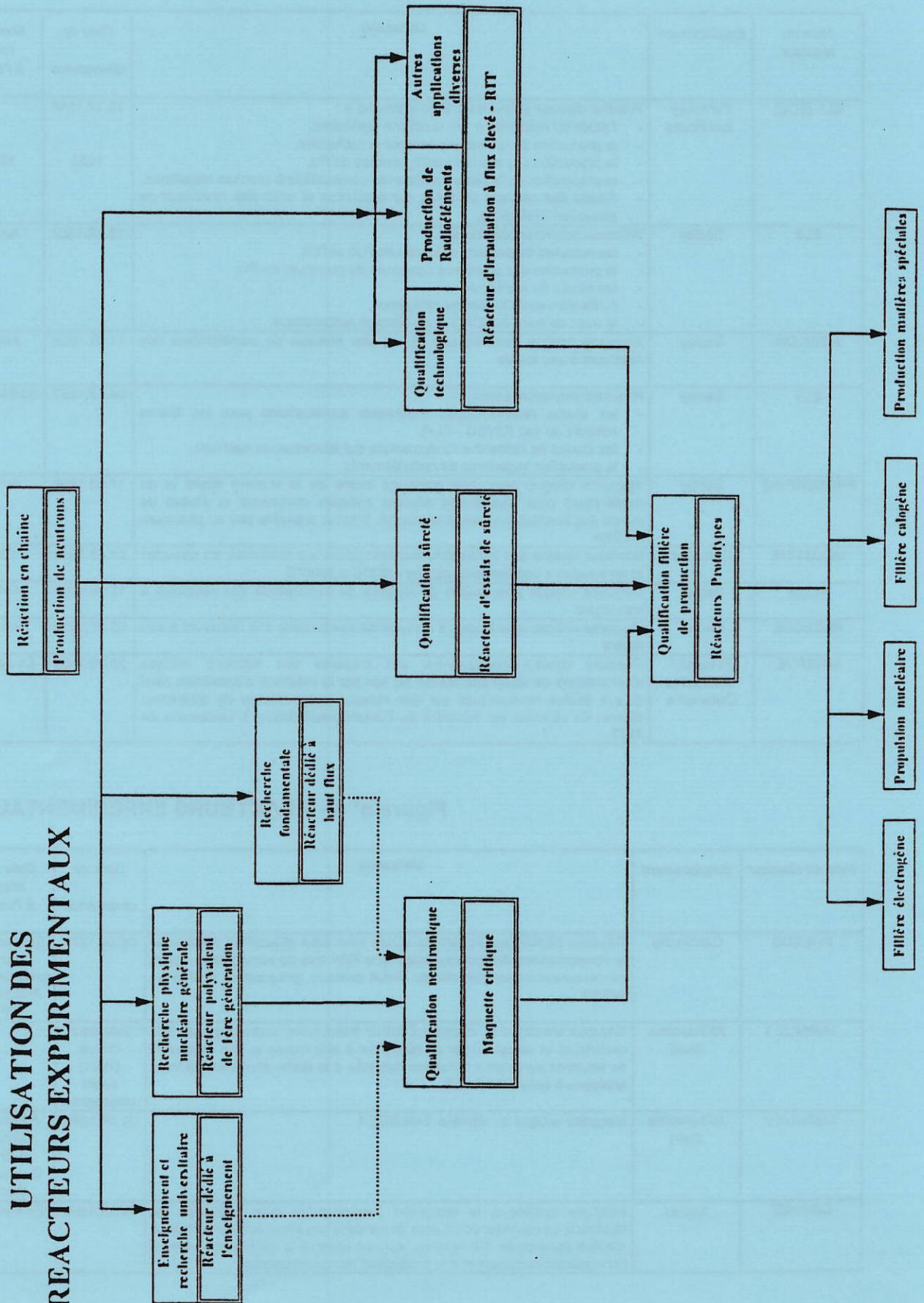


Figure n° 1 - REACTEURS EXPERIMENTAUX REALISES

Nom du réacteur	Emplacement	Utilisation	Date de divergence	Date de mise à l'arrêt	Puissance
					MW th
EL1 (ZOE)	Fontenay aux Roses	Premier réacteur polyvalent français destiné à : - l'étude du mécanisme des réactions nucléaires, - la production de radioéléments pour la recherche, - la production des premiers milligrammes de Pu, - la préparation de la pile suivante avec combustible à uranium métallique, - l'étude des sections efficaces par oscillation et celle des matériaux de protection (Naïade 1).	15.12.1948 1953	1976	0 puis 0,15
					1 puis 2
EL2	Saclay	Réacteur polyvalent destiné à : - les mesures de sections efficaces de l'U5 et l'U8, - la production des premières centaines de grammes de Pu, - les essais de matériaux, - l'utilisation du CO2 comme réfrigérant, - la mise au point des DRG et du pilotage automatique.	13.12.1952	Arrêté	1 puis 2
AQUILON	Saclay	Maquette critique destinée aux études des réseaux de combustibles des réacteurs à eau lourde	11.01.1956	Arrêté	0
EL3	Saclay	Réacteur polyvalent pour : - les études technologiques d'éléments combustibles pour les filières refroidis au gaz (UNGG - EL4), - les études de recherche fondamentale sur faisceaux de neutrons, - la production importante de radioéléments	04.07.1957	30.03.1979	15 puis 18
PROSERPINE	Saclay	Maquette critique homogène (mélange intime de la matière fissile et du modérateur) pour études des masses critiques minimales et études de sûreté des installations liées à la criticité. C'est la première pile au plutonium du CEA	17.03.1958	Arrêté	0
MELUSINE	Grenoble	Réacteur destiné aux irradiations technologiques sur matériaux en capsules et en boucles à des températures de - 253°C à 2000°C	01.07.1958	1988	1 puis 2
