

# **Georges Vendryes raconte la fabuleuse aventure des réacteurs à neutrons rapides**

dimanche 31 octobre 2010, par [PH](#)

## **Cinquantième anniversaire du Centre de Marcoule, 14 Octobre 2005 Exposé de Georges Vendryes sur la filière française des réacteurs à neutrons rapides et Phénix**

Ma dernière visite à Marcoule remonte à sept ans déjà, pour une cérémonie au cours de laquelle le Président de l'American Nuclear Society décerna à Phénix le titre bien mérité de Nuclear Historic Landmark.

Cependant les liens de ce centre avec les réacteurs à neutrons rapides sont bien antérieurs. Au début de l'an prochain se fêtera le cinquantième anniversaire de la divergence de G1. Pour effectuer les essais neutroniques de cette première pile au graphite nous avons constitué une importante équipe, dirigée par Pierre Zaleski, avec une idée précise derrière la tête. Nous avons dès le départ prévu qu'une fois G1 en service, au lieu de disperser cette équipe de neutroniciens, de physiciens et d'ingénieurs qui avaient appris pendant un an à travailler et à vivre en étroite communauté, nous en ferions le noyau du programme de réacteurs à neutrons rapides que nous avons l'intention de lancer. C'est ainsi que dès 1957 la même équipe se consacra à l'avant-projet de Rapsodie, et qu'elle fit mouvement vers Cadarache dès que ce centre fut ouvert.

Nous nous engageons dans ce nouveau domaine bien après les Américains, les Anglais et les Russes, mais alors que leurs réacteurs à neutrons rapides utilisaient un combustible métallique à uranium très enrichi, nous avons délibérément fait choix pour Rapsodie d'un combustible oxyde, chargé en plutonium, en considérant qu'il s'agissait là de la meilleure option pour l'avenir.

Les résultats très encourageants de Rapsodie nous ont très tôt amenés à engager l'étape suivante, le réacteur de démonstration Phénix. Il s'agissait là d'un pari hardi, puisque nous passions d'une modeste pile expérimentale de 40 MW thermiques à une centrale de 250 MW électriques, dont la conception intégrée du circuit primaire était entièrement nouvelle. Il est à remarquer qu'au même moment, et à partir des mêmes considérations de sûreté, les Anglais adoptaient pour leur PFR des caractéristiques analogues.

Phénix était très demandé et plusieurs centres souhaitaient l'accueillir sur leur territoire. Roger Boussard, qui dirigeait alors La Hague, était très insistant, mais malheureusement le jour où j'ai répondu à son invitation pour visiter l'emplacement qu'il proposait pour y implanter Phénix, un brouillard épais s'était abattu sur le Nord du Cotentin. On n'y voyait pas à deux mètres. Après avoir erré à tâtons, nous avons dû renoncer à trouver cet endroit rêvé et je n'ai pu en prendre connaissance

que sur une carte. C'est finalement le site de Marcoule qui fut retenu et nous avons toujours eu lieu de nous féliciter de ce choix. Pour effectuer l'ingénierie et la construction de Phénix, une formule originale fut mise en place, celle d'une organisation intégrée qui regroupait sous la direction de Rémy Carle, de Jean Mégy et de Michel Rozenholc des ingénieurs venus du CEA, d'EDF et de GAAA, à qui étaient confiées des tâches et des responsabilités en fonction de leur seule expérience technique, indépendamment de leur appartenance professionnelle. Le chantier fut mené tambour battant. A peine plus de quatre ans s'écoulèrent entre le jour où fut coulé le premier béton et celui de la première divergence, et il en fallut ensuite moins d'un jusqu'à la mise en service industrielle, le 14 juillet 1974.

La vie de Phénix connut plusieurs phases. Pendant les quinze premières années son fonctionnement fut, dans l'ensemble, extrêmement satisfaisant. Une vingtaine de TWh furent fournis au réseau EDF, avec un facteur de charge moyen de 60%, et un rendement thermodynamique approchant de 45%. On vérifia que le réacteur était bien surgénérateur, avec le taux prévu par le calcul. La centrale se signala tout de suite pour avoir une conduite aisée et une grande souplesse et ses réactions semblèrent presque molles, du fait de la grande inertie thermique du caloporteur. Les résultats en matière de radioprotection furent particulièrement satisfaisants, avec une très faible exposition du personnel de conduite et d'entretien. Les effluents étaient extrêmement réduits, les effets sur l'environnement négligeables. On put maintenir en permanence à un niveau convenable la pureté du sodium, dont le principal inconvénient demeure son opacité, ce qui nécessita et nécessitera encore le développement de méthodes d'observation spécifiques, tels que le visus par ultrasons.

