

 **Le magazine**
des Ingénieurs de l'Armement

LE RENOUVEAU DU
NUCLEAIRE





NOS DOMAINES D'ACTIVITES

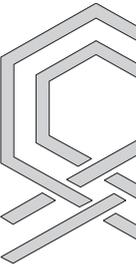
La conception, la réalisation, le déploiement de :

- Systèmes de communications et radiocommunications
- Systèmes de renseignements et de guerre électronique
- Systèmes d'information opérationnels
- Systèmes de surveillance, de détection et d'alerte
- Solutions pour le Homeland Security
 - L'intégration et l'adaptation des systèmes dans leur environnement fixe, mobile et projetable
 - Le maintien en condition opérationnelle

NOTRE PRINCIPAL CLIENT

- le Ministère de la Défense au profit des Etats-Majors et des Forces Armées
 - La Délégation Générale pour l'Armement
 - Les Services et Directions du Ministère de la Défense
- Le grands Maîtres d'œuvre industriels
- Les administrations étrangères (Ministères de la Défense, de l'intérieur ...)
- L'OTAN, l'UE,...

Agrément qualité ISO 9001/2000



Chers camarades,

Notre magazine est placé aujourd'hui sous le signe du nucléaire, source d'énergie.

Je tiens à remercier Edwige Bonnevie, qui a accepté d'en être le rédacteur en chef délégué et toute l'équipe des rédacteurs.

A l'heure où tant de choses se disent et s'écrivent sur le changement climatique, notre ambition dans ce numéro serait de sortir d'un discours parfois caricatural en vous proposant des témoignages concrets de nos camarades qui interviennent dans ce domaine, et qui permettent de construire une vision juste.

En effet, l'énergie est d'abord une question qui nécessite des bases techniques... Pensons à la différence entre kW et kWh incomprise par nombre de nos contemporains, ou à l'économie en tep/an et tonne de CO₂ - si elle existe - générée par une éolienne de 2 MW située en Haute-Marne ! L'énergie est un domaine complexe par nature, où une vision partielle peut conduire à une conclusion diamétralement opposée à la vision globale.

Pire, le comportement des personnes "pro" ou "anti" non raisonné entraîne parfois des décisions incohérentes selon le paradoxe de Condorcet.

Après des années de dénigrement écologique, l'électricité nucléaire est réapparue par surprise grâce à son absence de CO₂. Rappelons-nous cependant qu'avant ces années floues, c'était un secteur technologique et scientifique de pointe et qui devait donner à notre nation autonomie énergétique et puissance internationale. Un progrès immense auquel nombre d'entre nous ont contribué. Aujourd'hui, un nouveau défi à relever pour les jeunes générations d'IA ?

A quoi servent les corps techniques de l'Etat ? C'est la question posée par le Premier Ministre à MM Folz et Canepa. La CAIA a apporté des éléments de réponse dont vous trouverez tous les détails sur notre site. Mais en cette année de mutation pour l'Armement, - et malgré la crise financière - nous avons décidé d'organiser un colloque, le premier depuis longtemps, pour approfondir notre réflexion sur les nouveaux enjeux, l'évolution de nos métiers, et l'éthique des ingénieurs de l'Armement. Rendez-vous donc le 8 avril prochain au collège des Bernardins.

Bonne lecture.

Jérôme de Dinechin
Vice-Président Communication



Alain Bugat,

Ancien administrateur général du CEA*



La demande mondiale d'énergie doublera probablement d'ici 2050, même en tenant compte de vigoureux efforts pour améliorer l'efficacité énergétique. La sécurité énergétique devient une question primordiale pour les pays développés ou en développement. Dans le même temps, l'enjeu environnemental majeur est de limiter le changement climatique et pour cela de promouvoir des solutions énergétiques à bas carbone.

Dans ce contexte, de plus en plus de pays accordent de l'attention aux potentialités de l'énergie nucléaire dans un mix énergétique, et admettent que si l'énergie nucléaire n'est pas l'unique solution, il n'y a pas de solutions sans énergie nucléaire. La contribution du nucléaire doit être révisée au regard du coût des énergies fossiles. Le nucléaire est compétitif économiquement et contribue à la stabilité des prix de l'électricité. C'est aussi une technologie disponible, mature et fiable.

La renaissance de l'énergie nucléaire s'observe aujourd'hui non seulement dans les intentions mais dans les programmes d'investissement. Plus de 30 réacteurs sont en construction dans le monde et il n'est pas de mois ou un nouveau pays ne déclare son intérêt.

Cette nouvelle ère bénéficie des leçons du passé et des résultats de programmes de recherche innovants. Les leçons des accidents de Three Mile Island et de Tchernobyl ont été tirées et les réacteurs dits de troisième génération, comme L'EPR, arrivant aujourd'hui sur le marché présentent une sûreté améliorée de 1 à 2 ordres de grandeur.

Les progrès faits dans les technologies du traitement des combustibles usés permettent de réduire le volume et la toxicité des déchets ultimes de manière extrêmement spectaculaire. Enfin la pierre décisive sera apportée par les réacteurs de quatrième génération, capables de brûler les déchets et d'optimiser l'utilisation de l'uranium ; les premiers démonstrateurs sont attendus entre 2020 et 2025.

On peut cependant observer des changements importants dans les conditions de cette renaissance comparées à celles des premières et deuxièmes générations. Certes, énergie nucléaire, politiques de sécurité et diplomatie restent étroitement liées entre elles comme il en est depuis le début du nucléaire et en particulier pour des questions de non prolifération. Mais le monde nucléaire est devenu plus interdépendant, principalement en raison de la sûreté, d'un plus petit nombre de constructeurs et de l'application de nombreux traités et conventions. Des considérations de formation doivent aussi être prises en compte. Il y a non seulement nécessité de former les remplaçants des personnels partant aujourd'hui à la retraite en grand nombre, mais aussi de répondre aux besoins des pays accédant au nucléaire. Vaste enjeu !

Des investissements très importants sont requis et les financements difficiles à trouver. Ceci conduit de plus en plus gouvernements et industriels à mettre en commun les ressources par des alliances, sur des projets ou dans le cadre d'initiatives internationales. La création de ces programmes collectifs de grande ampleur, lourds et un

peu bureaucratiques, n'empêchera pas le développement de relations bilatérales, plus nerveuses et plus efficaces. C'est dans cet esprit d'aider les pays voulant accéder au nucléaire que la France a créé l' Agence France Nucléaire International, hébergée par le CEA.

L'industrie énergétique, et particulièrement le nucléaire, représente une formidable source de valeur ajoutée pour un pays. Dans ces temps difficiles, il est aisé de comprendre que les pays nucléaires leaders souhaitent préserver know-how et expertise. Et l'Europe doit être consciente qu'elle reste un leader dans ce domaine, non seulement à cause de pays comme la Finlande et la France mais aussi par les pays d'Europe Centrale qui en reprennent la bannière.

Je voudrais conclure sur l'acceptation sociale du nucléaire. La technologie nucléaire requiert et a bénéficié d'un haut niveau de savoir scientifique; elle requiert aussi et doit bénéficier d'un haut niveau d'organisation sociale et de démocratie. En ce sens l'organisation de l'information du public sur le nucléaire dans les pays européens peut certainement être améliorée, mais elle peut aussi être considérée comme un pilote, un exemple du dialogue entre les parties prenantes dans une vision de développement durable, avec de nombreux niveaux de contrôle, des validations politiques et scientifiques et l'adaptation des objectifs de la R et D aux attentes sociétales.

**Alain Bugat a quitté ses fonctions le 9 janvier 2009*

3 **Editorial**

4 **Préface de l'ancien administrateur général du CEA, Alain Bugat**

- 8**
- **L'énergie demain : la place du nucléaire** *par Edwige Bonnevie*
 - **La vision de GDF SUEZ sur la production d'énergie nucléaire** *par Paul Rorive*
 - **Les enjeux de l'industrie du cycle du combustible dans la relance mondiale du nucléaire** *par Pierre Kaplan*
 - **Interview de Thierry Rolland, Directeur Général du Projet Taishan** *propos recueillis par Joël Rosenberg*
 - **Le nucléaire du futur** *par Philippe Pradel*
 - **Regain d'intérêt pour l'énergie nucléaire dans le monde, le cas particulier des pays nouveaux entrants : opportunités et responsabilités** *par Didier Kechemair*
 - **L'énergie nucléaire en Russie : choix technologique et économique** *par Denis Flory*
 - **Le renouveau du nucléaire : le point sur l'Asie** *par Alain Tournyol du Clos*
 - **L'apprentissage de la sûreté nucléaire est une longue marche** *Interview d'André-Claude Lacoste*
 - **Sûreté nucléaire de défense et transparence** *par Marcel Jurien de la Gravière*
 - **La solution au problème des déchets nucléaires expliquée à l'ingénieur de l'armement** *par Michel Bouvet*
 - **Un demi-siècle de propulsion nucléaire navale** *par Emmanuel Duval*
 - **La propulsion nucléaire des navires marchands** *par Charles Fribourg*
 - **Le renouveau du nucléaire civil et la lutte contre la prolifération** *par Dominique Monvoisin*
 - **Le nouvel essor des formations au nucléaire : l'ENSTA répond dynamiquement aux besoins** *par Joaquim Nassar*
 - **L'INSTN, référence pour la formation nucléaire**
 - **Le CNPE de Gravelines, 30 ans d'expérience dans le nucléaire civil** *par John Drillaud*
 - **Libre propos : énergie chérie** *par Arnaud Salomon*

56 **Europe**

- **De l'unisson à la zizanie** *par Michel Clamen*

57 **Les IA à l'étranger**

- **La recherche et la Chine, entre priorité politique et incompatibilité culturelle** *par Jean-Baptiste Bordes*

61 Vie de la CAIA

- Baptême de la nouvelle promotion d'ingénieurs de l'armement *par Jean-Pierre Bessis*
- Colloque CAIA-2009, "Ingénieurs de l'armement : changer avec le monde" *par Sarma Gadjendra*
- Carrière : consolider dans le mouvement *par Norbert Fargère*

66 Technique

- Phoenix 2008 *par Jean Marchal*

68 Histoire des IA

- Le LRBA, aux racines de la dissuasion et du spatial français *par Daniel Jouan*

71 Management

- MBTI (Myers Briggs Type Indicator), l'intelligence de soi *par Emmanuelle Plessiet*

73 Lu pour vous

- Lobbying, portraits croisés *de Viviane de Beaufort*
- Krach, Boom... et demain ? Pour enfin comprendre la crise et l'économie mondiale *de Marc Touati*

74 Camarades écrivains

- Plaidoyer pour une ère nouvelle *d'Henri Conze*
- La flotte française au secours des Arméniens *de Georges Kevorkian*
- Du Vautour au Rafale, un voyage de 160 trimestres en aéronautiques *de Jean-Pierre Tasseau*

77 Lu au JO

78 Carnet professionnel

Rédacteur en chef : Jérôme de Dinechin **Comité de rédaction :** Arnaud Salomon, Michel Clamen, Dominique Luzeaux, Marc Mouly, Xavier Lebacqz, Philippe Vincent, Philippe Gassmann, Daniel Jouan, Louis Le Pivain, René Neyret, Joël Rosenberg, Dominique Luzeaux, Sarma Gadjendra **Secrétaire :** Aïda Rosemain **Edition et régie publicitaire :** S.N.E **Création graphique :** La Clique

CAIA, 32 bd Victor 75739 Paris Cedex 15 - Tél : 01 45 52 44 27 - Télécopie : 01 45 52 44 33 - Site : www.caia.net - E-mail : contact@caia.net

Crédits photos : CAIA, Istockphoto

Introduction

L'énergie demain : la place du nucléaire



par **Edwige Bonnevie**

Directeur du pôle Maîtrise des Risques
Directeur Central de la Sécurité du CEA

X Armement 73, Edwige Bonnevie est Directeur du pôle Maîtrise des Risques du CEA depuis le 1^{er} juillet 2008. Après une carrière à la DGA consacrée au domaine spatial jusqu'en 1994, puis à la dissuasion nucléaire, elle a rejoint le CEA en 2001 en tant que Directeur adjoint des Applications Militaires.

Ce début de 21^{ème} siècle est marqué par des tensions répétées sur l'approvisionnement et les prix du pétrole et du gaz. Confronté de plus aux défis du changement climatique, le monde prend conscience que le modèle de développement du siècle précédent, fondé sur une énergie bon marché issue de combustibles fossiles abondants, a désormais une durée de vie limitée.

Avec 6,7 milliards d'humains en 2008 (nous étions 2,5 milliards en 1950) et des estimations autour de 8 milliards en 2030 et 9 milliards en 2050, les besoins en énergie ne cessent de croître, notamment dans les grands pays d'Asie qui connaissent un développement rapide. Dans ce contexte, nous sommes confrontés à un double enjeu : celui du développement, avec son corollaire indispensable, l'accès à l'énergie, et celui de la réduction des émissions de gaz à effet de serre dont, rappelons-le, la combustion des énergies fossiles est responsable à plus de 57%.

Double défi donc, dans une perspective où la demande mondiale en énergie (selon l'agence internationale de

l'énergie - AIE) devrait continuer de croître à un rythme au moins égal à celui des 15 dernières années (1,6% par an de 1990 à 2005). Si l'on s'intéresse au seul besoin en électricité, les experts de l'AIE s'attendent à une augmentation de la demande à un rythme plus élevé encore. En cause, l'augmentation de la population et surtout de l'accès à l'électricité dans certaines régions du monde où cet accès est aujourd'hui extrêmement limité.

Bien sûr, ces projections ont été établies avant la crise actuelle et il est bien difficile d'estimer quel en sera l'impact. Mais peut-on raisonnablement penser que la crise -qui vient de ramener le prix du pétrole à un niveau historiquement bas- va gommer durablement les défis de l'énergie et ceux de l'émission des gaz à effet de serre. Malgré le développement que l'on souhaite rapide de technologies et de comportements plus économes, ces questions couplées de l'énergie et de l'environnement resteront, n'en doutons pas, au cœur des enjeux de ce siècle.

Dans ce contexte, on assiste à un regain

d'intérêt pour l'énergie nucléaire. Plus de 30 réacteurs sont ainsi actuellement en construction dans le monde.

Le sujet du renouveau du nucléaire est complexe. Le dossier que nous vous proposons a été conçu pour vous donner un éclairage sur différentes facettes. Quelle est la vision des principaux acteurs sur ce renouveau, quelles en sont les conditions ? Sûreté, sécurité, non prolifération, gestion des matières et des déchets.

Quels sont enfin les enjeux liés aux ressources humaines : recrutement, formation des hommes et des femmes qui demain seront aux responsabilités à tous les niveaux.

C'est sur leur maîtrise des métiers du nucléaire que reposera l'édifice. ☺

Pour en savoir plus :

- **Mémento sur l'énergie** - Edition 2008
- **ELECNUC - Les centrales nucléaires dans le monde** - Edition 2008 publiés par le CEA - Institut de technico-économie des systèmes énergétiques disponibles sur le site www.cea.fr

La vision de GDF SUEZ sur la production d'énergie nucléaire



par **Paul Rorive**

Directeur Corporate en charge
de la Direction des Activités Nucléaires de GDF SUEZ

Paul Rorive, ingénieur de l'Université Libre de Bruxelles a d'abord travaillé dans les centrales thermiques avant de rejoindre en 1983 la centrale nucléaire de Tihange qu'il a dirigée à partir de 1993. De 2002 à 2006, il a été Chief Executive Officer de Tractebel Engineering. Il occupe la fonction de Directeur Corporate des Activités Nucléaires du Groupe GDF SUEZ.

Le monde et l'Europe sont aujourd'hui confrontés à plusieurs défis :

- une demande globale d'énergie qui augmentera dans les années futures,
- une nécessité de renouveler le parc de production existant, notamment en Europe, qui nous engage pour les prochaines décennies,
- une tension continue sur les prix des hydrocarbures et de l'énergie en général et une raréfaction des ressources fossiles,
- un enjeu de compétitivité des prix de l'énergie ne pénalisant pas le développement économique,
- une nécessité d'action face à la question du réchauffement climatique et de ses conséquences,
- un objectif de réduction des émissions de CO₂ de 20% à l'horizon 2020, défini par l'Union Européenne et des discussions pour un cadre international d'ici 2009.

Un mix énergétique équilibré

Pour GDF SUEZ, le mix énergétique comprenant l'énergie nucléaire, comme les énergies renouvelables, est, dans un contexte hautement incertain sur le prix des énergies fossiles et du CO₂, la meilleure solution pour garantir avec constance la fourniture d'électricité à un prix compétitif, et pour contribuer à la limitation des rejets de gaz à effet de serre. Notre Groupe souhaite poursuivre ses investissements dans des centrales nucléaires pour les exploiter et commercialiser l'énergie produite. Le nucléaire représente actuellement 20,5 % de la production d'énergie de GDF SUEZ en Europe, au troisième rang derrière les turbines gaz-vapeur (24,3%) et les centrales thermiques classiques (21,8%), alors que les

énergies renouvelables avoisinent 20%. GDF SUEZ dispose aujourd'hui d'un parc de production mondial de près de 61 000 MW et a produit 265 TWh en 2007. Le recours à une large gamme de sources d'énergie permet d'éviter une trop grande dépendance à l'une ou plusieurs d'entre elles. La diversité du parc de production de GDF SUEZ s'inscrit dans une logique de développement durable, notamment en privilégiant les énergies à faible émission de CO₂.

Acteur historique du nucléaire en Europe

GDF SUEZ détient une réelle crédibilité en matière d'énergie nucléaire puisqu'il a été l'un des pionniers en ce domaine en Europe. Le 1^{er} réacteur civil à eau pressurisée construit dans le monde occi-

dental (en dehors des Etats Unis), le BR3, a été mis en service en Belgique en 1962 sur la base de la licence américaine de Westinghouse. Notre Groupe maîtrise de fortes compétences tant en amont (ingénierie, achat, exploitation, maintenance) qu'en aval (gestion des déchets, démantèlement) de cette filière de production. Il possède et exploite 7 unités en Belgique et dispose de participations dans les centrales nucléaires françaises de Chooz et Tricastin à hauteur de 1 100 MW, soit l'équivalent d'une tranche nucléaire, ainsi que 700 MW dans des centrales nucléaires en Allemagne.

Tout en maintenant son expertise avancée des différentes technologies par un partenariat étroit avec les constructeurs, GDF SUEZ veut rester indépendant de ces derniers, pour privilégier la compétition



Salle des machines de la centrale nucléaire de Doel, Electrabel

et garder ouvertes les options en vue du meilleur choix.

GDF SUEZ a été retenu très récemment aux côtés d'autres partenaires européens pour achever la construction des unités 3 et 4 de la centrale de Cernavoda en Roumanie (2 x 700 MWe). De même, l'énergéticien allemand RWE, sélectionné en octobre 2008 par les autorités bulgares pour la construction de 2 unités de 1 100 MWe sur le site de Belene en Bulgarie, a entamé des discussions avec GDF SUEZ en vue d'un partenariat. Au Royaume-Uni, le Groupe souhaite participer au redémarrage du nucléaire, élément central de la politique énergétique et climatique qui devrait déboucher sur l'engagement de projets concrets autour de 2010-2012.

Des projets internationaux

GDF SUEZ veut développer sa présence et ses capacités de production nucléaire d'électricité dans les régions du monde où le Groupe est déjà fortement présent. L'objectif est de détenir et d'exploiter hors d'Europe une capacité nucléaire significative à l'échéance 2020, dans des pays s'engageant à développer une éthique et un cadre de responsabilité en matière de sûreté.

GDF SUEZ s'est associé à Total et Areva pour proposer aux autorités des Émirats Arabes Unis une offre intégrée de production d'électricité nucléaire, comprenant la fourniture, la construction et l'exploitation d'au moins deux EPR de 1 600 MW, ainsi que les produits et services du cycle du combustible.

Les enjeux humains

L'exploitation des centrales nucléaires exige le remplacement du personnel qui a démarré les centrales, recruté massivement il y a 25 à 30 ans, ainsi que la nécessaire transmission des compétences des 3 500 collaborateurs du Groupe spécialisés dans le nucléaire.

GDF SUEZ doit également anticiper ses besoins en personnel pour répondre à ses ambitions futures. Un projet nucléaire de 3^{ème} génération nécessite quelque 200 personnes pour en suivre le chantier et un peu plus de 500 pour l'exploiter. Ce défi est d'autant plus difficile à relever que nous devons chercher nos candidats dans le même vivier que tous les autres grands groupes industriels.

Attirer et retenir les talents constituent



donc un enjeu primordial pour la stratégie nucléaire du Groupe. Pour cette raison, GDF SUEZ a lancé en 2006 le 'Nuclear Trainees Program' (NTP). Cette démarche originale de recrutement et de formation permet aux ingénieurs juniors embauchés de devenir des généralistes du nucléaire tout en se créant un solide réseau en interne. La combinaison entre formation pratique et stages sur différents sites permet d'embrasser totalement les métiers du nucléaire. Les prochaines journées de recrutement auront lieu les 12 et 13 mars prochain à Bruxelles. Plus de 700 jeunes

seront engagés d'ici 2010 pour atteindre un total de 1 400 en 2020.

Une R&D orientée vers la sûreté

GDF SUEZ est avant tout un exploitant. La recherche fondamentale n'entre pas dans sa vocation. Les activités de recherche effectuées par ou pour le Groupe sont liées à des applications relativement immédiates et motivées par l'amélioration de la sûreté et de la performance en exploitation. Elles incluent le développement et l'implantation de nouveaux outils métho-

dologiques ou de simulation.

GDF SUEZ et le Commissariat à l'Énergie Atomique français (CEA) ont signé en juillet 2007 un accord de coopération en matière de recherche et de développement dans le domaine de l'énergie nucléaire.

Un accord similaire, relatif aux activités de recherche et d'innovation liées aux réacteurs de puissance et de recherche, a été signé entre GDF SUEZ et le SCK-CEN belge fin 2007.