ALIZE	Saclay	Maquette critique pour études de réseaux de combustible des réacteurs à eau légère	18.06.1959	Arrêté	0
RUBEOLE	Saclay	Maquette critique pour étude de réseaux de combustible des réacteurs à eau légère	03.07.1959	Arrêté	0
MINERVE	Fontenay aux Roses Cadarache	Réacteur destiné spécialement aux mesures des sections efficace d'échantillons de matériaux fissiles ou non par la méthode d'oscillation ainsi qu'aux études neutroniques sur des réseaux combustibles de différentes filières. Ce réacteur est transféré de Fontenay-aux-Roses à Cadarache en 1977	29.09.1959	En service	0

Figure n° 4 - REACTEURS EXPERIMENTAUX REALISES

Nom du réacteur	Emplacement	Utilisation	Date de divergence	Date de mise à l'arrêt	Puissance
					MW th
PHEBUS	Cadarache	Réacteur destiné aux études de sûreté avec pour objectif de déterminer le comportement des combustibles type REP lors du remouillage, après dépressurisation accidentelle du circuit primaire (programme PHEBUS-APRP)	09.08.1978	En service sur programme PHEBUS-PF	60
TAMMUZ 1	Al-Tuwaitha (Irak)	Réacteur identique au réacteur OSIRIS (irradiations technologiques sur matériaux) et complété par un réflecteur à eau lourde et des faisceaux de neutrons sortis pour utilisation destinée à la recherche fondamentale analogue à celle d'ORPHEE	Réacteur détruit (1981) avant divergence		40
TAMMUZ 2	Al-Tuwaitha (Irak)	Maquette critique du réacteur TAMMUZ 1	30.06.1980	Réacteur détruit (1991) Guerre du Golfe	0.7
ORPHEE	Saclay	Réacteur destiné à la recherche fondamentale avec utilisation de faisceaux de neutrons sortis pour étude de la physique nucléaire et de la matière condensée. Ce réacteur sert en outre à la neutronographie, à l'analyse par activation et à la production de radioéléments	19.12.1980	En service	14

PAR LES SERVICES SCIENTIFIQUES DU CEA (1946 - 1959)