Sous la direction d'Emmanuel Grison, les équipes de la Division du Combustible du CEA firent un travail remarquable pour concevoir et fabriquer des éléments combustibles contenant un mélange d'oxydes de plutonium et d'uranium appauvri, et améliorer continûment leurs performances. Le taux de combustion fut porté progressivement bien au-delà de l'objectif initial de 100.000 MWj/tonne. Une expérience unique fut acquise sur le comportement des aciers de gaines et de structures, permettant la mise au pont de nuances présentant une bonne tenue et un gonflement modéré sous irradiation de neutrons rapides. On n'observa qu'un nombre très limité de ruptures de gaines, qui furent toutes détectées immédiatement et aussitôt suivies des interventions adéquates. Le retraitement du combustible et de la couverture après irradiation se fit en régime soit à La Hague, soit dans l'installation TOR à Marcoule. Au total près de cinq cœurs furent retraités, et une bonne partie du combustible fut recyclé trois fois dans le réacteur.

Ces bons résultats ne signifient nullement que le fonctionnement de Phénix ne connut pas de difficultés. Des problèmes récurrents se manifestèrent sur les échangeurs intermédiaires et les générateurs de vapeur. Des pertes d'étanchéité, notamment aux soudures, donnèrent lieu, en moyenne une fois par an, à des fuites et à des feux de sodium localisés, et également à quelques réactions entre sodium

et eau en raison de défauts aux tubes des générateurs de vapeur. Dans tous les cas les dispositifs de détection et de parade fonctionnèrent de façon satisfaisante, et les incidents, bien maîtrisés, n'entraînèrent aucune conséquence susceptible d'affecter la sûreté de la centrale. Il n'empêche que ces incidents répétitifs ont souligné la nécessité de progrès substantiels dans la conception et la fabrication de plusieurs composants-clés, la mise au point de matériaux améliorés et le recours à des méthodes de contrôle de qualité plus sévères.

C'est alors qu'une certaine routine semblait s'installer que survinrent, à ma connaissance sans préavis, une série d'arrêts d'urgence par réactivité négative, en septembre 1989, puis de nouveau un an plus tard, dans des conditions qui ruinaient l'explication qu'on avait cru trouver aux précédents. Tout conduit à penser qu'on n'a pas eu affaire à un parasite aléatoire, mais à un phénomène réel traduisant un éventuel défaut au niveau du circuit primaire, à traiter avec la plus grande vigilance comme tout ce qui est susceptible d'affecter la réactivité d'un réacteur à neutrons rapides. Des efforts énormes furent déployés pour trouver la cause de ces arrêts d'urgence intempestifs, malheureusement sans aucun succès jusqu'à présent. Il est très insatisfaisant que le coupable nous ait échappé, même si les précautions prises entre temps peuvent rendre confiant quant à la sûreté du réacteur. Je me permets en tout cas d'insister pour que l'affaire ne soit pas considérée comme classée.

Quoi qu'il en soit, ces événements imprévus furent à l'origine d'une interruption dans la marche du réacteur, qui se prolongea pendant une durée comparable à celle du fonctionnement précédent. Elle ne fut pas uniquement consacrée à l'analyse des arrêts d'urgence et aux mesures à prendre pour parer à leur éventuel retour, elle comporta un réexamen général de l'ensemble de la sûreté de l'installation, sur des bases actualisées. Le redémarrage de Phénix fut finalement accepté par l'Autorité de Sûreté, mais en le subordonnant à un volume considérable de travaux. Leur montant, en monnaie constante, représente environ le tiers du coût de la construction initiale de la centrale.

Depuis le début de 2004 nous avons la grande satisfaction de voir à nouveau Phénix fonctionner, comme dans sa jeunesse, avec une régularité remarquable, ainsi que vous l'exposera tout à l'heure Joel Guidez. Cette situation est de bon augure et nous espérons tous que, grâce aux efforts de l'équipe de Phénix, elle se poursuivra. Après la cure de jouvence à laquelle il vient d'être soumis, je trouverais extrêmement souhaitable que la vie de cet outil si précieux soit prolongée au-delà du terme maintenant très proche qui lui est assigné aujourd'hui.