Concertation et transparence

Une condition essentielle du maintien et du développement de l'énergie nucléaire est son acceptation. C'est également le cas de nombreuses autres technologies et équipements comme par exemple l'éolien, le charbon ou les lignes électriques haute tension.

Dans ce contexte, GDF SUEZ attache une importance toute particulière au débat participatif en informant largement le public sur l'énergie en général et le nucléaire en particulier. L'engagement de GDF SUEZ peut donc se résumer par le dialogue, l'écoute et la transparence. À titre d'exemple, le Groupe a mis en place autour de ses sites nucléaires en Belgique des conseils de riverains afin de pouvoir avoir des échanges réguliers et directs avec la population locale sur tous les sujets qu'ils souhaitent voir aborder.

Enfin, aucune décision d'implantation d'une nouvelle installation nucléaire ne sera prise sans concertation avec les différents acteurs nationaux et locaux concernés et sans une large information de la population, notamment par sa participation aux débats publics. ☞

Propos recueillis
par Joël Rosenberg



Rechargement de combustibles à la centrale de Tihange, Electrabel

Les enjeux de l'industrie du cycle du combustible dans la relance mondiale du nucléaire



par **Pierre Kaplan, ICA**

Directeur de la Politique Industrielle et du Développement de l'Amont du Cycle AREVA NC

X70, ENSTA 76 (systèmes électroniques, recherche). Une carrière riche au sein de la DGA, depuis la conduite des actions d'étude et de développement dans le domaine des systèmes de conduite de tir terrestres, jusqu'à la Direction du Programme LECLERC et des systèmes associés pour l'Armée de Terre, en passant par le Cabinet du Délégué Général pour l'Armement. Une seconde vie professionnelle chez AREVA, tout aussi riche, depuis fin 1990, en grande partie consacrée à l'Aval du Cycle (La Hague, Direction technique, Direction Commerciale France, Stratégie Aval du Cycle), puis à la Politique Industrielle et au Développement de l'Amont du Cycle.

Les efforts consentis désormais par la plupart des États pour contrecarrer l'effet de serre, la conviction largement partagée que les prix du pétrole et du gaz vont croître de manière significative dans l'avenir, et les progrès en matière de politique de gestion des déchets nucléaires dans plusieurs pays ont contribué ces derniers mois à redonner au nucléaire une place significative dans les politiques d'investissement de production d'électricité. Selon les sources, la capacité de production commerciale d'électricité à partir du nucléaire prévue en 2030 varie entre 415 et 833 GWe, contre 372 aujourd'hui. Ceci correspond à la construction d'un grand nombre de réacteurs, même dans l'hypothèse la plus basse, du fait de la nécessité de remplacer une partie du parc actuel avant cette date.

Le cycle du combustible

Les activités industrielles qui contribuent à l'approvisionnement des réacteurs en combustible et à la gestion des déchets qui résultent de la production de l'énergie nucléaire sont généralement désignées comme formant le cycle du combustible : une part importante du contenu du combustible nucléaire après passage en réacteur peut être recyclée comme combustible nucléaire. Malgré cette notion de cycle, on a aussi coutume de désigner par "Amont" la partie du cycle qui conçoit et fournit les produits et services nécessaires à l'approvisionnement des réacteurs en com-

combustible, et par "Aval" la partie du cycle qui gère le combustible usé, recycle la matière qu'il contient et conditionne les déchets ultimes en vue de leur gestion à long terme.

L'approvisionnement en combustible des réacteurs à eau légère, qui représentent l'essentiel du parc mondial actuel, se fait de la manière suivante :

- les matières énergétiques de base sont l'uranium et le plutonium ; l'uranium se trouve à l'état naturel dans l'écorce terrestre ; on utilise aussi l'uranium qui reste dans le combustible après passage en réacteur ; le pluto-

nium se forme dans le combustible pendant son séjour en réacteur, et il contribue significativement, d'ailleurs, à la production d'énergie ; toutefois, lorsque le combustible a terminé son séjour en réacteur, il reste du plutonium qui n'a pas été consommé ; la quantité est faible, mais sa valeur énergétique est très importante ;

- l'uranium, qu'il soit naturel ou recyclé, ne peut pas être utilisé tel quel dans les réacteurs à eau légère : en effet, cette technologie de réacteur exploite avant tout un isotope particulier de l'uranium, l'uranium 235, dont la teneur doit atteindre une valeur de l'ordre de 3 à

Le nucléaire

5% alors qu'elle n'est que de 0,7% dans l'uranium naturel ; la teneur de cet isotope dans l'uranium qui constitue le combustible neuf est appelée enrichissement initial ; enrichissement, c'est aussi le nom donné à l'opération de production de ce constituant ; les techniques d'enrichissement exploitées commercialement aujourd'hui (diffusion gazeuse, centrifugation) utilisent toutes la différence de masse entre les molécules d'un composé gazeux de l'uranium, l'hexafluorure d'uranium, selon que cette molécule contient l'isotope 235 ou pas ;

- à l'inverse de l'uranium, le plutonium peut être utilisé directement pour faire du combustible ; toutefois, il n'est jamais employé pur ; dans les réacteurs à eau légère, on le mélange avec de l'uranium naturel ou de l'uranium "appauvri" (contenant une faible proportion de l'isotope 235), la teneur en plutonium pouvant varier entre 7 et 10% ;

- dans les réacteurs à eau légère, le combustible est disposé sous forme d'empilements de petits cylindres de céramique d'oxydes (les pastilles) dans un réseau de longs tubes (les crayons) ; le matériau de ces tubes doit avoir des propriétés complexes (neutroniques, mécaniques, corrosion...) qui ont conduit à utiliser principalement le zirconium comme base des alliages ; les crayons sont regroupés mécaniquement dans des sous-ensembles appelés assemblages ; la conception des crayons et des assemblages dépend du modèle de réacteur, mais un réacteur peut recevoir de plusieurs fournisseurs des assemblages de conceptions différentes, après qualification de chaque conception et de chaque chaîne de fabrication.

Lorsque les assemblages sont utilisés dans le réacteur, l'uranium 235 et le plutonium sont consommés, et du pluto-

nium se forme à nouveau à partir de l'uranium 238 qui constitue plus de 99% de l'uranium naturel. Lorsque l'assemblage a produit la quantité d'énergie prévue, le bilan de ces transformations est approximativement le suivant :

- si l'assemblage ne contenait que de l'uranium au départ, il reste environ 95% de cet uranium mais avec une teneur en isotope 235 qui est redevenue proche de celle de l'uranium naturel ; il reste aussi du plutonium représentant environ 1% de la masse d'uranium de départ et des produits non recyclables en réacteurs à eau légère (produits de fission, produits d'activation, actinides mineurs) représentant environ 4% de la masse d'uranium de départ ;

- s'il s'agissait d'un assemblage utilisant un mélange de plutonium et d'uranium, il reste à peu près la même quantité de produits non recyclables et environ 3% de plutonium

“des extensions de licences d'exploitation ... jusqu'à 60 ans”

Les produits non recyclables sont pour beaucoup des produits radioactifs à période très courte. La gestion des assemblages usés comporte donc généralement plusieurs phases : une période de décroissance radioactive et thermique au plus près du réacteur, un transfert vers un entreposage de plus longue durée, en piscine ou à sec, puis, lorsque la politique suivie par le pays concerné est définie, un conditionnement de l'assemblage complet pour stockage définitif ou bien un traitement de l'assemblage pour recycler la matière énergétiquement valorisable et conditionner les déchets ultimes dans un volume restreint. La France, le Japon, la Russie ont une politique de

recyclage. La Suède et la Finlande ont une politique de stockage des assemblages combustibles. Les États-Unis avaient défini une politique de gestion des assemblages sans recyclage, cohérente avec une perspective d'arrêt du nucléaire. La remise en cause de cette perspective les conduit désormais à réévaluer cette politique. La gestion des déchets nucléaires et la maîtrise des risques de prolifération sont des éléments clés d'acceptation sociale de cette technique de production d'électricité.

La “renaissance” du nucléaire touche surtout l'Amont du Cycle

La “renaissance” du nucléaire qui se dessine a un impact considérable sur les activités de conception et de construction de réacteurs, mais aussi sur l'ensemble des activités du cycle.

L'expérience acquise avec les réacteurs en service montre que la durée d'utilisation de ces réacteurs peut être bien supérieure aux 25 à 30 ans imaginés lors de leur conception. Ainsi, aux États-Unis, l'autorité de sûreté délivre aujourd'hui des extensions des licences d'exploitation jusqu'à 60 ans. Les nouveaux concepts de réacteur à eau légère sont d'ailleurs tous conçus pour cette durée d'exploitation. La question de l'approvisionnement des réacteurs en combustible sur une telle durée est donc importante. Or, aujourd'hui, la production d'uranium naturel depuis les mines (environ 42 000 t par an) ne représente qu'environ les deux tiers des besoins, le reste étant principalement fourni par le déstockage des matières militaires russes et américaines dans le cadre des accords START. Dans ce contexte, qui a perduré ces deux dernières décennies, l'industrie minière a réduit au minimum ses activités de pros-



pection et de développement. Or, les engagements russes, qui sont équivalents à plus de 9 000 t d'uranium naturel par an, ne durent que jusqu'en 2013. Parallèlement, les besoins du parc mondial de réacteurs pourraient croître de plus de 50% d'ici 2020, essentiellement en Asie. Dans ce contexte, les électriciens qui souhaitent investir dans de nouveaux réacteurs demandent généralement que la vente soit associée à un engagement de fourniture à long terme de l'uranium nécessaire. Ainsi, les prospectus mobilisent les ressources futures en uranium, au détriment des clients actuels qui n'étaient pas couverts à aussi long terme. Cette tension a deux effets : le prix de l'uranium à long terme augmente, et la prospection est fortement relancée. Ce dernier aspect a été exacerbé par les démarches spéculatives généralisées sur les matières premières que nous avons connues depuis 2005. Les projets de développement de gisements miniers progressent rapidement : en ce qui concerne AREVA, par exemple, le projet Katco au Kazakhstan va passer sa production annuelle de 1 500 t à 4 000 t, l'exploitation du gisement de Trekkopje en Namibie va démarrer prochainement avec une perspective de production annuelle de 3 000 t, et le Niger vient d'accorder le permis d'exploitation du gisement d'Imouraren, deuxième gisement mondial après Olympic Dam exploité par BHP Billiton en Australie, dont la production devrait atteindre 5 000 t par an.

Parallèlement à la croissance de la production d'uranium, l'approvisionnement des réacteurs à eau légère impose une croissance significative des capacités d'enrichissement, tant en ce qui concerne les usines d'enrichissement elles-mêmes que les usines transformant les concentrés miniers en hexa-

fluorure d'uranium (la conversion). Or, le contexte de ces deux activités est assez particulier.

Il y a trois fournisseurs de services de conversion au Monde : Cameco au Canada, Converdyn aux États-Unis et AREVA en France. La Russie ne fournit pas ces services indépendamment de l'enrichissement. Les installations utilisées sont partout très anciennes. Converdyn et Cameco ont déjà dû suspendre leur production pendant plusieurs mois pour régler des difficultés techniques et environnementales. Il n'est pas réaliste de prévoir que les installations d'aujourd'hui serviront les besoins de la renaissance du nucléaire. En ce qui concerne AREVA, la décision a été prise de lancer un nouveau projet, appelé Comurhex 2, pour maintenir sa place de leader sur ce marché. Il est prévu de le mettre en service en 2012.

Pour l'enrichissement, les fournisseurs mondiaux sont également en nombre réduit. USEC, aux États-Unis, et AREVA exploitent des usines de diffusion gazeuse depuis plusieurs décennies. Cette technologie fonctionne bien, mais elle requiert une grande quantité d'énergie. Elle n'est donc plus compétitive devant la technique d'enrichissement par centrifugation, 50 fois moins gourmande en énergie, utilisée par Urenco, aux Pays-Bas, en Allemagne et en Angleterre, et par la Russie. Pour satisfaire les besoins à long terme, de nombreux investissements sont donc lancés dans ce domaine. USEC développe une centrifugeuse "géante" pour une usine qui devrait entrer en service en 2010 aux États-Unis. Parallèlement à la poursuite de l'exploitation de l'usine Georges Besse, AREVA a acquis la technologie des centrifugeuses Urenco via la constitution d'une filiale commune, ETC, et utilise cette technologie dans deux projets : l'usine Georges

Besse 2, en France, dont le démarrage est prévu cette année, et l'usine Eagle Rock Enrichment Facility aux États-Unis pour laquelle AREVA vient de déposer une demande de licence auprès de la NRC. Avec la même technologie, Urenco poursuit l'accroissement de sa capacité en Europe et construit actuellement une usine aux États-Unis. Enfin, General Electric, nouveau venu dans ce segment, développe une technologie concurrente, l'enrichissement par laser. GE prévoit de lancer la réalisation d'une usine commerciale lorsque les essais prévus cette année auront confirmé les performances attendues. Tous ces projets requièrent d'importants financements (plusieurs milliards de dollars chacun).

"Approvisionnement, conversion, enrichissement, fabrication du combustible, un marché en pleine effervescence"

La situation est moins tendue dans le domaine de la fabrication des assemblages combustibles, car les capacités mondiales de production sont plutôt supérieures aux besoins actuels. Toutefois, les investissements sont restés importants, essentiellement pour réduire les coûts de fabrication, mais aussi pour produire des assemblages plus efficaces en réacteur. Dans ce domaine également, le nombre de fournisseurs est relativement faible : Toshiba-Westinghouse, General Electric-Hitachi, Rosatom, Mitsubishi et AREVA, leader de ce marché. En fait, aujourd'hui, les électriciens s'approvisionnent généralement en assemblages combustibles de la manière suivante : ils achètent de l'uranium qu'ils mettent



à disposition d'un convertisseur au titre d'un contrat de conversion, puis ils mettent l'uranium converti à disposition d'un enrichisseur au titre d'un contrat d'enrichissement, puis ils récupèrent l'uranium enrichi et le mettent à disposition d'un fabricant de combustible... au titre d'un contrat plus complexe que les précédents. L'uranium, la conversion et l'enrichissement sont qualifiés de "commodités". Ce pourrait être vrai également de la fabrication du combustible, mais ce n'est pas le cas pour deux raisons : d'une part, la conception des assemblages est spécifique du type de réacteur et de la gestion choisie par l'électricien, d'autre part, la confiance de l'électricien dans la qualité de l'assemblage repose davantage sur le concepteur que sur le fabricant. En pratique, donc, les fournisseurs d'assemblages sont les concepteurs de ces assemblages, charge à eux de sous-traiter la fabrication sous leur responsabilité. Toshiba-Westinghouse, par exemple, vend des assemblages qui sont fabriqués en Europe par le consortium European Fuel Group constitué avec ENUSA.

Le marché de l'Amont du Cycle est aujourd'hui en pleine effervescence. Le modèle intégré d'AREVA apparaît comme une réponse efficace aux électriciens "nouveaux entrants", l'association d'un réacteur et de sa ressource en combustible à long terme ayant une valeur significative dans la gestion des risques du projet. Les regroupements industriels pour compléter la chaîne de valeur, pour élargir l'offre ou pour sécuriser les ressources à long terme se multiplient. Par exemple, General Electric s'est rapproché de Hitachi et de Cameco et développe une activité d'enrichissement, couvrant ainsi presque tous les maillons de la chaîne. De son côté, AREVA développe des coo-

pérations avec Mitsubishi pour étendre son portefeuille de produits réacteurs. AREVA a même conclu un accord avec E.on, électricien numéro un en Allemagne, pour pousser le développement d'un nouveau réacteur à eau bouillante.

La "renaissance" du nucléaire est conditionnée par l'Aval...

Si l'on regarde maintenant du côté de l'Aval, le paysage a subi des évolutions considérables ces dernières années. Le plus spectaculaire est probablement le virage pris par les États-Unis : après avoir banni le traitement des combustibles usés en 1977, les États-Unis ont lancé en 2001 une grande réflexion sur les modalités de développement d'une industrie nucléaire sûre, efficace en matière de gestion de ses déchets et organisée pour ne pas créer de risque de prolifération. Ils ont associé à cette réflexion la communauté internationale. Ce sont les travaux du Forum International Generation IV et, plus récemment, de l'initiative GNEP (Global Nuclear Energy Partnership). La France est particulièrement active dans cette dernière initiative, s'appuyant sur les développements scientifiques du CEA en matière de gestion du combustible usé et sur les réalisations industrielles d'AREVA en matière de recyclage et de gestion des déchets radioactifs. S'il est clair désormais que le nucléaire a sa place au côté d'autres sources d'énergie dans le mix énergétique futur, les enquêtes d'opinion montrent que sa relance dépend en grande partie de la conviction que la gestion des déchets est efficace. Les démarches suédoises pour la localisation d'un centre de stockage de combustible usé, le débat national sur la gestion des déchets radioactifs en France fin 2005 et les démarches américaines évoquées pré-

cédemment ont largement contribué à apaiser les craintes en la matière. Il ressort toutefois de ces travaux que, en contribuant à la réduction de la quantité et de la nuisance des déchets, le recyclage des combustibles usés est le support essentiel à une activité nucléaire récurrente à long terme.

...et par la maîtrise des risques de prolifération

Dans ce climat international nouveau, beaucoup de démarches innovantes sont apparues. La coopération de nombreux pays avec l'Inde dans le domaine nucléaire civil, la coopération de la France avec la Chine en vue de développer une gestion durable des combustibles usés chinois, les propositions de la Russie et de l'AIEA sur la création de centres internationaux de garantie d'approvisionnement en produits et services aux réacteurs pour tous ceux qui respectent les règles de non-prolifération, en sont quelques exemples. Les risques de prolifération, à égalité avec la sûreté des réacteurs, sont toujours des éléments-clefs de l'acceptabilité sociale du nucléaire, aux États-Unis notamment. Le cas iranien est là pour rappeler que les conditions ne sont pas encore toutes réunies pour garantir qu'aucun pays signataire du TNP (Traité sur la Non-Prolifération) ne mène des travaux contraires à ses engagements. La vigilance reste donc de mise, mais le contexte climatique et énergétique dans lequel se trouve désormais la Planète impose de trouver des réponses pertinentes aux conditions à satisfaire pour permettre le développement de l'industrie nucléaire.

Ces réponses ne peuvent ni ne doivent venir exclusivement de la technique et de l'industrie. ☪



Interview de Thierry Rolland, ICA

Directeur Général du Projet Taishan

ENSIETA 1985 et INSTN 1986-Thierry ROLLAND a débuté sa carrière à DCN Indret en 1986 comme chargé d'études d'installation de la chaufferie nucléaire du SNLE Le Triomphant puis chef du bureau d'études thermiques. En 1992 il a été ingénieur système propulsion et plateforme du projet de porte avions Charles de Gaulle à DCN Brest. En 1997 il devient ingénieur chargé de la maintenance des SNLE à l'Île Longue lors de l'admission au service actif du Triomphant. Après avoir dirigé les offres de sous-marins Scorpène en Inde et Malaisie à DCN Paris, il devient directeur du programme SNLE NG type Le Triomphant à la DGA à la mise en service du Vigilant et au démarrage du projet du Terrible en version M51 avant de rejoindre AREVA NP en 2007 en tant que directeur général du projet d'EPR Chine.

La CAIA : Bonjour Thierry, à quelle occasion as-tu rejoint le groupe Areva ?

Thierry Roland : J'ai été contacté par AREVA au printemps 2007 alors que j'étais adjoint au service des architectes de systèmes de forces à la DGA et j'ai rejoint le groupe lors des derniers rounds de négociations sur la fourniture de deux EPR (European Pressurised Reactor) en Chine en transfert de technologie pour assurer dès le démarrage la direction de l'ensemble du projet. En fait, les choses sont allées très vite : le contrat global sur le projet Taishan a été signé le 26 novembre 2007, un mois après mon arrivée dans l'équipe de négociation. Après la signature du Contrat, c'est autour de cette équipe que j'ai été chargé de construire et lancer ce nouveau projet.

Lors de la première année, notre ingénierie a déjà réalisé la livraison des premiers documents et les contrats de sous-traitance d'ingénierie ont tous été notifiés à l'été 2008. Par ailleurs, dans le cadre des accords de Consortium de réalisation dirigé par AREVA prévoyant l'intégration et la formation de nos partenaires chinois, nous avons intégré plus de 100 ingénieurs chinois dans les

équipes d'AREVA et chez nos sous-traitants. Nous tenons aussi nos engagements contractuels au travers de la livraison des premières spécifications d'approvisionnement des composants et du lancement en fabrication des composants à long délai d'approvisionnement comme les cuves et les générateurs de vapeur.

La CAIA : Dirais-tu que c'est l'aboutissement des efforts entretenus de longue date par AREVA avec la Chine ?

TR : C'est l'aboutissement d'un partenariat de long terme : AREVA travaille depuis plus de 20 ans en partenariat avec CGNPC dans le cadre des projets Daya Bay et Ling Ao I & II. Créé en septembre 1994, CGNPC est basé dans la province de Guangdong et est l'un des trois producteurs d'électricité nucléaire chinois. Il est détenu à 45% par China Nuclear National Company, à 45% par la province de Guangdong et à 10% par China Power Investment.

Le Consortium, dont AREVA assure le leadership, regroupe deux filiales du client CGNPC que sont China Nuclear Power Design Company (CNPDC) et

China Nuclear Power Engineering Co (CNPEC), respectivement en charge d'une partie du design et de l'approvisionnement de centrales nucléaires. Il a la responsabilité de la livraison de l'îlot nucléaire et par ailleurs AREVA a la charge de la fourniture du combustible et de l'uranium enrichi pendant plus de quinze ans. Environ 350 ingénieurs chinois de CNPDC seront impliqués pour réaliser en Chine les plans de fabrication des deux premiers réacteurs.

La CAIA : Comment ce contrat se situe-t-il dans le développement du groupe Areva ?

TR : Malgré la crise actuelle il est certain que la consommation électrique ne cessera de croître dans le monde en raison du changement de mode de vie des pays émergents comme la Chine et l'Inde. La croissance de la consommation électrique suit en général celle du PIB qui est actuellement de l'ordre de 10% par an en Chine.