<i>Caractéristiques principales</i>				
Combustible	Modérateur	Refroidissement		
UO2 (U naturel) puis U métal naturel	D20 D20	D20 D20	1949	• Création du site de Saclay
U métal naturel	D20	Azote puis CO2	1952	• Création de la Direction Industrielle • Création du Département des Etudes de Piles • Choix du site de Marcoule comme futur centre de production de plutonium
UO2	D20	Néant	1956	• Création du Service de Construction des Piles • Création de l'Institut National des Sciences et Techniques Nucléaires
U légèrement enrichi puis UO2 enrichi	D20	D20 et graphite		
Solution de sulfate de Pu dans l'eau	BeO et graphite	Néant	1956	• Création du Groupe de Travail de Sûreté des Piles au CEA
UA' enrichi	H2O piscine	H2O		
U enrichi	H2O	Néant		
UO2 enrichi	BeO (glucine)	Néant		
UA' enrichi	Graphite et H2O piscine	Néant		

PAR TECHNICATOME (1972 - 1980)

<i>Caractéristiques principales</i>				
Combustible	Modérateur	Refroidissement		
UO2 enrichi	H2O piscine	H2O		
UO2 enrichi	H2O piscine	H2O		
UO2 enrichi	H2O piscine	H2O		
UO2 enrichi	H2O piscine	H2O piscine	1980	Divergence des réacteurs de Gravelines 1 et Dampierre 1 (EDF)

Figure n° 3 - REACTEURS EXPERIMENTAUX ET PROTOTYPES

Nom du réacteur	Emplacement	Utilisation	Date de divergence	Date de mise à l'arrêt	Puissance
					MW th
G1	Marcoule	Réacteur plutonigène	07.01.1956	1968	42
G2	Marcoule	Réacteur plutonigène et production d'électricité associée	21.06.1958	1980	250
G3	Marcoule	Réacteur plutonigène et production d'électricité associée	11.06.1959	1984	250
TRITON	Fontenay aux Roses	Réacteur destiné aux irradiations, notamment pour la production de radioéléments. Un deuxième cœur implanté en piscine sert aux études de protection (Naïade 2)	30.06.1959	1982	1 puis 2 à 3
MARIUS	Marcoule Cadarache	Maquette critique pour l'étude de la neutronique à froid des réseaux U naturel - graphite des réacteurs EDF. Ce réacteur est transféré de Marcoule à Cadarache en 1965 dans le bâtiment du réacteur CESAR	07.01.1960	1973	0
PEGGY	Saclay Cadarache	Maquette critique du réacteur Pégase. Ce réacteur est transféré de Saclay à Cadarache le 28.11.1961	02.02.1961	1974	0
ULYSSE	Saclay	Réacteur destiné à l'enseignement pour l'INSTN	23.07.1961	En service	0.1
SILOE	Grenoble	Réacteur destiné aux irradiations technologiques sur matériaux en capsules et en boucles ainsi qu'à la recherche fondamentale sur faisceaux de neutrons sortis.	18.03.1963	En service jusqu'à fin 97	15, 30 puis 35
PEGASE	Cadarache	Réacteur destiné aux irradiations technologiques des combustibles des réacteurs refroidis au gaz (UNGG - EL4). Première piscine à recevoir un cuvelage en acier inoxydable	4.04.1963	1974	35
CABRI	Cadarache	Réacteur destiné aux études de sûreté initialement sur les cœurs des réacteurs du type piscine, puis à ceux des réacteurs rapides (programme SURA).	21.12.1963	En service sur autres filières	