Je ne puis quitter Phénix sans évoquer l'atmosphère exceptionnelle d'enthousiasme, de ferveur, de dévouement au travail, qui n'a cessé de caractériser la conception, la réalisation et l'exploitation de cette centrale nucléaire qui est à la fois la plus ancienne de France et l'annonciatrice de l'avenir. A tout moment tous ceux qui ont donné le meilleur d'eux-mêmes à cette aventure exaltante ont fait preuve d'un

allant, d'une ardeur, d'une compétence technique qui témoigne qu'ils étaient conscients d'être les pionniers d'une vaste et durable entreprise. Je tiens à leur rendre hommage en la personne de ceux qui ont successivement tenu la barre : Fernand Conte, Michel Gelée, Xavier Elie, Alain Lafon, Jean-François Sauvage, et maintenant Joel Guidez.

Les bons résultats de Phénix ont poussé à en réaliser sans attendre une version agrandie avec Superphénix. On a pu critiquer la hâte avec laquelle ce passage a eu lieu, mais il faut se replacer dans le contexte du milieu de la décennie 70, où les perspectives de développement de l'énergie nucléaire étaient très amples, dans tous les pays, sans qu'on puisse exclure à terme peu éloigné la menace d'une augmentation sensible du coût de l'uranium naturel. En outre, s'il faut énormément de temps et de peine pour créer un tissu cohérent d'expertise technique dans une technologie de pointe, il ne peut se maintenir et s'enrichir que dans le cadre de nouveaux projets. Toute pause prolongée se traduit inmanquablement par une déperdition extrêmement rapide de la compétence technique et industrielle. C'est là une dynamique interne que connaissent bien par exemple nos amis de la fusion.

Il importe de souligner l'esprit résolument européen dans lequel s'est développée la filière française des réacteurs à neutrons rapides. Il y en avait déjà eu des prémices avec la réalisation de Rapsodie, d'Harmonie et de Masurca dans le cadre d'une association avec Euratom. Mais c'est avec Superphénix que cette stratégie, sur laquelle EDF et le CEA s'étaient mis d'accord, a pris sa véritable dimension.

Après vingt ans d'efforts patients nous étions parvenus à associer étroitement la France, l'Allemagne, l'Italie, la Grande Bretagne et le Benelux pour aller ensemble de l'avant dans le domaine des surgénérateurs, sur tous les plans, qu'il s'agisse de la R et D, des normes de sûreté, de l'ingénierie, des moyens industriels, de l'exploitation, etc... Certes cette entreprise, après avoir fonctionné pendant quelques années à la satisfaction générale de ses membres, s'est ensuite entièrement dissoute, à la suite de l'arrêt des programmes nucléaires dans la plupart des pays participants.

Si je tiens à la rappeler c'est que je vois en elle un exemple porteur d'avenir. Je crois, aujourd'hui comme à l'époque, que le développement futur de l'énergie nucléaire nécessitera une telle concentration de moyens au-delà de l'échelle nationale. Nos efforts n'ont d'ailleurs pas été complètement vains. C'est à l'occasion de Superphénix et de ce qui fut la collaboration franco-allemande sur les réacteurs à neutrons rapides que Framatome et Siemens apprirent à travailler ensemble, malgré des réticences extrêmement vives de ce dernier au départ. La connaissance et le respect mutuels qui en résultèrent rendirent possible leur rapprochement ultérieur sur les centrales à eau, qui était inimaginable dix ans plus tôt.

Il fallut dix ans pour construire Superphénix, dans un climat de contestation croissante qui comporta des attaques d'une extrême violence. Lors des grandes

manifestations de juillet 1976 et juillet 1977 des milliers de jeunes européens en vacances furent poussés à l'assaut du site, encadrés par des militants bien organisés et entraînés à la guérilla. Une nuit de janvier 1982 des roquettes anti-char furent lancées sur le bâtiment abritant le réacteur en construction par un groupe de terroristes animés par un conseiller vert de Genève qui s'en vanta vingt ans plus tard.

Pendant ses quelque dix ans de fonctionnement la centrale fut soumise à un harcèlement ininterrompu de procédures juridiques destinées à la paralyser et à des campagnes de dénigrement systématique, comme celle que lança la CRIRAD à l'automne 1990 en prétendant faussement que Superphénix rejetait du plutonium dans le Rhône.