L'augmentation du coût des énergies fossiles due à la raréfaction des matières premières aura également un impact sensible à long terme sur le prix de l'énergie qui sera également favorable à

Le nucléaire



Photo numérique du site de Taishan avec ses 2 réacteurs

l'émergence de l'énergie nucléaire qui se présente comme une alternative énergétique dans l'attente de la fusion dont on peut penser qu'elle ne sera pas industrialisée avant la période 2060-2080. Dans cette logique l'EPR dont la durée de vie est de 60 ans devrait permettre de couvrir en partie l'accroissement des besoins énergétiques et redonner au secteur nucléaire une seconde période de croissance après celle connue dans les années 80.

AREVA NP leader mondial du nucléaire a dès 2003 anticipé ce démarrage en recrutant très tôt de nombreux ingénieurs alors que la négociation des contrats qui sont en cours de réalisation n'avait pas débuté.

Après la signature du premier contrat d'EPR en Finlande appelé Okilinto 3, en décembre 2004 puis celui de Flamanville 3 en 2005, AREVA est entré en négociation avec les électriciens chinois pour la fourniture d'EPR à la Chine.

Après l'échec en compétition avec l'AP1000 de Westinghouse-Toshiba en décembre 2006, AREVA est reparti en négociation avec son client historique CGNPC et une étape majeure a été franchie par AREVA en Chine le 26 novembre 2007 à Pékin, avec la signature du projet

Taishan. Il bénéficie du retour d'expérience des deux précédents EPR finlandais et français tant dans le domaine de l'organisation du projet, de l'ingénierie que dans celui des méthodes de construction du génie civil, des installations ou des composants. Par ailleurs, contrairement aux autres projets d'EPR, le client chinois s'est associé au consortium de réalisation dirigé par AREVA et a accepté de prendre en charge la construction et le montage des 2 centrales garantissant ainsi une meilleure réussite du projet.

La CAIA : Quel rôle joue EDF dans le projet des EPR Chine ?

TR : 10 mois après la signature du contrat, EDF a pris en participation 30% de la société spécifique TSNPC créée par CGNPC pour gérer la construction puis l'exploitation des 2 centrales EPR.

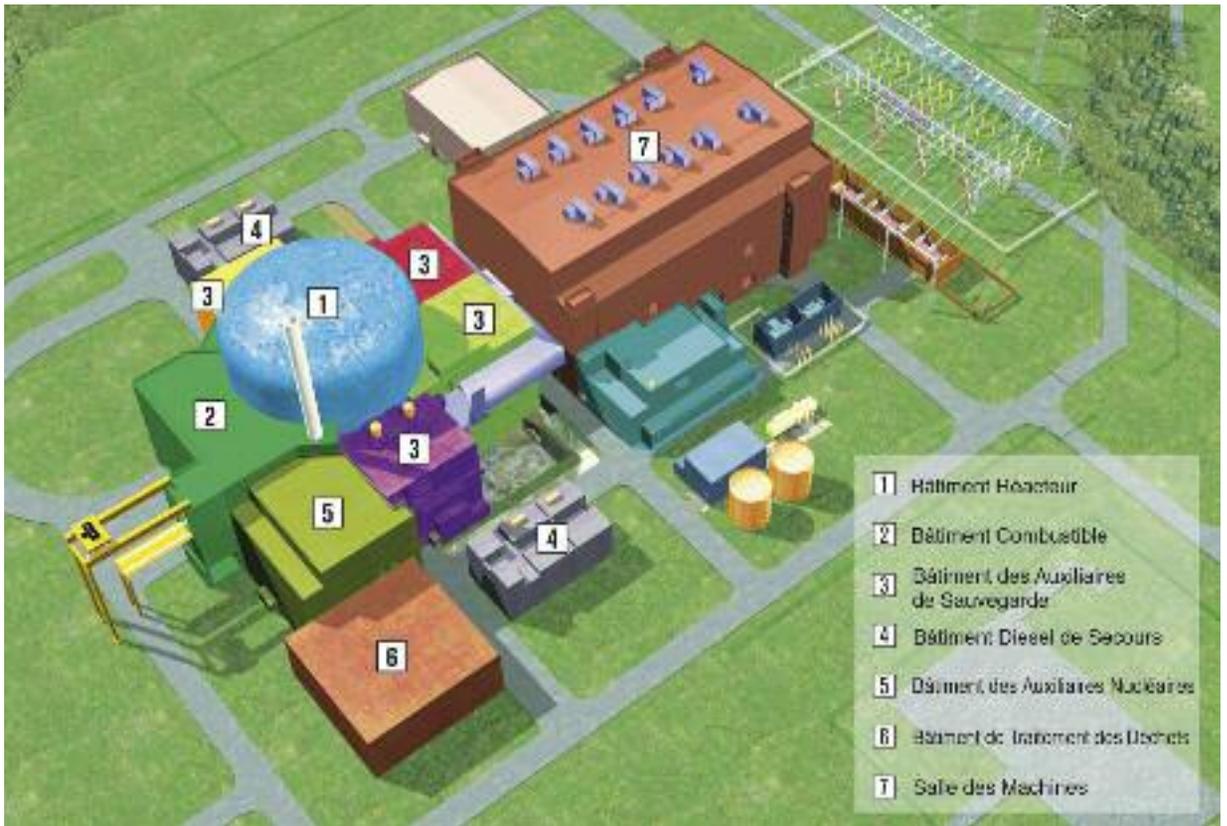
Cette prise de participation d'EDF s'inscrit dans la politique internationale d'EDF qui se traduit actuellement par des prises de participation aux Etats-Unis, en Angleterre, en Chine.

La conséquence de cette participation d'EDF dans ce projet se traduit par une recherche de standardisation basée sur le modèle de l'EPR français de Flamanville 3.

La CAIA : Quels sont les grands enjeux techniques de ces nouveaux contrats avec la Chine ?

TR : La construction des deux réacteurs est une réalisation de grande ampleur qui s'insère dans un calendrier tendu jamais réalisé sur un EPR (24 mois d'ingénierie et 52 mois de construction et d'essais). Le client chinois CGNPC exerce une forte pression sur ce calendrier car le projet est en compétition avec le réacteur AP1000 de Westinghouse acheté par State Nuclear Power Technology Corporation (SNPTC) et dont la mise en service est prévue pour le 1er novembre 2013, soit deux mois avant celle du premier EPR.

"...le prix de l'énergie qui sera également favorable à l'émergence de l'énergie nucléaire qui se présente comme une alternative énergétique dans l'attente de la fusion..."



Implantation type - EPR

Le site des EPR Chinois est TAISHAN, proche de Shenzhen, en bord de mer. Il est en cours de préparation depuis plusieurs mois et les travaux progressent sous la responsabilité du client. La coulée du premier béton devrait intervenir en septembre 2009. Les travaux d'ingénierie chez AREVA NP comme chez ses partenaires (Sofinel et IOSIS) sont lancés et la fabrication des principaux composants a démarré à la fois dans les usines AREVA de Chalon comme celles de ses sous-traitants européens et asiatiques car la localisation est également un des objectifs du contrat.

De par les conditions climatiques extrêmes dans le sud ouest de la Chine, le Projet Taishan va devenir la référence des futurs EPR dit "tropicalisés" destinés aux climats chauds. Outre l'image que souhaite véhiculer AREVA au travers de ce projet dans le monde, ses enjeux complexes sont multiples, aussi bien d'un point de vue technique que sur le plan des coûts et des délais. Pour nous,

ce contrat permettra aussi de développer de nouvelles sources d'approvisionnement, dans un contexte d'accroissement rapide de l'activité dès les prochaines années du fait de la renaissance du nucléaire civil et auquel AREVA doit faire face pour répondre à ses clients.

La CAIA : Quel type de transfert de technologie AREVA met-il en oeuvre ?

TR : Ce contrat prévoit que les chinois pilotent seuls par la suite la réalisation des futurs EPR chinois. Pour y parvenir un accompagnement qui peut être assimilé à un programme participatif destiné à assurer une montée en compétence - dite "self-reliance" - leur sera prodiguée sur fond de création d'une Joint Venture d'ingénierie nucléaire et d'achats avec notre client et partenaire CGNPC pour participer à différents projets de centrales en Chine dans un premier temps et à l'étranger plus tard.

La CAIA : Quels sont les dimensions stratégiques de ce projet ?

TR : En novembre 2007, l'accord global signé entre AREVA et son client chinois comprenait quatre contrats pour un montant inégal de 8 Md€ dans l'industrie nucléaire et marquait ainsi le début d'une coopération long terme entre nos 2 sociétés. Cet accord global se décline en 4 contrats spécifiques comprenant la construction des deux centrales EPR menée par un Consortium associant AREVA avec deux filiales du client, deux transferts de technologie réacteur EPR et combustible et la fourniture du combustible pour 2 cœurs neufs et 17 rechargements correspondant à une autonomie des 2 réacteurs de plus de 20 ans. AREVA démontre ainsi dans ce projet sa capacité à fournir une offre globale sur une partie du cycle nucléaire. La stratégie du groupe AREVA est de proposer une offre complète (ingénierie, achat, construction, services, distribu-



Fabrication de la cuve de l'unité 1 de Taishan chez Mitsubishi Heavy Industries (MHI) au Japon

tion, combustible, retraitement) sur l'ensemble du cycle nucléaire ou encore appelée "AREVA Solution" et trouve une première application dans ce projet.

La CAIA : Quelles solutions AREVA compte mettre en œuvre pour tenir cet ambitieux programme de renaissance du nucléaire civil ?

TR : Si la crise financière ne vient pas remettre en cause la croissance de la capacité de financement mondiale, il faudrait construire plus de 300 réacteurs d'ici 2020, et cela, même en prolongeant l'activités des réacteurs en service qui le peuvent. Sur ce nombre, AREVA ambitionne dans son business plan d'en réaliser une cinquantaine.

Pour faire face à ce challenge, AREVA s'est mobilisé pour tripler ses capacités d'ingénierie et de fabrication par le biais

de recrutement et de partenariats industriels mené au sein de la société comme un projet qui a été appelé "Bridge The Gap".

De nombreux recrutements d'ingénieurs sont en cours pour gérer la trentaine de projets qui devraient être conduits simultanément au cours de la prochaine décennie.

En conclusion, AREVA relève un défi industriel majeur de son histoire auquel de nombreux industriels européens du nucléaire vont pouvoir participer tels que DCNS.

La CAIA : Comment un ingénieur de l'armement s'intègre-t-il au sein d'une entité industrielle comme AREVA ?

TR : Après avoir eu la chance d'être impliqué durant ses vingt dernières années

comme ingénieur de l'armement à DCN puis à la DGA dans les 2 derniers projets nucléaires navals majeurs des années 1990 que sont le SNLE NG et le PACdG mon intégration dans les équipes de projet d'AREVA NP a été relativement simple tant la nature et les problématiques des projets nucléaires militaires et civils sont proches. Les technologies mises en œuvre ainsi que les contraintes réglementaires de sûreté qui pèsent sur ce type de projet sont très similaires.

"...mon intégration dans les équipes de projet d'AREVA NP a été relativement simple tant la nature et les problématiques des projets nucléaires militaires et civils sont proches."

Par ailleurs l'absence de compétition interne due à la pénurie en termes de compétences dans le domaine nucléaire a facilité mon arrivée au sein du groupe et je dois dire que j'ai reçu un accueil du plus chaleureux surtout pour un poste à ce niveau de responsabilité.

Il est important de souligner que les projets militaires nucléaires sont extrêmement formateurs à la conduite d'un grand projet tel que TAISHAN, je m'y suis senti très rapidement à mon aise et très enthousiaste à l'idée de relever ce défi en entrant dans une troisième grande aventure dans le domaine nucléaire.

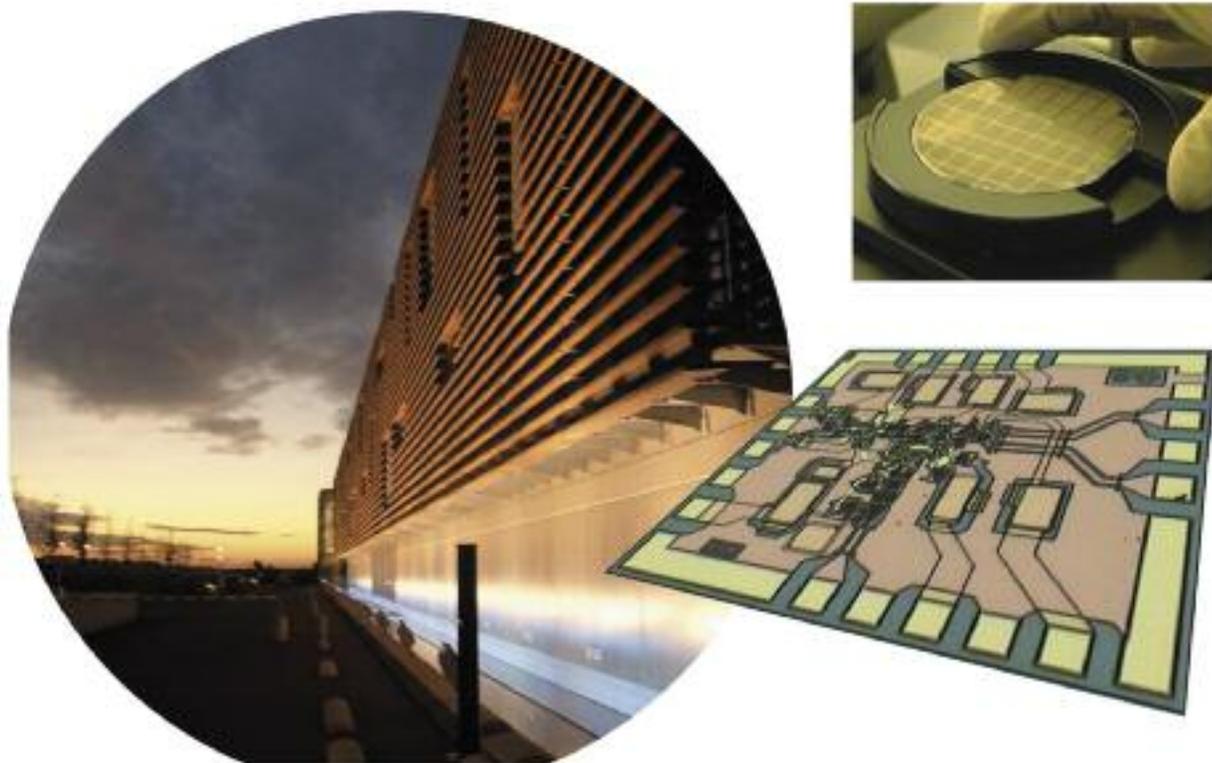
De nombreux collègues ingénieurs de l'armement nous ont déjà rejoints dans le groupe et prendront très certainement des postes de grande responsabilité dans les années à venir. ☺

Propos recueillis par Joel Rosenberg

**Recherche et nanotechnologie
dédiées aux semi-conducteurs III-V :**

De l'élaboration des matériaux
à la conception et fabrication
des composants micro- et opto-électroniques,

Appliquées
aux radars et contremesures,
aux télécommunications à très haut débit,
à la détection de gaz,
à l'imagerie infrarouge.



Le nucléaire



Le nucléaire du futur

par Philippe Pradel

Directeur de l'énergie nucléaire du CEA

X-Armement 1975, Philippe Pradel débute au CEA/Cadarache au Département des réacteurs à neutrons rapides (DRNR) et conduit des recherches et essais liés au comportement du sodium. En 1987, il rejoint Cogéma en tant que chef de la section "extraction-vitrification" de l'ensemble industriel UP3 de l'usine de La Hague. Il occupe ensuite successivement les postes de Directeur technique, Directeur de la branche retraitement, Directeur de la BU Traitement et, depuis 2003, Directeur du secteur aval du cycle, membre du Comité exécutif de Cogéma. Il est aujourd'hui également membre du Conseil de surveillance d'AREVA, et Président de la Plate-forme technologique pour l'énergie nucléaire durable.

La prise de conscience de la problématique énergétique en relation avec le changement climatique est unanimement partagée, et l'énergie nucléaire, qui permet dès aujourd'hui une production massive et compétitive d'électricité sans émission de gaz à effet de serre, constitue une composante incontournable du bouquet énergétique du XXI^{ème} siècle. Dans ce contexte dynamique et favorable, il convient plus que jamais de "penser" le nucléaire du futur en termes durables : avec une optimisation de la ressource "uranium", avec une gestion responsable des déchets et avec une sûreté toujours garantie.

Des étapes cohérentes pour les générations nucléaires

Le parc nucléaire existant (systèmes dits de 2^{ème} génération, construits à la suite du premier choc pétrolier) concourt à la production de plus de 15% de l'électricité mondiale, pourcentage qui devra s'accroître encore dans le futur.

Les grandes étapes du 21^{ème} siècle sont donc pour le nucléaire de fission :

- une recherche d'optimisation du fonctionnement des réacteurs existants, à travers des combustibles plus performants, une plus grande disponibilité et une extension de la durée de vie des unités,
- un large déploiement des systèmes de 3^{ème} génération (type EPR) de par le monde,
- une introduction des systèmes de 4^{ème} génération, à partir de 2040 lorsque les technologies seront à maturité.

Une internationalisation de la R&D

La France participe activement au Forum "Génération IV" créé en 2000, qui rassemble désormais plus d'une douzaine de pays (dont les États-Unis, le Japon, la



Vue du chantier EPR sur le site EDF de Flamanville (photo : EDF)

Chine, la Russie) pour une réflexion partagée et une mise en commun de moyens pour le développement des systèmes nucléaires du futur.

Ce Forum a sélectionné en 2002 6 concepts regroupant un type de réacteur et un cycle du combustible associé sur la base de critères de développement

durable :

- réduire le volume et la radio-toxicité des déchets produits ;
- mieux utiliser la ressource uranium (les réacteurs de 4^{ème} génération pourront produire 50 fois plus d'électricité à partir de la même quantité d'uranium)
- améliorer encore la sûreté et la sécu-



rité des réacteurs ;

- réduire les risques de prolifération.

Ces systèmes pourront également faire face aux nouveaux besoins issus de l'industrie et des transports (production d'hydrogène pour synthèse de biocarburants et pour piles à combustibles, désalinisation..).

La Commission Européenne a également décidé en septembre 2007, de se doter d'une "plateforme technologique sur la fission nucléaire durable" (SNETP), destinée à développer les synergies entre les acteurs européens (plus de 60 partenaires tels que organismes de R&D, industriels, représentants européens).

La stratégie française : un programme global et cohérent

Le nucléaire du futur s'appréhende en termes de systèmes englobant les aspects réacteurs et cycle. Les recherches destinées à permettre l'émergence des réacteurs de 4^{ème} génération, s'accompagnent en France de recherches destinés à permettre cette même transition pour le cycle du combustible, permettant de passer progressivement à un recyclage plus global pouvant inclure également les acti-

nides mineurs, contributeurs principaux à la toxicité des déchets ultimes.

Pour les réacteurs de 4^{ème} génération, la France a retenu 2 options technologiques issues des 6 filières du Forum Generation IV, sur la base d'un spectre de neutrons rapides et d'un cycle fermé : un réacteur rapide au sodium (solution de référence) et un réacteur rapide refroidi au gaz.

La solution de référence avec ASTRID (Advanced Sodium Technological Reactor for Industrial Demonstration)

Pour préparer le déploiement industriel d'un type de réacteur rapide dans le parc français à l'horizon 2040, une priorité forte est donnée aux recherches d'innovations sur le réacteur à neutrons rapides refroidi au sodium (RNR sodium) dans l'intention de sélectionner en 2012 les options les plus prometteuses pour la filière que le prototype français ASTRID contribuera à valider dès 2020.

Les progrès attendus visent :

- une sûreté performante prenant en compte les spécificités des neutrons rapides et du sodium ;
- une réduction du coût d'investissement ;
- de meilleures conditions d'exploitation permettant une disponibilité maximum, en

améliorant les conditions d'inspection en service, de maintenance et de réparation ;

- la gestion optimisée des matières nucléaires :
- un cycle fermé permettant le multi recyclage du plutonium ;
- la possibilité d'incinérer les actinides mineurs.

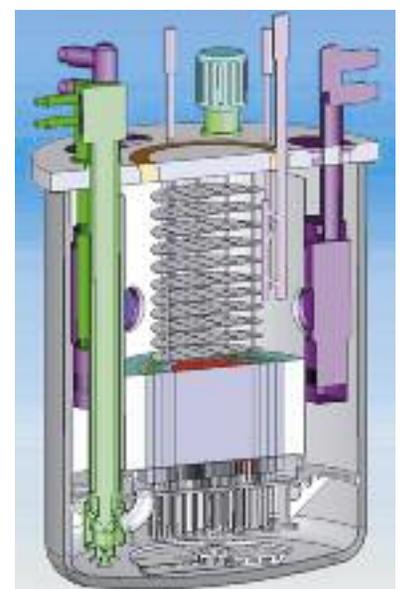


Schéma d'étude (version intégrée) pour le prototype ASTRID, réacteur à neutrons rapides refroidi au sodium



Une alternative fortement innovante avec le prototype ALLEGRO

Pour la filière RNR gaz, alternative à la filière RNR sodium, la faisabilité repose essentiellement sur la levée des verrous technologiques suivants :

- mise au point d'un combustible assurant le confinement des produits de fission et capable de résister aux très hautes températures ;
- développement de matériaux de structure pour le coeur résistant à la fois à de hautes températures et à un flux de neutrons élevé ;
- gestion des situations accidentelles.



Schéma du réacteur expérimental ALLEGRO, réacteur à neutrons rapides refroidi au gaz

Le cycle du combustible : une technologie-clé pour une renaissance durable du nucléaire

Une gestion responsable des combustibles usés

La renaissance du nucléaire actuellement engagée doit s'accompagner pour être durable d'une gestion responsable du cycle, afin d'éviter l'accumulation des combustibles usés de par le monde.