SILOETTE	Grenoble	Maquette critique du réacteur SILOE. Ce réacteur assurera ultérieurement la formation de chefs de quart et de conducteurs de pile	5.5.1964	En service	0.1
CESAR	Cadarache	Maquette critique pour l'étude de la neutronique à chaud des réseaux U naturel - graphite des réacteurs EDF jusqu'à 500°C	19.12.1964	1973	0.1 - 0.5 max.
HARMONIE	Cadarache	Réacteur source destiné aux expériences en neutrons rapides, notamment dans le domaine des protections biologiques	25.08.1965	1995	0
EOLE	Cadarache	Maquette critique pour l'étude des réseaux neutroniques en eau lourde - plutonium des réacteurs CELESTINS. Ce réacteur sert par la suite aux expérimentations neutroniques pour les Réacteurs à Eau Pressurisée d'EDF (combustibles UO ₂ et MOX).	2.12.1965	En service	0
ISIS	Saclay	Maquette critique du réacteur OSIRIS. Elle sert notamment à la « pesée neutronique » des expériences avant chargement dans OSIRIS. Les deux réacteurs sont liés par un canal d'eau	28.04.1966	En service	0.1 puis 0.7
OSIRIS	Saclay	Réacteur destiné aux irradiations technologiques sur matériaux en capsules et en boucles. OSIRIS, comme SILOE, assurent, outre leur mission initiale, la production de radioéléments destinés à la médecine nucléaire (irradiation de cibles U ₃ pour la production de Te ^{99m}) ainsi qu'à l'irradiation de Si pour l'industrie électrique	10.09.1966	En service	50 puis 70
ULYSSE-STRASBOURG	Université Strasbourg	Réacteur destiné à l'enseignement	22.11.1966	En service	0.1
MASURCA	Cadarache	Maquette critique pour l'étude des réseaux neutroniques des réacteurs à neutrons rapides	15.12.1966	En service	
EL4	Brennilis	Réacteur à eau lourde destinée à la production d'électricité	23.12.1966	1985	240 (70 MWe)
RAPSODIE	Cadarache	Réacteur surgénérateur à neutrons rapides. Sa puissance est ensuite augmentée sous le nom de programme FORTISSIMO	29.01.1967	1983	24 puis 40
CELESTIN 1	Marcoule	Réacteur à eau lourde destinée à la production de Tritium pour la Direction des Applications Militaires	15.05.1967	En service	190
CELESTIN 2	Marcoule	Même utilisation que pour CELESTIN 1. Ces réacteurs assurent, outre leur mission initiale, des irradiations de cibles dont le Cobalt, le Neptunium (pour production de ²³⁸ Pu) et la production de transplutoniens	3.10.1968	En service	190
RHF	Grenoble	Réacteur destiné à la recherche fondamentale avec utilisation de faisceaux de neutrons sortis pour étude de la physique nucléaire et de la matière condensée. Réalisé dans le cadre d'un accord franco-allemand créant l'Institut Laue Langevin (ILL). La rénovation par changement de la cuve du réacteur est effectuée en 1994	08.1971	En service	57
SCARABEE	Cadarache	Réacteur destiné aux études de sûreté sur les réacteurs à neutrons rapides (programme SURA sur les conséquences d'un accident local de refroidissement)	1972	En service	
PHENIX	Marcoule	Réacteur surgénérateur à neutrons rapides destiné à la production d'électricité	31.08.1973	En service	530 (250 MWe)