La centrale connut certes une série d'incidents fort regrettables, notamment une fuite de sodium au barillet de stockage des éléments combustibles due à un choix d'acier malencontreux, une pollution du sodium du circuit primaire à la suite d'une rentrée d'air qui tarda à être détectée, une légère et erratique fuite d'argon à un endroit très difficilement accessible de l'un des échangeurs intermédiaires. Cependant à aucun moment ni la sûreté de la centrale ni sa conception générale ne furent mises en cause.

Comme tout prototype, Superphénix connut des maladies de jeunesse, mais il ne mourut ni d'un cancer, ni d'une crise cardiaque. Il fut tout simplement tué alors qu'il était en pleine santé. Il ne faut cesser de rappeler que pendant l'année 1996, la dernière où cette centrale fut autorisée à fonctionner, elle fut couplée 250 jours au réseau électrique auquel elle fournit 3,4 TWh. Tout au long de ces douze mois, elle fut disponible 95% du temps hors arrêts programmés, et un seul incident fut enregistré, au niveau 1 de l'échelle.

La décision qui fut prise par le pouvoir politique d'arrêter Superphénix ne visait pas tant à interrompre prématurément son fonctionnement qu'à le détruire. En témoignent les instructions pressantes qui furent données à EDF de procéder sans attendre et par les voies les plus expéditives à sa démolition physique, afin de rendre impossible tout retour en arrière.

Il est certes inutile de se perdre en lamentations sur un fait accompli, quel que soit le jugement que l'on porte sur ses auteurs. On ne peut néanmoins s'empêcher de penser combien l'existence de Superphénix nous serait précieuse pour poursuivre les études de la consommation in situ de produits à vie longue tels que les actinides, dans le cadre de la loi de 1991 sur la gestion des déchets radioactifs. En outre, la France occuperait aujourd'hui grâce à lui une position dominante dans le cadre international du Forum Generation Four, qui a placé les réacteurs à neutrons rapides au premier rang de ses objectifs.

Ce qui s'est passé ne change rien au fait que, si l'énergie nucléaire doit se maintenir et se développer pour contribuer à satisfaire sur le long terme les gigantesques

besoins en énergie de l'humanité, elle ne pourra le faire qu'au moyen des surgénérateurs. De grands pays, la Russie, le Japon, l'Inde, la Chine, poursuivent ou entreprennent une action vigoureuse sur les réacteurs à neutrons rapides à sodium. Ce sont eux qui vont désormais prendre la tête du mouvement, en occupant la place que notre pays a délibérément abandonnée.

Il faudra bien que la France y revienne tôt ou tard, mais je ne puis m'empêcher de penser que les conditions dans lesquelles s'est achevée l'étape Superphénix constituent pour elle un handicap durable. Je crains que pendant longtemps le CEA bute sur l'obstacle psychologique de devoir se démarquer d'options techniques qui ont été rejetées pour des considérations politiques et se trouve soumis à la contrainte artificielle d'explorer systématiquement d'autres voies.

Seul l'avenir le dira. Je souhaite de tout coeur bonne chance, beaucoup de courage et d'obstination à ceux qui reprendront un jour le témoin qui a été jeté à terre. Comme le dit la phrase de Sénèque qui est gravée dans le sol du réacteur surgénérateur japonais Joyo : "Veniet tempus, quo posteris tam aperta nos nescisse mirentur. Le temps viendra où nos descendants s'étonneront que nous ayons méconnu de telles évidences".

2 Messages de forum

### **Georges Vendryes raconte la fabuleuse aventure des réacteurs à neutrons rapides**

30 décembre 2010 01:27, par egypt

Merci cher pour ce merveilleux article qui comprend un grand nombre d'informations que j'ai particulièrement apprécié Baqraiguetha

هل تبحثين علي اجمل موقع العاب اذا يمكنك دخول اجمل موقع العاب والعب بنات في مصر كلها موقع