La France a fait dès le lancement de son programme électronucléaire, le choix du cycle fermé : elle dispose aujourd'hui d'une industrie du traitement/recyclage mature, bénéficiant d'un retour expérience de 25 ans d'exploitation industrielle, ce qui en fait le leader mondial en la matière.

Ce domaine fait aujourd'hui l'objet d'un renforcement de la collaboration internationale, voire de la compétition. Il faut souligner notamment la mise en service de l'usine de Rokkasho-Mura, fruit du transfert de technologie de l'usine française de La Hague à Japan Nuclear Fuel Limited (JNFL). La Chine étudie avec la France la fourniture d'une usine de traitement recyclage dans le cadre d'un accord intergouvernemental.

Deux dates-clés en France : 2012 et 2020

En France, la loi du 28 juin 2006 traduit la cohérence entre R&D sur les réacteurs du futur et sur le cycle. En parallèle des domaines confiés à l'ANDRA (entreposage et stockage géologique profond), les études sur la séparation et la transmutation sont menées au CEA en liaison avec la conception et le développement des réacteurs du futur : le calendrier précise deux dates-clés avec

en 2012 l'évaluation des perspectives industrielles pour la transmutation des actinides mineurs, et en 2020 la mise en exploitation d'un prototype RNR.

Conclusion

La voie du nucléaire du futur est clairement tracée avec deux étapes stratégiques :

- Accompagner la renaissance de l'énergie nucléaire, avec les réacteurs de 3^{ème} génération (type EPR) et des procédés de traitement/recyclage avancés, dont la France est la seule au monde à posséder aujourd'hui la maîtrise industrielle,
- Inscrire l'énergie nucléaire dans un cadre durable, grâce aux réacteurs de 4^{ème} génération (avec un prototype français en 2020) et un recyclage optimisé.

Le nouveau développement de l'électronucléaire devient ainsi une source de grands défis pour une nouvelle génération d'ingénieurs. Et la France, qui s'est engagée de longue date en ce domaine, possède des atouts scientifiques et industriels, qui la mettent en très bonne place mondiale pour faire face à ces nouveaux défis.

Devant ce regain d'intérêt, la synergie entre R&D et industriels, atout majeur pour la pérennisation du leadership français dans l'électronucléaire de demain doit rester forte. Elle doit également inspirer les actions à poursuivre au niveau de l'Europe. Premier électricien nucléaire dans le monde (avec 31% d'électricité d'origine nucléaire), l'Europe doit jouer dans ce renouveau mondial un rôle d'acteur majeur sur le plan énergétique. C'est un de ses atouts importants de développement économique. ☞

Regain d'intérêt pour l'énergie nucléaire dans le monde, le cas particulier des pays nouveaux entrants : opportunités et responsabilités



par **Didier Kechemair, ICA**

Directeur adjoint des relations internationales, CEA

Didier KECHEMAIR, X79, ENSTA 84, et Docteur de l'Université Paris XI en physique des lasers a participé à la création à l'ETCA d'une unité mixte de recherche DGA/CNRS dans les lasers de puissance. De 1994 à 2000, à la DGRT puis au cabinet du Ministre de la Recherche, il développe les relations entre recherche civile et recherche de défense. Il est nommé en 2000 Directeur de la stratégie et de l'évaluation du CEA, puis de Directeur Délégué pour les Relations Extérieures chargé de l'ouverture des moyens d'essais de la DAM vers la recherche civile. Depuis 2003, il est Directeur Adjoint des Relations Internationales et Directeur Délégué pour les coopérations internationales du CEA.

On observe actuellement un réel regain d'intérêt dans le monde pour la production d'énergie grâce au nucléaire. Ce "second souffle" après les constructions des années 70 s'explique notamment par l'acuité des préoccupations de sécurité d'approvisionnement et de limitation des émissions de gaz à effet de serre.

Des pays disposant déjà de parcs de centrales nucléaires (Russie, Chine, Corée, Inde, Etats-Unis, Brésil...) engagent des plans importants de prolongations de durées de vie ou de nouvelles constructions, d'autres préparent le renouvellement de leurs parcs existants (c'est le cas au Royaume-Uni ou en France avec la construction engagée par EDF d'un EPR à Flamanville). Dans le cas de l'Italie, c'est un "retour au nucléaire" qui est annoncé avec l'ambition de disposer de 25% d'électricité d'origine nucléaire en 2030.

Dans des pays "nouveaux entrants" qui ne disposent d'aucune installation à l'exception parfois de réacteurs de recherche, de nouveaux programmes se préparent à l'horizon 2020-2030. Dans chaque cas, que ce soit en Afrique du Nord, au Moyen-Orient, en Asie du Sud-est, en Amérique Centrale ou du Sud, la situation est spécifique, le niveau de réflexion et d'engagement variable. L'AIEA recense ainsi parmi Etats Membres qui n'ont actuellement pas de programme nucléaire 21 expressions d'intérêt préliminaire, 11 pays envisageant d'engager un programme nucléaire, 5 pays engagés dans la préparation active d'un tel programme, 2 pays ayant pris la décision d'utilisation de l'énergie nucléaire et engagés dans la préparation des infrastructures appropriées, et 2 pays prêts à construire une installation.

La flotte mondiale de réacteurs nucléaires a accumulé dans plus de 30 pays plus de 12 000 années, réacteurs d'expérience d'exploitation industrielle, fournissant 16% de la production d'électricité mondiale au profit de 4 milliards d'habitants. Il est donc naturel que les décideurs politiques prennent en considération cette option pour la production d'énergie, à côté d'autres sources non émettrices de gaz à effet de serre, dans une programmation du mix énergétique futur de leur pays, dans un objectif de développement durable. Pour fixer les idées, dans le marché mondial des constructions nouvelles estimé d'ici 2030 à 300 + 100 GWe, on peut s'attendre à ce qu'un quart soit localisé dans des pays "nouveaux entrants". Cette problématique des "nouveaux entrants" constitue un enjeu global de développement, au-delà d'un enjeu économique : rappelons qu'actuellement, 1,6 milliards

Le nucléaire

d'habitants de notre planète n'ont pas accès à l'électricité, majoritairement au Sud. Il est significatif de ce point de vue que pour nombre de ces pays, le recours au nucléaire vise non seulement la production d'électricité, mais aussi la production d'eau potable.

La France dispose d'une expérience réussie d'intégration durable et sûre du nucléaire dans le mix énergétique, et d'une expertise large (industrielle y compris cycle fermé du combustible et tissu de PME-PMI, juridique avec les lois de l'été 2006 sur la sûreté et la gestion des déchets, scientifique avec le CEA...). EDF exploite sans accident une flotte largement standardisée de 58 tranches sur le territoire français. AREVA dispose de références à l'exportation (Corée, Afrique du Sud, Brésil, Chine). Les demandes adressées à la France par des pays potentiellement "nouveaux entrants" sont nombreuses, pour bénéficier de ce retour d'expérience à travers un partenariat bilatéral privilégié "de gouvernement à gouvernement", n'excluant naturellement pas la mise en concurrence internationale des offres industrielles.

"La France dispose d'une expérience réussie d'intégration durable et sûre du nucléaire dans le mix énergétique, et d'une expertise large..."

Pour préparer la mise en place d'un programme nucléaire, les "infrastructures" nécessaires couvrent de nom-

breuses composantes qui devront être assurées sur l'ensemble du cycle de vie des installations : capacités juridiques et réglementaires, main-d'œuvre formée et entraînée, réseau électrique suffisant, ressources financières et industrielles, culture de sûreté appropriée... Plusieurs initiatives multilatérales se structurent autour de cette question.

Depuis 2006, l'AIEA sous le titre "Strengthening national and regional nuclear power infrastructures" vise à aider les Etats Membres à l'identification, l'évaluation et la mise en place de telles infrastructures et a notamment publié en 2007 un guide de bonnes pratiques et de jalons à satisfaire pour lancer un programme nucléaire dans des conditions adéquates de sûreté, de sécurité, de non-prolifération, d'acceptation par le public, intitulé "Milestones in the Development of a National Infrastructure for Nuclear Power".

De son côté, l'initiative américaine GNEP (Global Nuclear Energy Partnership) met l'accent sur le respect des exigences de sûreté, de sécurité, et de non-prolifération. GNEP aborde la question de fourniture de combustible et services associés avec l'objectif de limiter la dissémination de technologies sensibles du cycle. Le recyclage des combustibles usés fait partie des options considérées dans cet esprit. Sur la base d'une déclaration commune fondatrice (Chine, France, Japon, Russie, USA) établie le 21 mai 2007 à Washington, des principes d'action ont été agréés le 16 septembre 2007 à Vienne. GNEP rassemble aujourd'hui 25 pays. Un groupe de travail "Développement des infrastructures" est dédié à la problématique des nouveaux entrants. La France a

accueilli le 1er octobre 2008 à Paris la Conférence ministérielle du Comité Exécutif GNEP, présidée par M. Borloo. Elle a réuni 19 pays partenaires et 27 candidats au partenariat ou observateurs. La déclaration commune adoptée affirme que l'énergie nucléaire "tout en mettant en place d'autres mesures comme les économies d'énergie, l'amélioration de l'efficacité énergétique et le recours accru aux énergies renouvelables, contribuera à une amélioration de la sécurité énergétique mondiale et à une croissance économique durable grâce à la réduction de la dépendance mondiale aux combustibles fossiles, ainsi qu'à la diminution des émissions de gaz à effet de serre, ce qui constitue un objectif indispensable pour l'ensemble de la planète."

L'Union Européenne est également active dans le domaine, limitant cependant son action à une assistance pour que les nouvelles constructions envisagées respectent les standards les plus élevés en matière de sûreté, de sécurité, et de non prolifération. Elle dispose dans le domaine de la sûreté du nouvel instrument INSC (Instrument for Nuclear Safety Cooperation) qui prend le relai du programme Tacis terminé en 2006 en élargissant son champ géographique d'application. Elle dispose également du nouvel instrument de stabilité (IFS) adopté en janvier 2007. Dans la ligne de la stratégie "EU Strategy against the Proliferation of Weapons of Mass Destruction" de 2003, l'UE introduit ainsi désormais une clause concernant la non prolifération dans ses accords avec les pays tiers.

Au delà de ces initiatives multilatérales, c'est dans la relation bilatérale privilégiée



gouvernement à gouvernement que pourra efficacement se décliner l'accompagnement par la France des projets concrets de ceux, parmi les "nouveaux entrants", qui souhaitent bénéficier du retour d'expérience français. Dans ce cadre bilatéral, l'adaptation des "guides" généraux émis par les instances multilatérales aux spécificités de chaque pays pourra être approfondie, au travers de la mise en place d'équipes conjointes. Le Président de la République l'a affirmé le 24 septembre 2007 à la tribune de la Conférence des Nations Unies sur les changements climatiques : "La France est prête à aider tout pays qui veut se doter de l'énergie nucléaire civile. Il n'y a pas une énergie de l'avenir pour les pays occidentaux, et des pays d'Orient qui ne pourraient pas y avoir accès". Dans son discours de Cherbourg du 21 mars 2008, il a précisé une des contraintes essentielles de cette offre d'accompagnement : "Face à la prolifération, la communauté internationale doit être unie et résolue. Parce que nous voulons la paix, nous devons être sans faiblesse avec ceux qui violent les normes internationales. Mais tous ceux qui les respectent ont le droit à un juste accès à l'énergie nucléaire à des fins pacifiques".

Afin de mieux structurer l'offre française dans ce domaine, les pouvoirs publics ont créé en mai 2008 au sein du CEA une agence dédiée, l'AFNI ("Agence France Nucléaire International"). Le positionnement de l'AFNI est clair : elle intervient pour apporter diagnostic, conseil et formation, afin de promouvoir le savoir-faire français dans son ensemble, dans les phases préparatoires de préféabilité et de faisabilité, souvent longues, en aval de la décision gouvernementale d'éta-

blir une coopération bilatérale nucléaire, et en amont de l'action commerciale. Les domaines d'expertise qu'elle couvre sont variés (techniques, technico-économique, juridique, ingénierie financière, ressources humaines et formation, information du public...). C'est donc l'ensemble de l'expertise française qui doit pouvoir être mobilisée à travers l'AFNI à travers des structures "projets" adaptées aux spécificités de chaque pays, associées aux équipes locales, sur la durée nécessaire. Légère et réactive, chargée de coordonner et d'organiser, apte à mobiliser des compétences au sein et avec l'accord des différents acteurs français, l'AFNI intervient sous forme de prestations facturées en visant à équilibrer ses comptes.

"Pour les pays désireux d'accéder au nucléaire, le développement des compétences ... est un goulot d'étranglement sur le chemin critique."

Pour terminer, soulignons l'importance dans cet effort de préparation des infrastructures du volet ressources humaines et formation, qui rejoint le besoin de renouvellement des compétences au profit de notre propre système national. Pour les pays désireux d'accéder au nucléaire, le développement des compétences pour atteindre "le bon nombre de bonnes personnes au bon endroit au bon moment" est un goulot d'étranglement sur le chemin critique. La mise en œuvre du plan de formation au niveau "experts", mais aussi au niveau ouvriers, opérateurs

et techniciens est un investissement nécessaire, à intégrer dans le financement du projet puis dans le coût d'exploitation pour le maintien et le renouvellement des compétences. Une fraction seulement des personnels impliqués dans un projet nucléaire a besoin d'une formation de niveau "expert" en nucléaire, mais la formation de ces personnes-clé doit être entreprise très tôt (au moins 10 ans avant le branchement au réseau pour les experts de la sûreté par exemple). De ce point de vue, en complément de l'élargissement de l'offre de formations initiales (Masters notamment) engagé actuellement en France au profit du secteur nucléaire, soulignons deux contributions essentielles à la structuration des compétences : la conduite d'activités de R&D en partenariat aide à la formation des "experts" et à l'établissement d'un vivier pour renouveler les personnels pendant toute la vie de l'installation ; par ailleurs, l'exploitation en toute sûreté et sécurité d'une nouvelle centrale tire un large bénéfice du partenariat et du partage d'expérience entre opérateurs exploitant des modèles de même technologie (partenariat entre EDF et l'électricien chinois CGNPC autour de Daya Bay puis Ling Ao par exemple).

Ces deux observations soulignent l'importance et la valeur ajoutée de la relation bilatérale déclinée au niveau des gouvernements, des organismes publics et des industriels pour assurer que les opportunités offertes par la "renaissance" du nucléaire dans le monde puissent être saisies de façon responsable : sûreté et sécurité de l'exploitation, respect des engagements de non prolifération doivent rester nos priorités partagées. Travaillons-y ensemble. ☞

Le nucléaire

L'énergie nucléaire en Russie : choix technologique et économique



par **Denis Flory**

Conseiller nucléaire, Ambassade de France en Russie

Denis FLORY, (X72) a été conseiller nucléaire à l'Ambassade de France en Russie de 2005 à 2008. Il a dirigé pendant 10 ans le département d'expertise et de contrôle de la sécurité des matières et des installations nucléaires à l'Institut de Protection et de Sécurité Nucléaire. Il a été président d'ESARDA (European Safeguards Research and Development Association), et a participé à la création d'ENSRA (European Nuclear Security Regulator's Association).

La Russie, géant gazier et pétrolier, choisit l'énergie nucléaire.

En 2006, La Russie représente 2,2% de la population mondiale et 12,8% du territoire. La Russie produit chaque année 12% de l'énergie primaire mondiale, elle possède 30% des réserves mondiales de gaz, elle est le premier producteur de gaz, et le deuxième producteur de pétrole.

Pourquoi l'énergie nucléaire ?

Malgré cette maîtrise des combustibles fossiles, la Russie a inscrit dans son plan de développement du schéma général des implantations de production d'électricité pour la période d'ici 2020, approuvé en février 2008, le principe "d'utilisation maximale du potentiel de développement des capacités électronucléaires et hydrauliques, puis des combustibles solides, en diminuant fortement la proportion de recours au gaz et aux combustibles liquides dans le bilan énergétique". C'est une tentative de renversement de la tendance observée dans la période 2001-2006, où la part du gaz dans la production d'électri-

cité a cru de 66 à 68 %, alors que la part du charbon passait de 27 à 25 %.

Cette orientation stratégique s'appuie sur trois raisons :

1. Tout d'abord, les installations de production d'électricité et de chaleur sont majoritairement obsolètes, et nécessitent pour certaines une remise à niveau, mais plus souvent un remplacement. En effet, en 2005 70% des installations avaient plus de 20 ans d'âge, et près de 10% dépassaient les 40 ans.

2. Partant de sa position de premier pays producteur de gaz au monde, et s'appuyant sur ses vastes ressources, la Russie a pris de nombreux engagements commerciaux de livraison de gaz. Mais le respect peut en être difficile poussant à rechercher des économies dans la consommation de cette source d'énergie. En 2005 en effet, la société Troika Dialog estimait que la production de Gazprom allait baisser dans les prochaines années. Les explications sont d'ordre politique : la tentative de

Gazprom d'écarter les compagnies étrangères des nouveaux gisements gaziers technique les défis technologiques que posent ces nouveaux gisements (cf Shtokman), et financier (le faible niveau des investissements réalisés dans les dix dernières années).

3. Alors que le gaz est vendu sur le marché domestique à 70\$ les mille m³, il est plus avantageux de vendre ce gaz trois fois plus cher en Europe et de construire de nouvelles tranches nucléaires. Le différentiel de prix permettrait d'amortir le coût de construction d'une tranche en quelques années, fait remarquer le lobby nucléaire.

La quatrième raison (comme les trois mousquetaires, il en faut bien quatre !), est que développer le programme nucléaire domestique permet d'affermir la base pour l'exportation des technologies nucléaires russes, et par là même, d'améliorer la structure des exportations de la Russie, en y injectant une valeur ajoutée technologique alors qu'elle



est actuellement essentiellement basée sur la vente de matières premières.

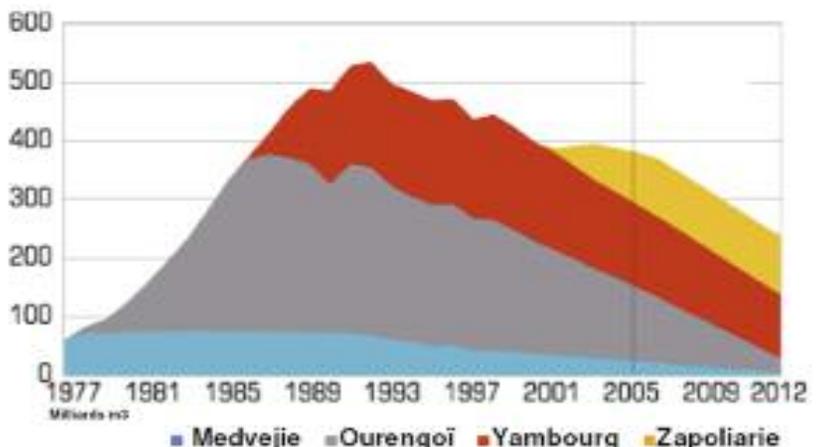
L'énergie nucléaire : comment ?

Fidèle à cette feuille de route, le patron du nucléaire, S. Kirienko, s'est attelé depuis 2005 à revitaliser le tissu industriel nucléaire russe afin de pouvoir construire à terme 3 à 4 tranches par an sur le standard AES-2006 (VVER, eau pressurisée de 1200 MWe). Il s'est également lancé avec le soutien actif de V.V. Poutine dans la recherche de clients étrangers pour soutenir par les revenus de l'exportation les besoins en financement de ce programme, évalué à 50 milliards d'euros pour la période 2009-2015 dont 17,3 G€ proviendront de la subvention fédérale. L'objectif est d'accroître la part de l'électronucléaire, de quelques 16% actuellement, à 20% en 2020, et à 25-30% en 2030. A plus long terme, la Russie confirme son choix de fermer le cycle du combustible nucléaire, sur la base d'un

parc de centrales constitué de réacteurs à neutrons rapides dont le combustible Uranium-Plutonium sera retraité dans des installations... qui restent à concevoir, financer, construire !

La Russie étant fortement touchée par la crise, les besoins énergétiques de la

Russie à moyen terme, ses capacités de financement et ses capacités industrielles font peser aujourd'hui une interrogation forte sur l'étendue de ce programme dans lequel certains experts russes ne voient qu'un nouveau programme quinquennal ! ☹



Sans investissements significatifs pour l'appropriation de nouveaux gisements, la production de Gazprom va décroître. Source : Troika Dialog

Le nucléaire

Le renouveau du nucléaire : le point sur l'Asie



par **Alain Tournyol du Clos, IGA**

Conseiller nucléaire, Ambassade de France en Chine

Alain Tournyol du Clos a une longue expérience du nucléaire. Il a travaillé 25 ans dans la propulsion nucléaire au CEA, au Ministère de la défense et à Technicatome. Il a ensuite exercé différentes responsabilités à la DGA (DCN) et au CEA où il a été en particulier directeur des réacteurs nucléaires. En 2003, il est nommé PDG de Principia, filiale de Technicatome avant de prendre en 2005 le poste de conseiller nucléaire de l'ambassade de France en Chine.

Le plus grand des continents

L'Asie est le plus grand des continents : 25% des terres émergées occupées par 60% de la population mondiale, soit environ 4 milliards d'habitants, constituant 51 pays différents.

C'est un continent jeune : la moitié de la population a moins de 20 ans.

C'est un continent contrasté en termes de densité de population : près de 6 500 habitants au km² à Singapour, moins de 2 en Mongolie ; et en termes de développement économique : les nomades du désert de Gobi d'un côté, les citadins des mégapoles de l'Est de l'autre : Shanghai près de 19 millions d'habitants, Tokyo 13 millions, etc.

Dans ce qui suit, je m'intéresserai aux pays "nucléarisés", ou en voie de le devenir, de la région "Extrême-Orient" - à l'exception de la Russie orientale traitée par ailleurs.