REALISES PAR LE SCP ET LE DCP (1952-1972)

Caractéristiques principales			Autres événements historiques	
Combustible	Modérateur	Refroidissement		
U naturel	Graphite	Air atmosphérique	1956	<ul style="list-style-type: none"> • Création du Service de Construction des Piles • Divergence du réacteur AQUILON à Saclay • Divergence du réacteur EL3 à Saclay
U naturel	Graphite	CO2	1957	
U naturel	Graphite	CO2	1958	<ul style="list-style-type: none"> • Création du Groupe de Travail de Sécurité des Piles au CEA • Divergence du réacteur MELUSINE à Grenoble.
U naturel	Graphite	CO2	1959	
UA/ enrichi	H2O piscine	H2O		<ul style="list-style-type: none"> • Divergence de TRITON et MINERVE à Fontenay aux Roses • Divergence du réacteur ALIZE à Saclay
U naturel ou enrichi	Graphite	Néant	1960	<ul style="list-style-type: none"> • Création du Département de Construction des Piles • Création du CEN Cadarache • Création de la Commission de Sécurité des Installations Atomiques au CEA
UA/ enrichi	H2O piscine	Néant	1961	<ul style="list-style-type: none"> • Divergence du réacteur RACHEL à Saclay • Accident de réactivité sur le réacteur expérimental américain SL1
UA/ enrichi	H2O	H2O	1962	<ul style="list-style-type: none"> • Divergence du réacteur AZUR à Cadarache (DPN) • Divergence du réacteur EDF 1 à Chinon
UA/ enrichi	H2O piscine	H2O	1963	<ul style="list-style-type: none"> • Premiers décrets de création des Installations Nucléaires de Base (INB)
UA/ enrichi	H2O piscine	H2O		
UA/ enrichi	H2O piscine	H2O		
UA/ enrichi	H2O piscine	H2O		
U naturel et enrichi	Graphite	CO2	1964	<ul style="list-style-type: none"> • Divergence du réacteur EDF 2 à Chinon • Divergence du réacteur PAT à Cadarache (DPN)
UA/ enrichi	Néant	Air	1965	<ul style="list-style-type: none"> • Première rupture de gaine sur le réacteur SILOE par fusion de plaque
U naturel et divers enrichissements	D2O puis H2O	Néant		
UA/ enrichi	H2O piscine	H2O	1966	<ul style="list-style-type: none"> • Divergence du réacteur EDF 3 à Chinon • Divergence du premier Réacteur à Eau Pressurisée : CHOOZ A (centrale franco-belge)
UA/ enrichi	H2O piscine	H2O		
UA/ enrichi	H2O	H2O		
U enrichi Pu	Néant	Air		
UO2 un peu enrichi	D2O	CO2		
U enrichi Pu	Néant	Sodium	1967	<ul style="list-style-type: none"> • Rupture de gaine sur EL3
Pu-A/	D2O	D2O		
Pu-A/	D2O	D2O	1968	<ul style="list-style-type: none"> • Divergence du réacteur SL1 (EDF) à Saint-Laurent des Eaux • Divergence du Sous Marin « Le Redoutable » à Cherbourg (DPN-DCN) • Rupture de gaine sur le réacteur PEGASE par fusion de plaque • Divergence du réacteur SL2 (EDF)
UA/ enrichi	D2O	D2O	1970	
UA/ enrichi	D2O	D2O	1971	<ul style="list-style-type: none"> • Divergence du réacteur BUGEY 1 (EDF) • Création de la Division de Construction des Réacteurs • Création du Département de Sécurité Nucléaire (DSN)
UA/ enrichi	H2O piscine	H2O	1972	<ul style="list-style-type: none"> • Divergence du réacteur Fessenheim 1 (REP-EDF) • Création de la Société TECHNICATOME
UO2 - Pu O2	Néant	Sodium	1973	<ul style="list-style-type: none"> • Divergence du réacteur Fessenheim 2 (EDF) • Création du Service Central de Sécurité des Installations Nucléaires (SCSIN)

TABLEAU N° 10 - LES DONNÉES DE LA RECHERCHE

N° de l'opération	Description de l'opération	Caractéristiques de l'opération		
		Montant	Unité	Statut
1	Opération de crédit à court terme	1000	1000	Actif
2	Opération de crédit à moyen terme	2000	2000	Actif
3	Opération de crédit à long terme	3000	3000	Actif
4	Opération de crédit à court terme	4000	4000	Actif
5	Opération de crédit à moyen terme	5000	5000	Actif
6	Opération de crédit à long terme	6000	6000	Actif
7	Opération de crédit à court terme	7000	7000	Actif
8	Opération de crédit à moyen terme	8000	8000	Actif
9	Opération de crédit à long terme	9000	9000	Actif
10	Opération de crédit à court terme	10000	10000	Actif
11	Opération de crédit à moyen terme	11000	11000	Actif
12	Opération de crédit à long terme	12000	12000	Actif
13	Opération de crédit à court terme	13000	13000	Actif
14	Opération de crédit à moyen terme	14000	14000	Actif
15	Opération de crédit à long terme	15000	15000	Actif
16	Opération de crédit à court terme	16000	16000	Actif
17	Opération de crédit à moyen terme	17000	17000	Actif
18	Opération de crédit à long terme	18000	18000	Actif
19	Opération de crédit à court terme	19000	19000	Actif
20	Opération de crédit à moyen terme	20000	20000	Actif
21	Opération de crédit à long terme	21000	21000	Actif
22	Opération de crédit à court terme	22000	22000	Actif
23	Opération de crédit à moyen terme	23000	23000	Actif
24	Opération de crédit à long terme	24000	24000	Actif
25	Opération de crédit à court terme	25000	25000	Actif
26	Opération de crédit à moyen terme	26000	26000	Actif
27	Opération de crédit à long terme	27000	27000	Actif
28	Opération de crédit à court terme	28000	28000	Actif
29	Opération de crédit à moyen terme	29000	29000	Actif
30	Opération de crédit à long terme	30000	30000	Actif