العب العب و موقع العاب بنات العب بنات مصر احلي موقع العاب والعب طبخ والعب تلبيس والعب جديده كل يوم ايضا يمكنك معرفة اجمل المعلومات الطبية فى احدث موقع طبي موقع طبيب طبيب معلومات طبية كل يوم اما ان كنتي اجتماعيه وتريد مناقشة الجميع فى مناقشات وحوارات , وصور وافلام واغاني ونقاش جاد يمكنك دخول افضل منتدي مصري منتديات بنات مصر , منتدي نسائي مصري متجدد المعلومات يوميا ولو بتحبي العاب التلبيس والملابس وازياء وحاجات حلوة ادخلي احسن موقع العب تلبيس العاب تلبيس جديده كل يوم للبنات والشباب يا حلويين , وكمان فى الموقع احلي العاب سيارات العب سيارات والعب سباق سيارات جديده كل يوم مسلية وممتعه لشباب وبنات مصر وللعلم عندنا فى موقعنا شات و دردشة واجمل شات شات اكيد اجمل شات و دردشة مصرية دردشة مصرية احلي شات يضم جميع ابناء الوطن العربي من كل مكان في شات و دردشة بنات مصر المميز وفي موقع العاب طبخ بنات مصر العب طبخ احلي العاب طبخ جديده كل يوم مسلية وممتعه , وكمان العاب دراجات واحلي العاب العب دراجات العاب دراجات نارية العب دراجات نارية العاب دراجات نارية جديده العاب سباق دراجات نارية , لمشاهدة افضل افلام مصرية وعربية يمكنك مشاهدة افلام

دردشة مصرية - دردشة مصر - شات مصر - مصر - دردشة - دردشة بنات - دردشة مصرية - دردشة كتابية شات نسيتك افضل شات كتابي سعودي شات واحسن دردشة سعودية دردشة وافضل شات كتابي سعودي شات سعودي

دليل

-

دليل مواقع

شات

شات سعودي

دردشة سعودية

منتديات

ترف

ترف الغلا

توت

الغاب

دليل توت

دليل

الغاب

الغاب بنات

الغاب جديدة

الغاب بنات

الغاب تلبيس

الغاب طبخ

الغاب تلوين

الغاب سيونج يوب

الغاب ياربي

الغاب زكاء

الغاب نكلودين

الغاب سيارات

الغاب كرة قدم

الغاب اطفال

الغاب قص الشعر

الغاب اكشن

الغاب مكياج

الغاب سيرت

يوتيوب

[تحميل هاك الاهداءات](#)

[هاك الاهداءات](#)

[تحاضير](#)

[قروبات بلاك بيرى](#)

[دليل](#)

[دليل](#)

[دليل](#)

[دليل](#)

[دليل](#)

[دليل](#)

[دليل](#)

[دليل](#)

[دليل](#)

[دليل](#)

[دليل](#)

[منتدى نجد مشاهدة افلام](#)

## [Georges Vendryes raconte la fabuleuse aventure des réacteurs à neutrons rapides](#)

27 novembre 2011 23:47, par as7by

[شات مصري شات مصري شات مصرية شات مصر اوى شات الجامعة شات بنات كول شات شباب كول دردشة مصري دردشة بنات مصر دردشة شات حنين مصر دردشة مهند المصري شات مصريه شات مصر شات مصريين شات مصر اوى شات بنات شات بنات مصر شات مصر شات مصر اويه شات مصر اوية شات شات مهند المصري شات مهند دردشة مهند شات بنات بحبك شات الجامعة شات خليجي شات حبي شات سعودي منتديات اصحابي منتديات اصحابي منتديات الصور منتديات الفن والفنانين منتديات الترحيب والمناسبات منتديات مصرية منتديات الدش والاستالات منتديات تطوير الشات منتديات التصاميم والجرافكس منتديات الكمبيوتر منتديات صحه اسرتك منتديات المطبخ منتديات الديكور والاثاث منتديات شباب وبنات منتديات العاب الموبيل منتديات القصص والروايات منتديات الشعر والشعراء منتديات اصحابي منتديات افلام منتديات برامج منتديات اسلاميه منتديات اسلامية منتديات العامه منتديات العامه منتديات الاعاب منتديات اصحابي منتديات الضحك والفرقة منتديات الحب والرومانسية والرومانسية منتديات الارشفة اصحابي منتدى اصحابي دردشة اصحابي الشات مهند المصري صاحب موقع اصحابي chat chat egypt المصري شات كتابي الشات الكتابي دردشة كتابيه اخر اخبار مصر اخبار مصر اخبار الرياضة اخبار الرياضة اخبار الحوادث اخبار العالم اخبار النجوم](#)



[اخبار الاهلى](#) [الاهلى](#) [اخبار منتدى](#) [اخبارك](#) [موقع اخبار news](#) [اخبار السيارات](#) [اخبار الاقتصاد](#) [اخبار الصحف](#)  
[ازياء كوش](#) [افراح](#) [ازياء محجبات](#) [girls games](#) [اسلاميات](#) [يوتيوب](#) [موقع اخبار](#)