Je les classerai en trois groupes :

- les géants nucléaires de demain : Chine et Inde
- les puissances nucléaires d'aujourd'hui : Japon et Corée du Sud
- les postulants : Vietnam, Thaïlande, Indonésie

Les géants nucléaires de demain

La Chine et l'Inde possèdent à elles deux environ 2 milliards et demi d'habitants. Elles ont en commun d'avoir une forte croissance (autour de 10% par an), de se reposer aujourd'hui essentiellement sur l'énergie thermique classique (charbon, pétrole), d'avoir lancé des programmes nucléaires ambitieux basés sur les technologies occidentales, de rechercher à moyen terme l'autonomie, d'être fortement préoccupés par la sécurité énergétique.

La Chine

Jusqu'en 2004 le mot d'ordre était en Chine "nous développons le nucléaire de façon appropriée" ; en pratique cela voulait dire que la Chine explorait les différentes possibilités avec pour résultat que sur les 11 réacteurs aujourd'hui en service commercial : 4 sont français, 2 canadiens, 2 russes et 3 chinois.

Depuis 2005 le mot d'ordre est devenu "nous développons le nucléaire de façon accélérée" ; cette accélération comporte trois volets :

- la duplication d'un modèle standard dit de génération 2 améliorée, basé sur le réacteur français de 900 MW sinisé : 14

réacteurs de ce type sont à différents stades d'approbation ou de réalisation, une dizaine d'autres devraient être commandés dans les années à venir,

- la réalisation en parallèle de quelques unités de génération 3 (AP1000 et EPR) permettant d'éclairer le choix de la 3^{ème} génération chinoise,
- la préparation du futur en lançant des prototypes de la filière "rapide-sodium" et de la filière à haute température.

La Chine a fait le choix d'un cycle du combustible fermé et participe aux différentes initiatives et programmes internationaux (GEN IV, GNEP, ITER).

L'objectif affiché par le gouvernement chinois est de 70 GW de production d'électricité nucléaire installés en 2020 (contre 9 aujourd'hui)... et de continuer jusqu'à atteindre environ 20% d'électricité d'origine nucléaire (soit quelques 250 réacteurs en service !)

L'Inde

Longtemps isolée, l'Inde reprend aujourd'hui sa place dans le concert mondial depuis le récent accord avec l'AIEA et le NSG.

Le gouvernement indien prévoyait une



augmentation de 14 réacteurs d'ici 2020, basée principalement sur la construction de réacteurs à eau lourde, sur le modèle canadien "indianisé", et l'introduction de réacteurs rapides refroidis au sodium.

On peut s'attendre à une révision à la hausse de ces chiffres par l'importation rapide de réacteurs occidentaux, américains (AP1000), français (EPR) et russes (VVER).

Pour le long terme, l'Inde - riche en thorium naturel - développe le cycle uranium/thorium ce qui lui donne une place à part parmi les nations développant le nucléaire.

L'Inde participe également au programme ITER de recherche sur la fusion contrôlée.

Les puissances nucléaires d'aujourd'hui

Le Japon et la Corée (Corée du Sud bien entendu) sont deux pays fortement nucléarisés : 55 réacteurs en exploitation et 30% d'électricité d'origine nucléaire pour le premier, 19 réacteurs et 45% pour le deuxième.

Ces deux pays entendent poursuivre leur programme : le Japon a 2 réacteurs en construction et 11 autres prévus à moyen terme, la Corée respectivement 4 et 4.

Il faut toutefois nuancer ce constat positif par quelques considérations plus politiques.

a. Ces deux pays sont très dépendants des positions prises par le gouvernement américain, en particulier dans le domaine du cycle du combustible ; dans ce domaine ils voient avec une certaine inquiétude les démocrates revenir au pouvoir.

b. Du fait des accords de licence avec les compagnies américaines, leurs industriels n'ont pu à ce jour se placer à l'exportation. Ils mènent une politique volontariste d'alliances pour contourner cette difficulté.

c. L'opinion publique de ces pays n'est pas nécessairement en phase avec les gouvernements... Au Japon une culture de dissimulation des incidents a gravement entaché la crédibilité des acteurs du nucléaire, en Corée la difficulté à trouver un site de stockage pour les déchets de faible et moyenne activité (20 ans d'efforts !) augure mal de la gestion de la fin du cycle.

Les postulants

Trois pays d'Asie du sud-est ont manifesté leur volonté d'avoir en 2020 un, deux ou quatre réacteurs nucléaires en exploitation. Ce sont le Vietnam, l'Indonésie et la Thaïlande.

Ces pays font l'objet de beaucoup d'attention de la part des fournisseurs

potentiels, particulièrement le Japon et la Corée qui - n'ayant pas été admis à concourir sur le marché chinois - y voient la possibilité d'acquiescer une première référence à l'exportation.

Toutefois aujourd'hui seul le Vietnam semble offrir la garantie de stabilité politique suffisante pour crédibiliser ses intentions.

Conclusion

Aujourd'hui la Chine, l'Inde, le Japon et la Corée représentent 90% des centrales nucléaires en construction dans le monde si l'on exclut la Russie, et 70% si on l'inclut. Ce poids de l'Asie ne devrait pas diminuer dans le futur : non seulement ces pays ont des programmes ambitieux mais ils ont de plus - au moins pour la Chine et l'Inde - toutes les raisons de les réaliser étant moins soumis que d'autres aux aléas de la politique ou aux errements de la situation financière mondiale. Il en résulte que les acteurs du nucléaire (électriciens, ingénieries, équipementiers) qui ne seront pas présents sur le marché asiatique ont toutes les chances d'avoir disparus en 2020... quand la France relancera son propre programme.



Le nucléaire

L'apprentissage de la sûreté nucléaire est une longue marche



Interview d'André-Claude Lacoste, Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

AC LACOSTE, X-60, Ingénieur général des Mines est l'une des personnalités reconnues mondialement en matière de sûreté nucléaire. Au Ministère de l'Industrie, il a été chargé du contrôle des installations industrielles (1978-90) puis, depuis 1993, il a dirigé les diverses structures qui ont assuré successivement les responsabilités des contrôles de sûreté dans les activités nucléaires. Depuis 2006, il préside l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN), Autorité administrative indépendante.

La CAIA : Les termes de "sécurité" et de "sûreté" n'ont pas toujours le même sens suivant les secteurs techniques. Qu'en est-il dans votre domaine ?

André-Claude Lacoste : En matière nucléaire, on introduit en effet une nuance spéciale : relève de la sûreté ce qui dépend des dispositions intrinsèques aux installations, le terme de sécurité s'appliquant à la protection contre les événements d'origine extérieure, comme par exemple la malveillance.

La CAIA : Comment la France a-t-elle été amenée à instituer une ASN ?

A-C L : Comme ailleurs, l'évolution s'est faite par étapes : à l'origine, un établissement - en France, le CEA - assure recherches et réalisations. Il en résulte une filière de réacteurs "domestiques", ce qui amène à spécialiser une équipe

chargée de la sûreté. A maturité, cette équipe est externalisée, pour assurer l'indépendance des contrôles.

Chaque pays connaît sensiblement ce même scénario, avec des décalages dans le temps. Aujourd'hui, l'Inde en est arrivée à un degré comparable à celui de la France vers 1970.

La CAIA : L'indépendance que l'ASN connaît maintenant signifie-t-elle qu'elle n'est soumise à aucune pression politique ?

A-C L : La loi en a fait une Autorité administrative indépendante, ce que je schématise parfois en disant qu'elle est "un morceau de l'Etat qui ne rapporte pas au Gouvernement", à l'image des agences fédérales aux Etats-Unis. Le mode de désignation de sa direction (un collège de 5 Commissaires nommés pour 6 ans, sans risque d'être démis) la tient

à l'écart des fluctuations du politique, alors que dans d'autres pays (par exemple, l'Allemagne, où le rôle est tenu par une Direction d'Administration centrale), on constate une moindre stabilité des hommes, donc de la doctrine. Bref, le statut de l'ASN lui garantit indépendance, visibilité et liberté d'action.

Pour assurer son indépendance, l'ASN garde aussi ses distances par rapport aux opérateurs de construction ou d'exploitation. En cas de désaccord lourd avec un exploitant, elle a les moyens de faire entendre librement sa position.

Dans la même optique, nous nous attachons à n'entretenir aucune connivence avec les exportations françaises de réacteurs. Autant l'ASN cherche à contribuer à développer un haut niveau de sûreté dans le monde, autant elle s'interdit de faire partie du dispositif de promotion des produits nucléaires exportés.



La CAIA : Depuis l'accident de Tchernobyl, les Français ont des craintes ; ils ont l'impression de ne pas avoir été convenablement informés. Un accident d'importance comparable est-il aujourd'hui possible, en France où à proximité de nos frontières ?

A-C L : Les conditions ne sont plus du tout les mêmes. Sur le plan technique, les réacteurs de ce type ont en Europe presque tous été fermés; il ne reste plus que quelques exemplaires en Russie.

D'autre part, l'organisation s'est fortement améliorée : à Tchernobyl, le système en place ne facilitait pas la distinction des rôles, donc des responsabilités. L'un des enseignements de l'accident a été de séparer clairement les activités d'exploitation des responsabilités de contrôle. Chaque pays en a tiré les conséquences.

De plus, à l'époque, il n'existait pas de concertation internationale, d'où une extrême dispersion dans les réactions des pouvoirs publics, aussi bien sur les mesures à prendre que sur l'information du citoyen. Ce dernier a pu légitimement y percevoir une certaine confusion. La coopération internationale qui s'est instaurée - et nous y participons activement - amène aujourd'hui à une bien meilleure harmonisation, y compris dans les processus d'information du public.

La CAIA : Cette coopération signifie-t-elle que tous les pays de l'UE réfléchissent et parfois agissent ensemble dans certains aspects de la sûreté ?

A-C L : Nous coopérons activement, dans un périmètre un peu différent des 27, dont tous ne sont pas équipés de nucléaire, mais aussi en accueillant d'autres partenaires, par exemple la Suisse.

Ce travail en commun peut prendre plusieurs formes : des exercices à l'échelle européenne, par simulation de crise. La mise au point de méthodes communes (c'est ainsi que nous avons adopté une

échelle unifiée qui classe les événements de radioprotection survenant au cours des procédures médicales, de manière à informer le public sur leur gravité ; c'est l'échelle ASN-SFRO).

Le plus important peut-être est qu'un réseau de relations personnelles et confiantes s'est instauré à ces occasions ; il permet de communiquer et travailler ensemble, au point que mes homologues et moi-même, nous constituons maintenant un club, informel mais efficace.

De toutes façons, il n'y a pas trente-six manières différentes d'assumer ces responsabilités de contrôle, et les pays vont évoluer vers des systèmes très proches les uns des autres. Mais il s'agira d'engagements volontaires, car les souverainetés sont en cause. C'est pourquoi je ne crois pas à une "ASN européenne", qui ne me paraît pas concevable à vision humaine.

La CAIA : D'ici quelque 10 ans, de nombreux pays vont essayer de se doter des technologies nucléaires. Si on met à part les aspects propres à la défense, quelles incertitudes cela soulève-t-il ?

A-C L : C'est une préoccupation permanente et nous tenons à ce que les nouveaux projets de réacteurs, dans quelque pays que ce soit, aient leur sûreté garantie. Partout où il y a du nucléaire, il doit être sûr. Un accident grave, n'importe où dans le monde, suffirait à condamner cette source d'énergie et ce serait un échec pour tous.

Il est de la responsabilité de chaque pays de construire un contrôle efficace. Mais la question dépasse les frontières et, par ses coopérations à l'international, l'ASN contribue à faire atteindre à chacun un haut degré de sûreté.

Encore faut-il distinguer entre les situations, qui se présentent de façon très diverse dans le monde: il y a des pays qui

ont déjà une activité et la continuent (Inde, Corée du Sud, Chine...) ; et aussi, on a tendance à l'oublier, ceux qui ont cessé d'investir depuis de nombreuses années - en France ou aux Etats-Unis, aucune installation importante n'a été construite depuis plus de 10 ans - là, le savoir-faire est en partie à reconstituer.

Quant à ceux qui commencent à zéro, un de leurs objectifs essentiels doit consister à instaurer une "culture de sûreté", à construire petit à petit, et qu'il n'est guère possible d'importer. Les questions de formation et plus généralement de ressources humaines, qui peuvent avoir un impact très important sur la sûreté, sont l'un des éléments-clés.

Dans ces pays, la tâche est vaste : rédiger une loi, mettre en place une structure de contrôle, construire, puis exploiter... Ils ont à faire une longue marche, il leur faudra de la persévérance, toutes ces étapes mises bout à bout demandent au moins une quinzaine d'années. Il est dans l'intérêt de tous d'avoir une Autorité de contrôle qui soit hautement crédible. ☞

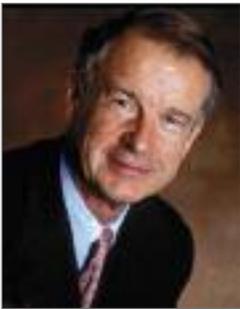
Propos recueillis par Michel Clamen

LES ASN EN QUELQUES CHIFFRES

- Environ 450 agents, dont 75% de cadres
- 11 divisions territoriales
- Budget : 60 millions d'euros/an
- 80 millions d'euros/an d'expertises techniques
- En 2007, 84 décisions publiées au Bulletin officiel de l'ASN
- Plus de 1500 inspections, partagées par moitié entre installations nucléaires de base et nucléaire de proximité

Le nucléaire

Sûreté nucléaire de défense et transparence



par **Marcel Jurien de la Gravière**

Délégué à la sûreté nucléaire et à la radioprotection pour les activités et installations intéressant la défense

Marcel Jurien de la Gravière, Ecole Nationale de Chimie de Rennes, commence sa carrière au CEA en 1966 au Centre de Valduc dans des activités d'étude et de mise en oeuvre des technologies nucléaires pour les armes et engins. Directeur du centre de Valduc en 1989, Directeur des matières nucléaires de la DAM en 1995, il devient ensuite Directeur du Centre de Cadarache en 1997. Il est nommé Administrateur Général Adjoint du CEA en juillet 2000. Il est nommé en 2003 Délégué à la sûreté nucléaire et à la radioprotection pour les activités et installations intéressant la Défense (DSND).

Conformément au décret paru le 5 juillet 2001, confirmé par le décret du 10 mai 2007 transcrit dans le Code de la Défense, le DSND a pour mission d'étudier, de proposer et de contrôler l'application de la politique de sûreté nucléaire de Défense. Ceci concerne : les installations nucléaires de base secrètes (INBS), les systèmes nucléaires militaires, les sites et installations d'expérimentations nucléaires intéressant la défense et les transports des matières fissiles ou radioactives à usage militaire. Le Délégué peut proposer toute adaptation de la réglementation de sûreté nucléaire qu'il juge nécessaire, en tenant compte des spécificités propres aux activités intéressant la Défense.

Transparence et indépendance : une exigence sociétale

La politique nucléaire de défense des gouvernements qui se sont succédés depuis la création de la force française de dissuasion nucléaire implique des choix de long terme. Sa cohérence et la nécessaire continuité des engagements de l'Etat requièrent le consentement durable d'une large majorité de l'opinion publique et de sa représentation nationale.

Or, deux reproches étaient formulés de manière récurrente par le public dans le débat nucléaire, tant de défense que civil :

- le manque d'indépendance des autorités de sûreté et des experts vis à vis des exploitants ;
- la culture du secret chez les acteurs du nucléaire.

Suite à l'accident de Tchernobyl et à l'analyse de ses conséquences, cette préoccupation de l'opinion publique trouvait sa traduction dans deux recommandations du député Jean-Yves Le

Déaut dans son rapport de 1998 au Premier Ministre :

- "Le système français de radioprotection, de contrôle et de sécurité nucléaire : la longue marche vers l'indépendance et la transparence";
- "Pas de ghetto du nucléaire militaire".

Il est donc essentiel que le public ait confiance dans la maîtrise des risques liés aux activités nucléaires de défense et qu'il ait la certitude que la sécurité de nos moyens nucléaires militaires et la sûreté des activités qui leur sont liées sont assujetties aux mêmes exigences de transparence et d'indépendance que celles qui président aux activités nucléaires civiles.

Une autorité de sûreté de défense indépendante des exploitants nucléaires, industriels et militaires

La création du Délégué à la sûreté nucléaire de défense (DSND) en 2001 suivie en 2002 de celle de la Direction générale

pour la sûreté nucléaire et la radioprotection (DGSNR) et de celle de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN), qui sortait, de ce fait, du Commissariat à l'énergie atomique (CEA), est la première manifestation de la volonté gouvernementale de marquer l'indépendance des autorités de sûreté civile et de défense, ainsi que de leur expert technique commun, vis-à-vis des exploitants nucléaires, industriels ou militaires.

Transparence et information : une obligation concrète

Dans le même temps, la création de Commissions d'information (CI) autour des Installations nucléaires de base secrètes (INBS) intéressant la défense établissaient un parallèle avec celle des Commissions locales d'information (CLI) autour des Installations nucléaires de base (INB) civiles. Ces CI, présidées par les préfets et comportant des représentants des collectivités territoriales et des associations, sont des instances



d'informations qui constituent de véritables relais de communication avec le public. Sans en être membres, les exploitants nucléaires apportent leur contribution à leur fonctionnement en les tenant destinataires de toutes les informations relatives aux impacts éventuels des activités des INBS sur l'environnement. Pour sa part, l'autorité de sûreté nucléaire de défense répond à toutes les sollicitations des commissions, dans l'exercice de son devoir d'information, sur tout ce qui relève de ses compétences et de son expertise en matière de maîtrise des risques nucléaires.

La loi relative à la transparence et à la sécurité en matière nucléaire du 13 juin 2006 (loi TSN) est venue renforcer l'indépendance des autorités de sûreté nucléaires en créant l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN), autorité administrative indépendante pour le nucléaire civil et en soulignant le caractère spécifique de la sûreté nucléaire de défense.

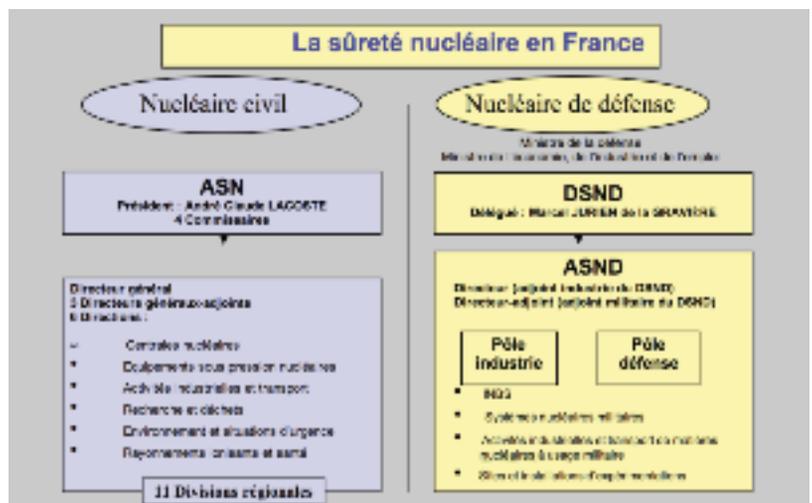
La mise en cohérence du Code de la défense avec la loi TSN (décret du 10 mai 2007) confirme et précise le rôle et les attributions du DSND, notamment dans les domaines de la communication et de l'information relevant de ses compétences. Elle a également permis de clarifier l'or-

ganisation de la sûreté nucléaire de défense en créant, auprès du DSND, l'Autorité de sûreté nucléaire de défense (ASND). Cette autorité, dirigée par un directeur et un directeur-adjoint, par ailleurs respectivement adjoint industrie et adjoint militaire du DSND, comporte un pôle industrie et un pôle défense. Elle instruit les dossiers de sûreté soumis au DSND et contrôle la bonne application des règles de sûreté nucléaires dans les INBS, entre autres.

La dernière évolution, en cours, concerne la participation du DSND, comme membre du Haut comité de la transparence et

de l'information sur la sécurité nucléaire (HCTISN), comité créé par la loi TSN.

Aujourd'hui, la transparence est un paramètre important dans l'organisation de la sûreté nucléaire en France. Le rapprochement achevé de l'organisation de la sûreté nucléaire de défense et de celle de la sûreté nucléaire civile, ainsi que celui des règles et procédures applicables à leurs activités respectives, sont de nature à conforter la confiance du public dans la sécurité des moyens de la force nationale de dissuasion nucléaire. ☺



La solution au problème des déchets nucléaires expliquée à l'ingénieur de l'armement



par **Michel Bouvet, ICA**

Directeur de la stratégie, du développement et des relations extérieures de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire

Après une thèse d'Etat en sciences physiques, Michel Bouvet (X78) a occupé, au sein du Ministère de la défense, des fonctions techniques (DCN Toulon), de management de centres (SHOM/CMO) ou de programmes (VBCI) ou liées aux études prospectives (SASF), à la stratégie (DAS) et à la formation (CHEAr). Il a rejoint l'IRSN en 2006.

Les déchets nucléaires sont là. Certains présentent un risque pour très longtemps. Cette donnée temporelle est caractéristique de ce problème et conduit à assurer leur sûreté avec les meilleures solutions du moment, sans faire une confiance absolue à la structure future de la société d'où le choix d'un stockage "réversible", choix très encadré scientifiquement, technologiquement et politiquement.

La production d'énergie nucléaire ne restera acceptable par la société qu'en l'absence d'accident grave et en résolvant la question des déchets nucléaires. Les anti-nucléaires l'ont bien compris, eux qui cherchent d'abord à "sortir du nucléaire", en privilégiant une solution d'entreposage longue durée, puis, une fois sortis, militent pour un stockage des déchets nucléaires. Pourquoi ? Parce que si le stockage est jugé acceptable, fiable et sûr, nul besoin de sortir du nucléaire, sous réserve bien sûr que la sûreté des installations en exploitation est assurée. Ceci étant, comment présenter la démarche liée au problème des déchets nucléaires à l'ingénieur de l'armement, cible de cette revue ?

Du bon sens

Tout d'abord, en comptant sur son bon sens : quoi qu'on fasse, les déchets nucléaires existent et certains présentent un risque très fort et pour très longtemps. Le principal problème est posé par les déchets dits HA-VL, de de haute activité à vie longue. Ces déchets HA-VL représentent 0,2 % du volume des déchets mais 96 % de la radioactivité totale.

Se pose donc la question de la protection de la population et de l'environnement de cette dangerosité des déchets HA-VL. Pour longtemps.

C'est cette caractéristique du très long terme, au-delà de toute prospective réaliste (un PP 30... millions d'années ?), qui rend la recherche de solution complexe et ne s'appuyant pas seulement sur la technologie et des avancées de la connaissance.

Eu égard à la durée, la solution ne peut pas se fonder sur une quelconque confiance envers les structures futures à long terme de la "société", prise au sens de mode de gouvernance des affaires publiques et collectives. Comment assurer sur le très long terme la sûreté d'une solution dont l'unique enjeu est justement d'assurer la sûreté.



De l'“éthique” pour le très long terme

Il est presque licite de parler d'“approche éthique” : la question des déchets nucléaires doit être résolue avec les meilleures solutions du moment sans faire une confiance absolue à la “société” (mode de gouvernance des affaires publiques) d'où le choix, pour les déchets HA-VL, d'un stockage (confiance dans la géologie) plutôt que d'un entreposage (défiance vis-à-vis de la société) mais d'un stockage réversible (confiance, malgré tout dans l'homme, le retour d'expérience et les avancées scientifiques).

Une “solution” très encadrée

La meilleure solution pressentie du moment, le stockage “réversible” est une solution encadrée scientifiquement, technologiquement et politiquement :

- scientifiquement, car le corpus de recherche existe et continue de se développer, que ce soit sous le pilotage des exploitants (en particulier, en France, l'Andra) ou des organismes indépendants de sûreté et d'appui techniques aux politiques publiques (en France, l'IRSN) ;
- technologiquement, car sont mises en œuvre des méthodes de conception et d'exploitation rigoureuses correspondant

L'ENTREPOSAGE ET LE STOCKAGE

Les installations d'entreposage actuelles sont conçues pour accueillir les colis de déchets pendant une durée limitée.

Le stockage est le stade ultime d'une filière et suppose le dépôt définitif des colis ou, du moins, l'absence d'intention de les reprendre. Cela signifie naturellement que les dispositions retenues garantissent la protection de l'homme et de l'environnement aussi bien à court qu'à très long terme.



aux meilleures pratiques des industries du nucléaire et des mines ;

- politiquement, car le processus est "mûri" sous contrôle du Parlement, cf les lois de 1991 et de 2006.

La décision de fermeture met fin à la réversibilité "aisée". Ce n'est pas notre génération qui prendra cette décision. Notre génération met à disposition de la génération qui aura à prendre cette décision les meilleures techniques d'aujourd'hui satisfaisant nos critères actuels sans préjuger de ce qui sera fait.

**"Le stockage
"réversible" est une
solution très encadrée
scientifiquement,
technologiquement et
politiquement."**

Le stockage "réversible" en couche géologique profonde : un principe très encadré législativement

Le stockage "réversible" en couche géologique profonde consiste à déposer les colis de déchets dans des ouvrages

creusés dans une roche imperméable à l'eau, à une profondeur d'au moins 200 m. La recherche de formations géologiques propices constitue une voie de gestion explorée dans le cadre de la loi du 30 décembre 1991. La loi de 2006 définit le stockage en couche géologique profonde comme une solution de gestion pérenne tout en posant le principe de sa réversibilité. Ce principe prévoit que l'opération de fermeture définitive ne pourra être autorisée par une nouvelle loi qu'après une période d'au moins égale à 100 ans.

Les concepts de stockage géologique étudiés reposent sur le principe de barrières multiples qui s'opposent à l'arrivée de l'eau sur les déchets puis à la dispersion des substances radioactives. Ces barrières comprennent le colis de déchets, la "barrière ouvragée", qui est le matériau manufacturé qui peut être interposé entre le colis de déchets et la roche, et la barrière géologique qui est la roche elle-même.

La loi de programme du 28 juin 2006 prévoit pour 2015 l'instruction de la demande d'autorisation de construction d'un tel centre de stockage. Sous réserve de cette autorisation, la mise en exploitation interviendra en 2025.

LES LOIS DE 1991 ET 2006

La loi du 30 décembre 1991 ("Loi Bataille") avait retenu trois voies de recherche concernant le devenir des déchets radioactifs de haute activité à vie longue : la séparation-transmutation, le stockage en formation géologique profonde, le conditionnement et l'entreposage à long terme en surface. Elle a également mis en place un comité local d'information et de suivi (CLIS) pour favoriser l'information de la population et des élus locaux sur le déroulement des travaux de construction et d'exploitation du laboratoire souterrain de Bure.

Une nouvelle loi de programme relative à la gestion durable des matières et des déchets radioactifs a été adoptée le 28 juin 2006. Elle prolonge la précédente, en tirant un bilan des recherches menées sur les 3 axes depuis 1991. Elle institue un plan national de gestion de toutes les matières et déchets radioactifs et fixe des échéances pour les principales étapes de leur gestion.

Le nucléaire



Un demi-siècle de propulsion nucléaire navale

par Emmanuel Duval, IGA

X 1962, ingénieur du Génie maritime et en Génie atomique, Emmanuel Duval a, durant la majeure partie de sa carrière à la DGA, exercé des responsabilités liées aux programmes nucléaires de défense.

La propulsion nucléaire navale, comme toutes les application de l'énergie nucléaire, est une technologie relative-ment jeune. Née en 1955, elle s'est assez rapidement imposée dans le domaine militaire, principalement pour la propulsion des sous-marins. Elle est restée jusqu'à aujourd'hui l'apanage d'un "club" restreint, qui devrait toutefois aller progressivement en s'élargissant.

Les origines de la propulsion nucléaire navale

En 1932, le physicien anglais Robert Chadwick mettait en évidence à Cambridge l'existence et les propriétés du neutron. Fin 1938, deux chimistes allemands, Otto Hahn et Fritz Strassman, découvraient à Berlin le phénomène de fission nucléaire induite de l'uranium sous l'effet d'un bombardement neutronique. Ces travaux étaient rapidement connus, notamment aux Etats-Unis, où nombre de scientifiques européens avaient entrepris d'émigrer à l'approche de la guerre. L'idée d'une utilisation possible du dégagement d'énergie résultant d'une réaction de fission en chaîne, sous la forme d'un engin "explosif" de forte puissance ou sous celle de dispositifs capables de fournir en continu de l'énergie à des fins de génération d'électricité ou propulsives, se faisait jour. Elle allait conduire à la création du projet Manhattan, qui devait permettre la conception et la réalisation dans des délais record des premières armes

nucléaires lancées en août 1945 par l'aviation américaine au dessus du Japon. C'est dans le cadre du projet Manhattan qu' était obtenue, le 2 décembre 1942, la première réaction en chaîne contrôlée, dans une "pile" atomique construite à l'université de Chicago, sous la direction d'Enrico Fermi et de Leo Szilard.

En 1946, dès la guerre terminée, certains des moyens du projet Manhattan étaient réorientés vers le développement des réacteurs nucléaires. L'US Navy s'intéressait à ces travaux et déta-

chait, pour les suivre à l' US Atomic Energy Commission, une petite équipe dirigée par le capitain et futur amiral Hyman G. Rickover. C'est sous sa direction qu'était réalisé le prototype à terre d'un réacteur de propulsion navale, de type PWR, qui divergeait pour la première fois en mars 1953. Cette étape permettait l'achèvement de l'USS "Nautilus", premier navire et premier sous-marin au monde à propulsion nucléaire, qui devait débiter ses essais à la mer en janvier 1955.



L'USS "Nautilus", premier navire à propulsion nucléaire de l'histoire, lors de ses essais à la mer en janvier 1955

Le nucléaire

Les navires à propulsion nucléaire

Dans la brèche ainsi ouverte allaient progressivement s'engouffrer les "grands" de l'époque : l'URSS en 1958, la Grande-Bretagne en 1965, la France en 1972 et, enfin, la Chine en 1981. Tous ces pays choisissaient, à l'instar des Etats-Unis, d'appliquer prioritairement la propulsion nucléaire aux sous-marins, soit en débutant d'emblée par le cas le plus difficile, celui du sous-marin nucléaire lanceurs d'engins (SNLE), à l'image de la France avec "Le Redoutable", soit en s'essayant d'abord à la réalisation d'un sous-marin nucléaire d'attaque (SNA), sans doute moins ardue. Le nombre de navires militaires à propulsion nucléaire construits par chacun d'entre eux était toutefois très variable, dépendant beaucoup de ses capacités industrielles, de ses ressources économiques et du niveau de ses ambitions sur l'échiquier mondial. C'est ainsi que les Etats-Unis et l'URSS disposaient chacun de plus de 150 navires militaires à propulsion nucléaire au milieu des années 1980, alors que le nombre de navires de cette catégorie en service à même époque était de moins de 20 pour la Grande-Bretagne,

de moins de 10 pour la France et de quelques unités pour la Chine. Indiquons au passage que la montée en puissance de la flotte nucléaire soviétique n'est pas allée sans un certain nombre d'accidents ou d'incidents affectant la partie proprement nucléaire du système propulsif des bâtiments concernés. Ces accidents, au moins certains d'entre eux, sont probablement à imputer aux risques pris par les autorités soviétiques, tant en matière de choix technologiques qu'en matière d'exploitation des navires, dans leur volonté de rattraper, voire dépasser, les réalisations américaines. Indiquons également que, malgré des tentatives d'utilisation, pour les réacteurs de propulsion, de filières plus ou moins "exotiques", tentatives qui ont été principalement le fait de l'URSS, la filière PWR (ou REP) est maintenant, si non généralisée, au moins très majoritairement retenue pour les réacteurs nucléaires de propulsion navale. Elle implique, ce qui a son importance, l'usage d'uranium enrichi.

Nous avons essentiellement évoqué, jusqu'à présent, le cas des sous-marins. Il y a une raison à cela : la propulsion nucléaire a en effet conduit à une véritable révolution des capacités militaires

de ce type de navire. Permettant le stockage d'une énergie considérable sous une forme extrêmement compacte (les noyaux d'uranium 235 contenus dans les éléments combustibles), capable de délivrer cette énergie sous forme mécaniquement exploitable et de façon "anaérobie", c'est à dire sans faire appel à l'oxygène de l'atmosphère extérieure, ce mode de propulsion confère au sous-marin la capacité de naviguer en immersion profonde, si nécessaire à vitesse élevée, pour des durées quasi-infinies. Le sous-marin nucléaire échappe ainsi au "fil à la patte" que constitue, pour son homologue à propulsion diesel-électrique, l'obligation de revenir de façon relativement fréquente au voisinage de la surface pour recharger ses batteries électriques. Il trouve, pourvu qu'on sache également le rendre silencieux, une impunité et une liberté d'action jamais connues.

Cependant, la propulsion nucléaire a été et reste encore utilisée pour des navires de surface. Dans le domaine militaire, c'est le cas d'un certain nombre de porte-aéronefs (porte-avions ou porte-hélicoptères), de certains gros bâtiments de combat (croiseurs) et, en nombre extrêmement limité, de gros bâtiments de transport. On recherche, dans ce cas, une amélioration de l'endurance, du rayon d'action et des capacités d'emport. La Marine française, par exemple, compte actuellement un porte-avions à propulsion nucléaire, le "Charles de Gaulle", entré en service en 2001.

Dans le domaine civil, mise à part la petite flotte de brise-glaces nucléaires constituée progressivement par l'URSS à partir de la fin des années 1950, les navires à propulsion nucléaire se comptent sur les doigts d'une main.



Sous-marin nucléaire d'attaque français type "Rubis"



Croiseur-porte avions soviétique à propulsion nucléaire "Novorossiysk", en 1986

Il s'agit des quatre cargos de dimensions et de nationalités diverses recensés ci-dessous :

- le "Savannah" américain (182 m, 22.000 tonnes), exploité entre 1962 et 1972 puis transformé en musée,
- l'"Otto Hahn" ouest-allemand (172 m, 26.000 tonnes), exploité entre 1970 et 1979, puis transformé en navire à propulsion diesel et vendu,
- le "Mutsu" japonais (130 m, 8.000 tonnes), utilisé avec de nombreuses difficultés comme navire d'expérimentations entre 1972 et 1992,
- le "Sevmorput" russe (260 m, 62.000 tonnes), exploité entre 1988 et 2007, puis transformé en navire de forage.

L'avenir de la propulsion nucléaire

Dans une perspective à moyen terme, il y a fort à parier que la propulsion nucléaire navale restera, si non exclusivement, du moins essentiellement,

d'utilisation militaire. Les coûts d'investissement et de maintenance, les problèmes d'"acceptation", la nécessité de trouver dans les ports d'escale des installations adaptées, les exigences en matière de formation des personnels d'exploitation... sont autant de raisons qui continueront à faire reculer les armateurs. Dans le domaine militaire, les cinq nations déjà dotées de bâtiments à propulsion nucléaire affichent leurs intentions de poursuivre dans cette voie, principalement pour les sous-marins, mais aussi pour certains bâtiments de surface, en plus petit nombre, parmi lesquels les porte-avions de l'US Navy.

La nouveauté qui s'annonce est que le "club des cinq" va aller en s'élargissant. Deux nouveaux entrants frappent déjà à la porte. Ce sont :

- l'Inde qui conduit, sous le nom d'ATV (advanced technology vessel), un projet de sous-marin nucléaire lanceur

d'engins depuis les années 1970, avec, probablement, l'aide de l'URSS puis de la Russie. Des officiels indiens ont récemment annoncé que les essais du bâtiment, mis sur cale en 1998, devraient débiter en 2009. Parallèlement la marine indienne a pris soin de se "frotter" à la propulsion nucléaire en louant à l'URSS ou à la Russie des sous-marins nucléaires d'attaque, un sous-marin de type "Charlie" entre 1988 et 1991, et un sous-marin de type "Akula" qui doit rejoindre la Marine indienne en 2009.

- le Brésil qui mène depuis de nombreuses années (certains disent trente ans) un projet de sous-marin nucléaire d'attaque et qui, fin 2008, vient de signer avec la France un accord prévoyant notamment, de la part des industriels français, l'assistance à la conception et à la réalisation de la partie non nucléaire de ce sous-marin. Le premier sous-marin nucléaire brésilien pourrait être opérationnel d'ici 2020.

A plus long terme, les candidats sont à rechercher parmi les pays possédant à la fois un niveau technologique et des capacités industrielles suffisantes, dont une industrie nucléaire mature, et des ambitions militaires en matière maritimes. Ces candidats pourraient être :

- le Canada qui, s'il n'a pas actuellement une force sous-marine très développée, est le pays possédant la plus grande longueur de côtes au monde et a, par le passé, étudié de très près la possibilité d'acquérir des sous-marins nucléaires d'attaque auprès de la Grande-Bretagne ou de la France.

- le Japon, qui possède une Marine et une force sous-marine conséquentes, en même temps qu'une industrie nucléaire parmi les plus puissantes du monde et qui pourrait donc franchir le pas de la propulsion nucléaire navale assez rapidement, s'il l'estimait nécessaire. ☺

La propulsion nucléaire des navires marchands



par **Charles Fribourg, IGA**

Expert III AREVA

X 1971, ingénieur du Génie maritime et en Génie atomique, Charles Fribourg a exercé dans le domaine de la propulsion nucléaire des navires durant sa carrière chez AREVA TA.

La récente montée du prix du pétrole a été l'occasion de ré-évoquer le possible développement de la propulsion nucléaire des navires marchands. Que peut-on en dire aujourd'hui ?

Quelques rappels généraux ou historiques

La première application à échelle significative de l'énergie nucléaire de fission contrôlée est la propulsion des sous-marins. Elle constituait un pan important du développement et de la maîtrise des systèmes armes nucléaires; le concept de sous marin lance engins reste encore aujourd'hui le système d'armes majeur de la dissuasion nucléaire. La course à la suprématie a conduit les USA et l'URSS à consacrer des efforts très importants au développement et à la maîtrise de cette technique. Construite sur ces bases scientifiques et techniques, 40 ans plus tard, la seule véritable application réellement commerciale de l'énergie nucléaire de fission est la production d'électricité de masse et en base. Sans être énorme sa marge de compétitivité est largement acquise et on peut observer qu'il n'y a aujourd'hui qu'un seul compétiteur sérieux : le charbon. Les autres articles de cette revue donnent certainement de nombreuses précisions

sur cette application.

En contrepoint, propulsion nucléaire des navires n'a pas quitté les secteurs de la défense et étatiques où les trois cas d'applications significatifs suivant peuvent être cités :

- le cas très spécifique des sous-marins pour lesquels les moyens concurrents n'existent pas vraiment (le meilleurs des sous-marins AIP embarque une capacité d'oxygène liquide qui lui permet de rester une semaine en immersion au cours d'une plongée unique à très petite vitesse (< 6 nœuds) alors que le sous marin a propulsion nucléaire peut rester en plongée durant plusieurs mois à 20 nœuds sans qu'une autre limitation survienne)
- le cas des porte-avions de la Marine US (une dizaine d'exemplaires construits) et du PA Charles de Gaulle ; la propulsion nucléaire est en effet particulièrement bien adaptée aux navires porte aéronefs
- le cas des navires brise-glaces russes (6 exemplaires en exploitation) ou la forte puissance installée et l'autono-

mie (qui évite la nécessité du navire tanker) renforce l'intérêt. Ce cas d'application ne peut cependant être considéré comme réellement commercial dans la mesure où le maintien ouvert de la navigation dans l'arctique en toutes saisons représente pour la Russie un élément de souveraineté.

Le frein économique au développement de la propulsion nucléaire des navires marchands

Les divers freins techniques ou réglementaires au développement de la propulsion nucléaire commerciale ont été largement commentés, on se contente ici d'en faire une liste non exhaustive :

- entretien dans un port spécialisé équipé des infrastructures nucléaires ;
- limitation au libre emploi du navire (lourdeur administrative pour entrer dans un port inhabituel, risques d'interdits de navigation en eaux resserrées) ;
- assurances capables de couvrir un risque d'accident dans un port ;



Silhouette caractéristique du PAN2 : L'îlot (dont le positionnement est « libre » du fait de l'absence de cheminées) est placé le plus possible à l'avant tribord, protégeant l'ascenseur avant, procurant la place de parking maximale pour les avions et minimisant les perturbations aérauliques à l'appontage.

- contraintes de sécurité dans les ports ;
- conséquences des actes de malveillance ou de piraterie maritime ;
- délais de certification initiale ;
- risque de prolifération.

Des solutions techniques ou d'exploitation existent pour dépasser les obstacles ci-dessus. Le point négatif majeur reste cependant celui de l'économie. En effet, dans le cas des navires marchands, la valeur du prix du pétrole brut à partir de laquelle on peut considérer que l'écart de prix compense les autres éléments en défaveur de la propulsion nucléaire se situe dans la plage

100 à 120 Euro/baril. L'imprévisibilité du prix du pétrole ne permet pas de situer le moment où la balance s'inversera mais les événements de l'année 2008 montrent qu'il est très possible que l'échéance ne soit plus très éloignée.

L'actualité française de la propulsion nucléaire navale

Revenons en France où 4 programmes ou thèmes majeurs sont à citer :

- le programme RES de réacteur d'essais à terre pour l'expérimentation du combustible, la qualification de

concepts innovants et la formation des exploitants ;

- le programme Barracuda de 6 sous-marins destinés à prendre le relais des actuels SAN type RUBIS, actuellement en phase d'études détaillée de réalisation ;
- en perspective, un deuxième porte-avions à propulsion nucléaire de plus fort tonnage que l'actuel PACdG ;

- en filigrane le futur programme océanique de dissuasion.

Avec cela nous ne sommes pas en manque de sujets et d'ardeur en ce début d'année 2009. ☺

Le caractère ouvert de la revue ne permet pas de développer les éléments qui étayent cette affirmation mais le lecteur curieux pourra de lui-même reconstruire les équations simples qui conduisent au résultat en tenant compte des éléments suivants : s'agissant du réacteur lui-même son coût de construction varie sensiblement comme la puissance 0,5 à 0,6 de sa puissance thermique suivant l'AIEA. Les proportions du coût de revient de l'énergie électrique /mécanique produite par les réacteurs électrogènes sont les suivantes : investissement = 58 à 62% ; exploitation 22 à 26% ; combustible = 16 à 18%, ces proportions ne varient que très peu d'une installation à l'autre et en particulier elles ne sont que très faiblement dépendante de la puissance du réacteur considéré (plus la puissance augmente plus la proportion du combustible augmente et la proportion de l'investissement diminue). Le prix de revient d'un élément combustible de réacteur de propulsion navale ne diffère que faiblement de celui d'un élément d'une centrale électrogène de 1000 MWe.

Le nucléaire

Le renouveau du nucléaire civil et la lutte contre la prolifération



par **Dominique Monvoisin, IGA**

Directeur adjoint des applications militaires du CEA

Ingénieur général de l'armement, ingénieur diplômé de l'Ecole centrale de Lyon et auditeur de la 37^{ème} session du Centre des hautes études de l'armement (CHEAr), Dominique Monvoisin est directeur adjoint de la Direction des applications militaires du CEA depuis le 1^{er} octobre 2008. Il était auparavant directeur de l'Unité de management "nucléaire, biologique et chimique" au sein de la Direction des systèmes d'armes de la Délégation générale pour l'armement (DGA). Il a exercé l'essentiel de ses responsabilités dans le domaine de la dissuasion nucléaire.

Dès les premières années du nucléaire, le souci majeur des gouvernants de pays qui maîtrisaient cette énergie, en premier lieu les Etats-Unis, fût de prévenir le détournement d'installations ou de matières nucléaires à des fins non pacifiques, tout en contrôlant le développement des applications civiles de l'atome dans les autres pays, à des fins de production d'énergie.

Ainsi, en 1953, le président américain Eisenhower, lors de son discours "Atoms for Peace" proposait que les Etats-Unis contribuent au développement sous contrôle de l'utilisation pacifique de l'atome. En 1957, l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA) était créée en vue de promouvoir l'énergie nucléaire civile, tout en s'assurant par des contrôles internationaux, d'un non détournement des matières nucléaires à des fins militaires. En 1968, le Traité sur la non-prolifération des armes nucléaires (TNP) était signé sur la base notamment pour les Etats non dotés, d'un engagement à renoncer à l'arme nucléaire, assorti d'un droit à être aidés pour développer leur nucléaire civil.

Pour lutter contre la prolifération nucléaire, la communauté internationale, l'Union Européenne et les autorités nationales se sont dotées d'instruments visant à contrôler les matières

et les installations ainsi que le commerce de biens. Ces instruments de contrôle et de vérification ont été renforcés après chaque crise, jusqu'à aboutir au régime de non prolifération actuel. Ce dernier présente malgré tout des lacunes, essentiellement liées à l'équilibre recherché entre les contrôles et la souveraineté des Etats d'une part, et à la mise en évidence de nouvelles voies de prolifération d'autre part.

Le renouveau du nucléaire, qui va se concrétiser par la réalisation de nouvelles centrales, notamment dans des Etats qui accéderont ainsi au nucléaire civil (Moyen Orient, Asie, Afrique...) fait peser de nouveaux risques. Ceux-ci sont amplifiés par la mondialisation qui caractérise désormais les relations internationales, et se traduit en particulier par une plus grande facilité d'accès aux technologies, une plus grande fluidité et une moins grande lisibilité des circuits financiers.

Cette perspective peut-elle conduire à fragiliser le régime actuel de non prolifération ?

Les acteurs de la prolifération nucléaire, leurs objectifs et leurs motivations

La prolifération des armes de destruction massive peut être appréhendée comme un marché mettant en jeu les vendeurs potentiels, les proliférateurs, qui peuvent être des Etats ou des groupes non étatiques, face aux acheteurs potentiels, les proliférants, dont l'objectif est l'accès au nucléaire militaire. Cet accès suppose la maîtrise de plusieurs technologies et matières nucléaires ; il est souvent couplé voire précédé par la recherche de la maîtrise des technologies de missiles balistiques.

Les proliférateurs agissent, au niveau des Etats ou de groupes organisés, le plus souvent sous couvert de motivations financières ou politiques. Leur



action se traduit par des transferts de technologies ou d'équipements. L'action des proliférants est parfois perçue comme la réponse à des menaces perceptibles ou à la recherche d'un équilibre régional en terme de sécurité, le nucléaire militaire pouvant constituer une réponse économiquement et militairement pertinente.

L'accès à la matière fissile constitue le principal verrou pour les Etats proliférants et se concrétise sous plusieurs formes : le détournement dissimulé, la production dissimulée par un fonctionnement abusif d'une installation nucléaire ou la production à partir d'installations clandestines.

Il convient de distinguer les matières permettant de réaliser des armes nucléaires militarisables - uranium hautement enrichi et plutonium de qualité militaire - des matières fissiles qui permettent de réaliser des engins nucléaires rustiques, à savoir l'uranium d'enrichissement intermédiaire et le plutonium de qualité électronucléaire.

L'uranium hautement enrichi peut être produit de façon clandestine, en particulier en faisant appel à un procédé d'ultracentrifugation gazeuse.

Le plutonium de qualité militaire s'obtient en mettant en œuvre des réacteurs plutonigènes connus pour être proliférants par conception (réacteurs à uranium naturel et modérateur graphite ou eau lourde, avec possibilité de chargement et déchargement continus), et/ou en maîtrisant le retraitement des combustibles irradiés en vue de l'extraction du plutonium.

Parmi les réacteurs conçus pour utiliser de l'uranium naturel, la mise en œuvre d'un réacteur de type graphite-gaz, dont l'intérêt économique est inexistant, constitue un indice clair de volonté de prolifération. De même, les

réacteurs à eau lourde, et en particulier ceux dédiés à la recherche, méritent une attention particulière.

La maîtrise des risques de prolifération

Le droit à l'usage pacifique de l'atome de tous les Etats parties au TNP, ne peut être remis en question. Mais ce droit doit s'accompagner d'une garantie de non détournement de cet usage pacifique à des fins militaires.

Les moyens intrinsèques visent à rendre par conception les installations, et les combustibles qu'elles gèrent, inadéquates pour la production de matières à usage militaire.

Les réacteurs à eau légère rendent très compliquée et peu discrète une opération de détournement de combustible qui nécessite un arrêt complet du réacteur. De plus, en fin de cycle, le plutonium produit est dégradé en terme d'isotopie, rendant très difficile une application de type arme.

Au-delà des réacteurs proposés actuellement sur le marché, l'initiative internationale concernant les systèmes de quatrième génération vise à développer des réacteurs intégrant des dispositions intrinsèques de résistance à la prolifération et facilitant la mise en œuvre de mesures de vérification.

Quel regard porter sur le futur ?

Si l'on se retourne en arrière, le président américain Kennedy évoquait en 1960, la possibilité pour une vingtaine d'Etats de disposer à moyen terme de l'arme nucléaire ; 50 ans, plus tard, force est de constater que les pressions diplomatiques alliées aux contraintes mises en place par le régime de non prolifération, ont permis de limiter l'accès de nouveaux Etats à l'arme nucléaire.

Même si les années à venir conduisent à

étendre sur la planète la mise en œuvre des technologies nucléaires, un renforcement des dispositions du TNP doit permettre de maîtriser le risque de prolifération au niveau des Etats. Ce renforcement doit être associé à une coordination des fournisseurs pour proposer des réacteurs résistants à la prolifération et exiger des mesures de sécurité à la hauteur des enjeux (protection des matières fissiles, des combustibles usés). Il est nécessaire en particulier de protéger et de ne pas transférer aux nouveaux accédants au nucléaire civil, des technologies liées aux étapes sensibles du cycle du combustible ou des concepts de réacteurs réputés proliférants, tout en leur garantissant l'accès aux services du cycle.

Le TNP présente des fragilités : en particulier, il n'a pas été conçu pour prendre en compte le cas d'Etats proliférants comme l'Iran ou la Corée du Nord, voire des acteurs non étatiques intéressés par des matières nucléaires. De plus, sa mise en œuvre repose sur un processus déclaratoire et de bonne foi des Etats. Il n'en reste pas moins que la confiance dans cet instrument, clef de voûte du régime de non prolifération, doit être absolument préservée, notamment au regard de la crise iranienne actuelle, dont l'issue apparaît de ce point de vue tout à fait déterminante.

Il convient de garder à l'esprit, à la lecture du passé, que la seule possession de technologies nucléaires n'a jamais précédé la quête de matières fissiles à des fins militaires, motivée avant tout par des considérations de politique intérieure ou de sécurité extérieure. De même, les seuls pays qui ont cherché à se doter de l'arme nucléaire ont eu recours, depuis les années 1970, à des installations clandestines, échappant au contrôle de l'AIEA. ☞

Le nucléaire



Le nouvel essor des formations au nucléaire : répond dynamiquement aux besoins



par Joaquim Nassar, ICA

Joaquim Nassar (X91-ENSTA96) est ingénieur en chef de l'armement. Après une thèse de doctorat à l'unité mixte CNRS-Thales sous la direction du professeur Albert Fert (prix Nobel de physique 2007), il a été successivement chargé d'études amont dans le domaine des composants électroniques à la DGA, directeur de la formation et de la recherche adjoint à l'ENSTA et chargé de mission auprès du Haut responsable pour l'intelligence économique au SGDN. Il est actuellement délégué adjoint à la recherche du pôle de recherche et d'enseignement supérieur ParisTech

Le domaine nucléaire connaît aujourd'hui une très forte augmentation de la demande en emplois qualifiés de tous niveaux, aussi bien en France qu'à l'international :

- EDF a fait état d'un besoin de recrutement de 500 ingénieurs par an, dont au moins 20% correspondant aux profils d'"ingénieurs généralistes" formés par les écoles dites "de rang A" et au moins 10% d'étudiants internationaux.
- AREVA a annoncé vouloir procéder à un recrutement mondial dont 300 à 500 ingénieurs par an.
- SUEZ a annoncé en novembre 2007 son objectif de recruter 700 ingénieurs en France.

La satisfaction de cette demande, qui devrait se maintenir pendant au moins une décennie, implique notamment une importante augmentation des flux de formation d'ingénieurs, qui doit se faire en préservant une volonté d'excellence : la conception et l'exploitation nucléaire françaises doivent en effet rester des références mondiales autant par la compétitivité technique et économique des pro-

duits et des services, que par un très haut niveau d'exigence en matière de sûreté. Un effort particulier doit donc être fait par les acteurs tant académiques qu'industriels pour attirer vers les métiers de l'ingénierie nucléaire une plus forte proportion des meilleurs étudiants.

L'ENSTA ParisTech et les autres écoles de ParisTech les plus directement concernées par la formation au nucléaire (Ecole Polytechnique, Chimie Paris, Mines, Ponts, Arts et Métiers) ont choisi en 2007 de se fédérer pour apporter une réponse collective, déclinée selon leurs différents publics étudiants, aux nouveaux besoins de formation exprimés par l'industrie nucléaire :

- renforcement des spécialisations "nucléaires" existant déjà dans les cursus d'ingénieurs de certaines écoles (filière d'approfondissement "Génie électronucléaire" de l'ENSTA ParisTech, spécialité "Chimie du cycle du combustible" de Chimie Paris, option "Génie atomique" des Mines)
- création de nouveaux enseignements "nucléaires" dans les cycles d'ingé-

nieurs de certaines écoles (enseignement d'approfondissement "énergies pour le 21^{ème} siècle" de l'Ecole Polytechnique, option "énergie nucléaire" au sein de la filière métiers "énergie du futur" des Arts et Métiers, option "formation nucléaire" de troisième année des Ponts)

- création ou adaptation de masters spécialisés dans certains champs du nucléaire (master spécialisé en ingénierie nucléaire (ENSTA - Chimie Paris), masters spécialisés en sûreté nucléaire et en management de la maintenance (Arts et Métiers).

Un nouveau master "énergie nucléaire", qui démarrera à la rentrée 2009, complètera cette offre par une formation spécialement conçue pour le public étudiant international. Il s'agit d'un ambitieux projet collectif associant les six écoles de ParisTech déjà citées, l'Université Paris-Sud 11, Centrale, Supélec, CEA/INSTN. Son travail de définition, démarré à l'automne 2007, a bénéficié de l'implication des trois grands industriels du nucléaire présents en France : EDF, AREVA, GDF-SUEZ.



Le terrain sur lequel l'ENSTA ParisTech et ses partenaires entendent se placer dans ce nouveau projet de master est celui de l'attraction des meilleurs étudiants internationaux, qui fera l'objet d'une compétition intensifiée dans les prochaines années : outre les masters faisant actuellement référence aux Etats-Unis (notamment les masters Nuclear Engineering de l'université de Berkeley ou du MIT), des consortiums nationaux d'universités ont déjà rassemblé leurs forces en matière de formation nucléaire pour proposer un master au meilleur niveau dans plusieurs pays européens: Master du Nuclear Technology Education Consortium (NTEC) associant onze universités britanniques, master du Belgian Nuclear Higher Education Network (BNEN) associant six universités belges, master nucléaire conjoint des écoles polytechniques de Zürich et de Lausanne.

Ce master comprendra cinq spécialités (Génie nucléaire, conception, exploitation, cycle du combustible, démantèlement et déchets). L'ENSTA ParisTech sera responsable de la spécialité "conception", qui a pour objectif de donner aux étudiants une formation approfondie dans le domaine de la conception et de la construction d'installations nucléaires, notamment pour ce qui concerne la démarche de sûreté suivie, le fonctionnement d'ensemble, les structures et infrastructures, ainsi que les systèmes et les équipements. Elle donne les bases nécessaires à la compréhension des phénomènes physiques qui sous-tendent le fonctionnement des réacteurs nucléaires. Elle permet aussi de se familiariser avec les grands codes de calcul de structures et de fonctionnement des réacteurs. Elle apporte également les notions de radioprotection liées à la protection de l'homme et de son environnement. Cette spécialité vise ainsi, au delà des compétences techniques, à donner aux étudiants une vision large et complète du

domaine "énergie nucléaire" avec des savoirs non seulement techniques mais aussi économiques, organisationnels et managériaux.

Il faut souligner qu'un engagement de soutien dans la durée de la part de l'ensemble des industriels du secteur est indispensable pour que les écoles puissent réaffirmer la formation nucléaire comme un axe stratégique et faire l'investissement d'un renouvellement de leur corps d'enseignants dans ce domaine. En effet, pour former un nombre accru d'étudiants, le corps enseignant des spécialités nucléaires doit être renforcé et un effort particulier doit par ailleurs être fait pour préparer les vagues de départs en retraite qui affecteront les écoles au même titre que l'industrie.

Dans un contexte de concurrence internationale accrue pour le recrutement des enseignants, l'environnement de recherche offert par un établissement est déterminant pour son attractivité : le renforcement des équipes enseignantes suppose aussi une stratégie de développement d'activités de recherche intéressant le secteur nucléaire dans les écoles.

Les chaires industrielles d'enseignement et de recherche constituent un véhicule bien adapté pour le soutien de l'industrie à un tel redéploiement ciblé conjoint d'activités d'enseignement et de recherche dans les écoles : Une chaire d'enseignement et de recherche est un accord de collaboration durable (5 ans) entre une ou plusieurs écoles et une ou plusieurs entreprises pour développer et promouvoir des enseignements et activités de recherche liés au thème de la chaire. Elle permet d'accroître la visibilité de l'entreprise et de ses métiers vis-à-vis des étudiants ainsi que des candidats potentiels, en particulier à l'international. Les travaux au sein de la chaire sont effectués par une équipe d'enseignants-chercheurs

juniors ou expérimentés sous la responsabilité d'un professeur de l'école ou un professeur invité, et bénéficient de tout l'environnement offert par l'établissement. Soutenue financièrement par l'industrie dans le cadre d'une convention de mécénat, elle bénéficie de dispositions fiscales favorables.

L'ENSTA ParisTech et ses partenaires de ParisTech ont donc proposé aux entreprises des projets de chaires déclinant les principales thématiques relevant des activités industrielles dans le domaine nucléaire : mine, combustible et cycle, réacteurs, matériaux de structures, déchets et stockage, conduite des installations et maintenance, sûreté des installations, utilisations de l'énergie nucléaire à d'autres fins que l'électricité, économie, société. Plus précisément, L'ENSTA et Chimie Paris ont proposé conjointement une chaire "Ingénierie nucléaire" dont le lancement devrait être annoncé très prochainement.

Enfin, il ne faut pas oublier que la problématique de la formation nucléaire s'insère dans une démarche plus vaste de développement des formations à l'ensemble des nouvelles filières énergétiques (solaire, éolien, biomasse...), en prenant en compte les aspects de stockage (hydrogène, pile à combustible,...) et de distribution, qui doivent être mises en place dès aujourd'hui pour que la France puisse atteindre l'objectif de 20% d'énergie renouvelable en 2020. L'ENSTA ParisTech et ses partenaires de ParisTech fédèrent leurs activités sur ce thème prioritaire, en lien avec l'opération campus (pôle énergie-environnement-climat sur le plateau de Palaiseau-Saclay) et le calendrier européen (communauté de la connaissance "énergies renouvelables" du European Institute of Technology récemment créé). ☘

Systeme embarqué de contrôle des rayonnements NASRAMS



NASRAMS délivre des informations sur les rayonnements en continu et en temps réel, sur des navires ou des sous-marins, petits ou grands.

- Détection et quantification des rayonnements résiduels gamma et des rayonnements instantanés gamma et neutron
- Configuration détecteurs multiples (selon la taille du navire)
- Sondes détecteurs étanches et robustes
- Ecran simplifié avec alarmes sonores et visuelles
- Logiciel avec scénarios et exercices de simulation
- Personnalisation des détecteurs chimiques et biologiques intégrés
- Idéal pour les petits navires de surveillance effectuant des missions de recherche (les détecteurs sont efficaces avec des rayonnements dont le niveau est inférieur au bruit de fond)

CANBERRA, leader de la mesure nucléaire depuis 40 ans, met à votre disposition une large gamme de produits et systèmes adaptés à vos besoins : systèmes de spectrométrie gamma et alpha, radioprotection, mesure neutronique.

www.canberra.com

1 rue des Hérons
78182 St-Quentin-en-Yvelines Cedex
Tél. : 01 39 48 52 00
Fax. : 01 39 48 57 80



A
CANBERRA



L'INSTN, référence pour la formation nucléaire

L'Institut national des sciences et techniques nucléaires (INSTN) accompagne depuis plus de 50 ans le développement du nucléaire français. Etablissement d'enseignement supérieur placé sous la tutelle conjointe des ministères de l'Enseignement supérieur et de l'Industrie, l'INSTN travaille en collaboration étroite avec le monde de l'Université et des grandes écoles mais également avec les organismes et entreprises français intervenant dans le nucléaire.

Ancré dans le centre de Saclay, l'INSTN est également implanté à Cadarache, Grenoble et Marcoule, ainsi que sur le site universitaire de Cherbourg, non loin des installations de La Hague et Flamanville.

Ses implantations et son appartenance au CEA facilitent l'accès des étudiants et stagiaires aux installations expérimentales nucléaires. De plus, l'INSTN dispose en propre d'équipements : réacteur nucléaire expérimental, simulateurs de réacteurs à eau sous pression, accélérateurs, chantiers écoles pour l'entraînement aux travaux en environnement contrôlé, laboratoires de détection et mesures nucléaires, de métallurgie et caractérisation des matériaux, de chimie ou de radiobiologie...

Outre ses propres salariés, l'INSTN s'appuie sur un ensemble de spécialistes, chercheurs, ingénieurs, médecins, universitaires..., soit plus de 1 400 intervenants.

Formation initiale et formation continue permettent à plus de 8 600 personnes de bénéficier chaque année d'un ou de plusieurs enseignements, du niveau Bac jusqu'au post-doctorat, leur permettant d'accéder ou d'évoluer à des postes de travail dans le secteur nucléaire.

Formation initiale : près de 800 étudiants formés en 2008-2009

L'INSTN développe, seul ou en partenariat avec les universités et grandes écoles, la formation aux diplômes suivants :

- Diplôme d'ingénieur de spécialisation en génie atomique
- BTS, BT en radioprotection
- 31 Masters dans le domaine "Sciences, technologies, santé"

L'INSTN est également le seul établissement à délivrer les enseignements de diplômes nationaux qui autorisent l'emploi des radio-isotopes dans le domaine médical :

- DES de médecine nucléaire
- DESC de radiopharmacie et radiobiologie
- Diplôme de qualification en physique radiologique et médicale

Formation continue : 7800 personnes formées en 2008

L'INSTN élabore, en fonction des besoins, des formations de quelques jours à plusieurs mois.

670 sessions de formation ont été organisées en 2008, soit la réalisation de 35 800 hommes x jours de formation, dont :

- 16 500 en "Exploitation des installations nucléaires et radioprotection"
- 9 600 en "Recherche et ingénierie nucléaires"
- 5 400 en "Maîtrise des risques"

Exemples de formations réalisées pour la Défense

Le cours d'ingénieur de spécialisation en génie atomique reçoit chaque année une vingtaine d'élèves de la Marine nationale. Cet enseignement, dispensé à l'EAMEA (Ecole des applications militaires de l'énergie atomique), répond aux besoins en formation d'officiers occupant des postes importants sur les sous-marins ou le porte-avions nucléaire Charles De Gaulle, ainsi qu'au sein des états-majors.

En outre, plus de 80 élèves de l'EAMEA participent à une journée de formation dans le cadre de la conduite des bâtiments à propulsion nucléaire.

Un accord-cadre a par ailleurs été signé avec la DGA le 1^{er} juillet 2008 pour une durée de 4 ans. Cet accord concerne la réalisation de formations dans le domaine de la radioprotection, des mesures radiologiques et des rayonnements ionisants. ☒

Le CNPE de Gravelines

30 ans d'expérience dans le nucléaire civil



par **John Drillaud, IA**

Polytechnicien de la promotion 2004, John Drillaud a rejoint le Corps de l'Armement et effectué son année de spécialité à l'ENSTA (Ecole Nationale Supérieure de Techniques Avancées). Après y avoir suivi les cours de la filière électronucléaire, il a effectué son Projet de Fin d'Etudes dans le groupe EDF, au Centre Nucléaire de Production d'Electricité de Gravelines.

Le nucléaire civil n'a jamais été autant d'actualité qu'aujourd'hui. Il fut la réponse de la France aux chocs pétroliers des années 70 pour assurer son indépendance énergétique. Bien que décrié par certains d'un point de vue environnemental, il se pose pourtant comme une solution adaptée au comportement énergivore des sociétés et à la problématique des gaz à effet de serre. Face aux avancées technologiques comme l'EPR (European Power Reactor), le CNPE de Gravelines, et ses trente bougies, n'est plus le fer de lance marketing du groupe EDF. Pourtant, son rôle n'a jamais été aussi important qu'à l'heure actuelle.

Avant de travailler pour des projets de la Défense dans le domaine du nucléaire, il était pour moi intéressant de découvrir ce qui se fait dans le domaine du nucléaire civil, d'autant plus que la France y fait office de leader mondial. Un groupe comme EDF possède une grande expérience et met en place des pratiques riches en enseignements pour un jeune ingénieur. Cela permet aussi de confronter la théorie des cours de génie nucléaire à la pratique de l'exploitation, pour se rendre compte que d'autres facteurs interviennent, tels les facteurs humains ou économiques. La compréhension de ces derniers ne peut

se faire réellement que par la réalisation d'un stage dans le management, et non dans le technique, ce qui fut mon choix.

La centrale surnommée "La Géante"

Le conseil des ministres décide le 5 mars 1974 d'un programme de treize tranches (ensemble composé d'un réacteur et de ses infrastructures) de 910 MW dont quatre à Gravelines, dans le département du Nord. Les travaux de génie civil débutent dès 1975 sur un terrain de 150 ha, dont les deux tiers sont gagnés sur la mer du Nord à proximité de l'avant port ouest de

Dunkerque. En 1979 est décidé l'ajout de deux tranches sur le site. Trois premières tranches sont couplées au réseau en 1980, une quatrième en 1981 et les deux dernières en 1984 et 1985.

Le Centre Nucléaire de Production d'Electricité (CNPE) de Gravelines est la centrale française qui emploie le plus grand nombre de salariés : 1631, dont 10,3 % de femmes. Forte de la production de ses six tranches (38,4 TWh en 2006), le CNPE de Gravelines participe à plus de 9 % de la production totale du parc nucléaire français. Sa capacité de production de 5460 MW en fait la première centrale d'Europe de l'ouest



Photographie aérienne du CNPE de Gravelines.

et la quatrième centrale au monde après les centrales de Zaporizhzhia (Ukraine, 5700 MW), Bruce (Canada, 6232 MW) et Kashiwazaki-Kariwa (Japon, 8212 MW).

Une vie au rythme des arrêts de tranche

De par la conception et l'exploitation des six réacteurs de Gravelines, il a été décidé de les arrêter tous les ans afin de recharger un tiers du combustible nucléaire. Ces six "arrêts de tranche" sont étalés sur l'année entre mars et octobre, période pendant laquelle la consommation en électricité, plus faible qu'en hiver, ne nécessite pas la totalité de la capacité de production du CNPE de Gravelines. En parallèle du rechargement, des essais de sur-

veillance et de maintenance du matériel, impossibles lorsque la tranche fonctionne, sont réalisés. Ces arrêts sont donc planifiés pour trois semaines à trois mois, voire plus dans certains cas (vérification de l'alternateur, remplacement d'un générateur de vapeur en 135 jours, etc.).

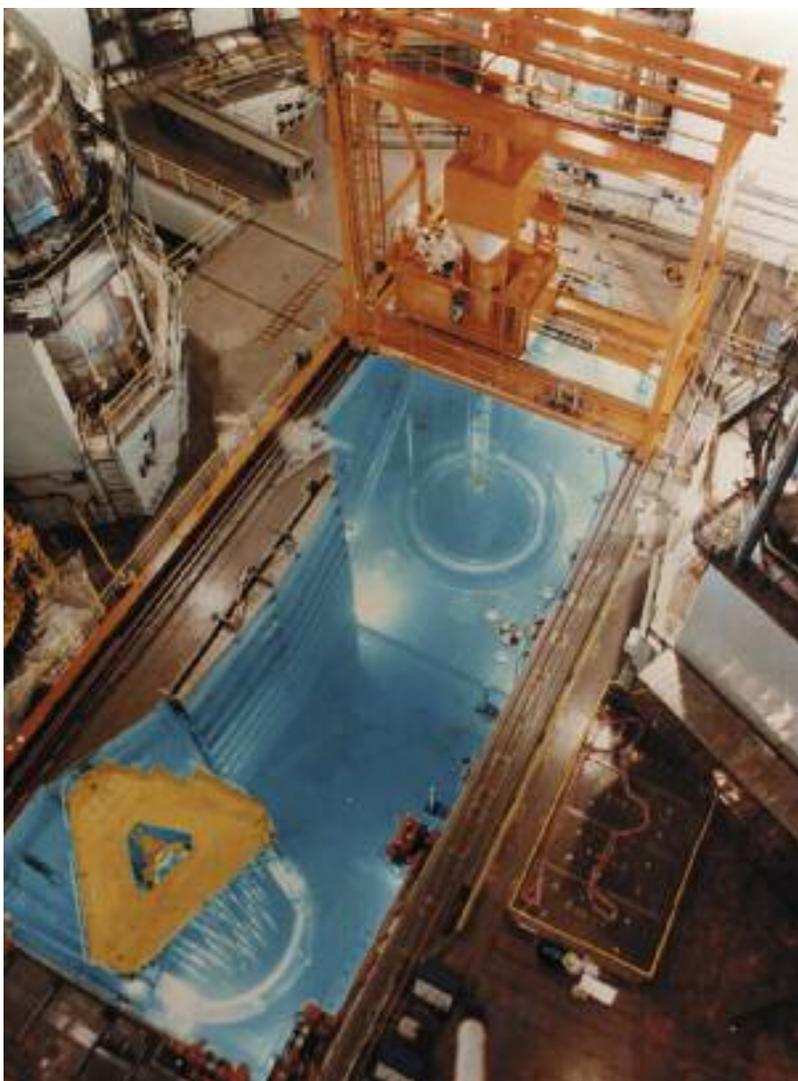
Pour répondre aux contraintes économiques (un jour d'indisponibilité au réseau coûte en moyenne près d'un million d'euros), organisationnelles, de sûreté et de qualité que génèrent un arrêt de tranche, il a été décidé de fonctionner sous forme de projet. Ainsi, à chaque arrêt de tranche correspond un projet d'arrêt qui s'organise de manière transverse par rapport aux différents métiers du site pour accéder le plus rapidement aux compétences

de ces métiers et les faire travailler en interface les uns avec les autres.

Le CNPE de Gravelines est un lieu de formation accélérée de par l'importance et le nombre de ses installations. Les interventions sont plus nombreuses que sur les autres CNPE de France, et c'est le seul à assurer six arrêts de tranche par an. Le turn-over dans les ressources humaines est donc important et permet le transfert des compétences des plus anciens (parfois présents depuis la construction du CNPE) vers les plus jeunes.

Le travail en projets pour les arrêts de tranche a démontré son efficacité en évitant le recours au management verti-

Le nucléaire



Rechargement d'un réacteur en combustible nucléaire.

cal, mis en place depuis 30 ans mais présentant aujourd'hui l'inconvénient de sa lourdeur, incompatible avec les objectifs visés. Ce management "transverse" aux métiers a aussi été retenu pour des domaines sensibles, comme la sûreté, la

radioprotection, etc. en mettant en place une approche par processus, qui nécessite encore de monter en puissance. Dans ce cadre, l'ASN mène régulièrement des audits pour suivre les améliorations du CNPE et l'accompagner dans leur mise en place.

L'approche processus au Pôle Performance

Le CNPE de Gravelines s'organise telle une société, complexe et vivante, devant répondre à des critères économiques de rendement et d'efficacité, critères qui se répercutent donc sur chacun de ses acteurs. De nombreux métiers interagissent et fournissent des biens ou des services à d'autres. Le Pôle Performance de la Structure Ingénierie Performance est un service d'une cinquantaine d'agents EDF apportant un soutien à l'activité principale du CNPE. Il assure le suivi de divers paramètres afin de surveiller le rendement des tranches. Il réalise aussi divers essais, parfois sensibles (divergence d'un cœur, contrôles de la conformité du cœur, etc.), qui nécessitent un grand professionnalisme.

"le management est actuel et s'appuie sur le travail en projets et l'approche processus"

Afin d'améliorer ses prestations, le Pôle Performance a établi une cartographie des processus qu'il met en œuvre pour recentrer son approche sur ses clients.

J'ai dans un premier temps effectué une étude qualité des processus opérationnels, c'est-à-dire les processus "cœur de métier" sur lesquels le client s'attache le plus. Mon travail a alors consisté en une immersion totale au sein des équipes pour participer à leurs interventions et échanger avec les différents acteurs. J'ai ainsi



Palier Turbines : rotors en maintenance au premier plan, turbines des tranches 1 et 2 en arrière plan.

pu apporter une vision extérieure aux managers de cette section, vision qui peut être troublée par le poids des procédures (nécessaire d'un point de vue sûreté) et les contraintes de l'exploitation.

J'ai abordé des points comme la répartition des charges de travail, la gestion des ressources, l'anticipation dans le turn-over des ressources et le remplacement des équipements, la politique du faire ou du faire-faire (appel à des prestataires), etc.

J'ai ensuite proposé des pistes d'amélioration se voulant simples et prenant en compte les contraintes d'organisation et de management du pôle pour plus de facilité d'application. Certaines sont d'ailleurs en cours de réalisation comme la mise à jour d'un outil informatique automatisant la préparation des dossiers.

Si la technique mise en œuvre au CNPE de Gravelines date de 30 ans, le management est actuel et s'appuie sur le

travail en projets et l'approche processus. Il n'est alors pas étonnant que de grands projets tel l'EPR aient recours à des agents formés dans un CNPE comme Gravelines : agents de maîtrise, managers, cadres, tous à leur niveau apportent leurs compétences et leur expérience. Ces agents formés dans une "ancienne" centrale nucléaire assurent à EDF la réussite du lancement des futures centrales.



LE VAR

Place stratégique et historique
de la Défense et de la Sécurité Nationale.

Var Accueil Investisseurs, Acteur majeur
du développement économique.

Unique interlocuteur pour réussir
l'implantation de votre entreprise.

INNOVATION
COMPÉTITIVITÉ
PERFORMANCE



GROUP 44 - 04 94 22 80 58 - 04 94 22 80 58 - 04 94 22 80 58 - 04 94 22 80 58



VAR ACCUEIL INVESTISSEURS

Agence de promotion et de développement économique du Var

Espace Entreprises des Playes - 419 avenue de l'Europe - BP 30100 - 83100 Six-Fours-les-Plages Cedex
Tél. +33 (0)4 94 22 80 68 - Fax +33 (0)4 94 22 80 58 - E-mail : vai@var.cci.fr - Web : www.var-invest.com



Libre propos : Energie chérie

par **Arnaud Salomon, ICA**

Directeur du développement de CS Communication et Systèmes

A horizon visible (!), les principes de la thermodynamique prévalent : transformation, dégradation. L'énergie de l'uranium donne de l'énergie électrique qui donne de la chaleur... qui part en fumées, ou en eaux chaudes usées. Il faut valoriser toujours plus et mieux l'énergie. Approche multi-physique.

Le stockage est souvent difficile. Il faut assurer le croisement de l'offre et de la demande, à tout moment. Pour l'électricité ce n'est pas un problème seulement économique, mais aussi technique, d'équilibrage de réseaux. Donnons acte à notre Réseau de Transport d'Electricité (et avec lui à nos producteurs), qu'il peut avantageusement se comparer à ses équivalents dans quelques pays plus familiers des grandes panes ou des grands délestages électriques. Long terme, court terme : approche multi-échelle temporelle.

L'Homme a besoin d'énergie pour vivre. Il faut donc répondre à un "droit à l'énergie", tout aussi contraignant que les autres droits (à la nourriture, aux soins, au logement...). Mais les réserves sont réparties de manière inégale sur la planète, et la demande d'énergie devrait continuer à croître sous la pression de la démographie et du développement (ne serait-ce que de la Chine et de l'Inde).

Nous n'échapperons pas à changer la donne. Ce qui peut se faire, en étant simpliste, soit en anticipant et pilotant le changement, soit en laissant des "crises", réaliser les ruptures qui seront devenues inévitables. Quelques com-

mentaires pour éclairer notre réflexion au-delà du nucléaire

Eoliennes

Une centrale (nucléaire, charbon...) est classiquement de plusieurs centaines de MW (et même pour certaines supérieure à 1000 MW), et fonctionne continuellement 8000 heures par an (en supposant 10 % d'indisponibilité moyenne). Une éolienne est de quelques MW et fonctionne "avec le vent" : 3000 heures par an est certainement une surestimation. Une centrale vaut donc des centaines voire plus d'un millier d'éoliennes. Opposer éoliennes terrestres et centrales n'a pas de sens... sauf si on imagine parsemer nos territoires de fermes d'éoliennes.

Qui plus est on a besoin d'électricité même et... surtout quand il n'y a pas de vent ! Les pics de consommation sont habituellement en France durant l'été et l'hiver, périodes anticycloniques ! Pourquoi tant d'éoliennes terrestres ? Le réchauffement climatique peut-il modifier le climat et augmenter l'exposition aux vents en France ?

Hydrogène

On en a beaucoup parlé. Ce n'est pas "en soi" une source d'énergie : il faut le produire, ce qui consomme beaucoup d'énergie, et nous renvoie pour l'instant, sans préjuger d'éventuelles innovations... à l'énergie nucléaire ou aux énergies fossiles !

De plus, pour l'utiliser, il faudra construire les filières correspondantes

(par exemple voitures et toutes les infrastructures de services associées), ce qui sera coûteux.

Mais les filières hydrogène restent un sujet de thermodynamique passionnant : est-il possible, partant de certaines ressources énergétiques, de produire de l'hydrogène, et d'en tirer une utilisation plus efficace, meilleure, que l'utilisation des ressources initiales directement ?

Les coûts réels complets

Voici venir le temps des coûts complets, comptabilisant les impacts environnementaux, notamment énergétiques, pour réguler le développement via l'économie. Bref, faire payer toutes les consommations réelles, toutes les nuisances réelles à l'acteur économique, à l'utilisateur. Pollueur/consommateur payeur. Incontestable.

Mais on devrait aussi, pour être juste et raisonnable, comptabiliser les bienfaits ! Le convoi de pompiers, qui pollue parce qu'il roule vite, qui fait du bruit, qui va provoquer un embouteillage lui-même polluant, qui va consommer une quantité d'eau faramineuse, bref qui va être terriblement coûteux... n'en va pas moins éteindre un incendie lui-même encore plus polluant, sans parler même de possibles pertes de vies humaines.

Il faut économiser l'eau et l'essence, mais restons tout de même capables d'éteindre les incendies ! ☘

De l'unisson à la zizanie

par Michel Clamen, IGA

Depuis cinquante ans, Europe et nucléaire s'accordent cahin-caha. Il en est d'eux comme des vieux couples. "Ils n'arrivent pas à se quitter, disait Sacha Guitry, tellement ils se disputent bien ensemble."

Pourtant, dès 1957, les six pays fondateurs avaient décelé l'importance des industries nucléaires à destination civile. Le traité Euratom, signé en même temps que le traité de Rome, a établi les conditions qu'ils jugeaient nécessaires pour créer "un marché commun du nucléaire" ; perspectives de développement, recherches, contrôles de sécurité... tout y était déjà. A six, c'était facile.

A l'arrivée de nouveaux membres, la zizanie s'est installée. Elle dure encore. Certains étaient et demeurent sceptiques, pour ne pas dire hostiles à toute utilisation de cette énergie inaugurée par une arme formidable et, depuis Hiroshima, marquée au sceau de l'infamie. En tête de ces "anti", le Danemark dont l'exemple est plein de sens. Dans le refus du peuple danois en 1991 (aujourd'hui bien oublié, tant un "non" en chasse un autre), il y avait, entre autres, une protestation pacifiste et écologiste : progresser ensemble, soit ! mais pas pour promouvoir l'activité supposée diabolique. Il faut avouer que les excès de zèle des

thuriféraires, volontiers provocateurs, ne pouvaient guère déclencher que des allergies. La France, chef de file, poussait ses pions sans vergogne. Intérêts industriels et scientifiques bien sûr : celui qui possède presque seul la technologie affirme sans scrupule sa domination. Question de doctrine technique aussi : les ingénieurs veulent à toute force placer la solution qu'ils ont trouvée et qui, à leurs yeux, est forcément la meilleure ; "When you have a hammer, disent les Américains, every problem looks like : how to drive more nails ?" Bref, dans le domaine, la France - en Europe - et le CEA - en France - ont tenu, pendant longtemps, à se comporter comme un gaz, à savoir remplir tout l'espace disponible.

Chez certains, cet enthousiasme a tourné au fanatisme. Au moment de la grande politique de l'énergie, dans les années 70, un des ministres de l'industrie se comportait à cet égard en quasi-ayatollah. Dans les réunions, il aurait été dangereux, pour le fonctionnaire modeste, de paraître supposer qu'on pourrait peut-être envisager d'autres ressources.

C'était faire bon marché de ce que chacun reconnaît aujourd'hui et que certains pressentaient déjà : face à la pénurie d'énergie qui se pointe à l'horizon,

pas de solution miracle qui réglerait tout - hier le nucléaire, aujourd'hui les éoliennes ou la biomasse, demain le solaire... Seule l'accumulation de ces formules partielle permettra peut-être de se dégager de la contrainte.

Aujourd'hui, les pays continuent d'affirmer leurs différences et pourtant la zizanie s'émousse, car chacun a fait un pas. Le nucléaire, c'est sûr, ne pourra à lui seul résoudre nos problèmes d'approvisionnement, et le prosélytisme de ses partisans a faibli. D'autre part les plus anti en viennent à reconnaître qu'on ne peut s'affranchir de la "cohabitation énergétique" et que tous les moyens de faire face à la pénurie sont bons à prendre. S'ajoute un changement majeur dans les images : chargé longtemps de tous les péchés, l'atome dévoile une vertu longtemps ignorée : il ne participe en rien à la menace climatique.

Bref, au fil du temps, bon gré mal gré, plus ou moins convaincus, les 27 font leur affaire d'une bonne dose de nucléaire, sans zèle excessif. L'enthousiasme a cédé le pas à la résignation. On se chamaille un peu, mais on se supporte et, en fin de compte, on ne peut se passer l'un de l'autre. Ainsi en va-t-il des vieux couples. ☺

La recherche et la Chine, entre priorité politique et incompatibilité culturelle



par **Jean-Baptiste Bordes, IA**

Expert technique SIO

Jean-Baptiste Bordes est polytechnicien et a suivi une formation IA-recherche dans le corps de l'armement. Diplômé du master IAD de Paris VII, il a ensuite effectué trois ans de doctorat au département TSI (Traitement du Signal et des Images) de Télécom ParisTech sur l'annotation automatique d'images satellitaires

La Chine a investi considérablement dans la recherche ces dix dernières années pour rattraper son retard sur les pays développés et pouvoir ainsi élargir ses capacités de productions aux produits de haute technologie. Dix ans après, les efforts semblent avoir porté leurs fruits, mais dans une certaine mesure seulement. La Chine n'apparaît toujours pas comme une véritable force d'innovation scientifique et technologique. Il convient de faire la part entre les blocages qui proviennent d'un problème d'organisation et ceux qui sont d'ordre culturel.

Créé en 1997, le LIAMA (Laboratoire d'Informatique, d'Automatique et de Mathématiques Appliquées) est un laboratoire franco-chinois fondé par l'Institut National de Recherche en Informatique et en Automatique (INRIA) et l'Académie des Sciences de Chine (CAS). Il est hébergé depuis l'origine par l'Institut d'Automatique de l'Académie des Sciences de Chine qui est situé dans le district de Haidian, dans la partie nord-ouest de Pékin. Le LIAMA a actuellement 7 partenaires et compte environ un centaine d'étudiants. Le LIAMA est une structure permanente de coopération et ses missions sont de conduire des projets de recherche associant des scientifiques chinois et français, de développer des relations avec les communautés scientifiques et les industriels français ou chinois, et de former, au travers d'activités

de recherche, des étudiants et des spécialistes français et chinois. Le LIAMA compte des équipes permanentes de recherche sur des thèmes variés : groupes d'imagerie cérébrale, de synthèse d'image, de reconnaissance de forme, de réseau, d'"éco-engineering", et le groupe d'interprétation d'images satellitaires, constitué à parité de Français et de Chinois, au sein duquel j'ai effectué deux séjours d'environ six mois et qui comporte en tout une dizaine de membres.

J'ai gardé de cette expérience une vision de la Chine et de sa recherche très différente de ce que j'ai pu lire ou entendre. Mais s'agissant d'une expérience de relativement courte durée, et limitée au domaine du traitement d'image, j'invite le lecteur à ne pas généraliser mes propos.

Habitudes de travail

Au LIAMA, les étudiants français sont très bien accueillis. Les secrétaires bilingues aident efficacement les nouveaux arrivants à régler les formalités d'arrivée, le logement est fourni par le laboratoire, un ordinateur et un emplacement dans l'open-space sont mis à disposition rapidement. Si tout est mis en œuvre pour que les doctorants français soient à leur aise, ils n'échappent pas cependant à un certain dépaysement.

Tout d'abord, les doctorants chinois ont des habitudes de vie et de travail relativement différentes de celles des doctorants français. J'ai remarqué que si les horaires de travail des Chinois sont plus étirés que ceux des Français (les doctorants chinois arrivent vers 8h30 et

Les IA à l'étranger



Visite d'un chercheur français au LIAMA

repartent souvent après 22h), leur travail est entrecoupé par de nombreux instants de détente (jeux en réseau, films téléchargés sur le poste de travail etc.). Les Chinois du laboratoire ont en effet peu d'activités en dehors de leurs études ou de leur travail. Cela provient en partie de leur condition de doctorant qui est plus exigeante en Chine qu'en France : le salaire qui leur est versé est extrêmement bas, ils sont soumis à une forte productivité en termes de publications (quatre au minimum par an !) et ont des directeurs de thèse qui surveillent de près leurs horaires de présence.

Contrairement à la recherche en informatique française qui s'effectue quasi-exclusivement sous environnement linux et avec des logiciels libres, les chercheurs et doctorants chinois travaillent en utilisant Windows (toujours piraté) et avec des logiciels propriétaires qui sont à disposition (ainsi que le générateur de clés pour les pirater !) sur un serveur ftp accessible sur le réseau du laboratoire. Sur le plan relationnel, la hantise qu'ont les Chinois de "perdre la face" (se dit littéralement en chinois : "perdre son

visage") - en se retrouvant par exemple incapables de répondre à une question - rend les relations difficiles à gérer. Contrairement à la notion d'"honneur", la "face" n'est pas propre à l'individu au sens où elle ne concerne que les apparences qu'il s'agit de sauver éventuellement au prix de n'importe quelle pirouette. Ainsi, pour un Chinois, mieux vaut répondre une information totalement erronée qu'avoir à prononcer l'humiliant "je ne sais pas". Cette notion de "face", qui n'est présente pas seulement au travail mais dans tous les aspects de la vie, est fort surprenante pour les expatriés travaillant en Chine, et rend les relations professionnelles parfois assez délicates.

La recherche en Chine

Etant partie quasiment de rien il y a vingt ans, la recherche chinoise a fait un effort considérable pour former des étudiants et des chercheurs compétents, et produit aujourd'hui une quantité importante d'articles scientifiques. Il est à noter cependant que ces articles sont pour l'instant publiés essentiellement pour des conférences chinoises et que les articles

acceptés pour des conférences ou des journaux prestigieux sont souvent rédigés par les "happy few" qui font ou ont fait de la recherche dans un laboratoire américain de renom et peuvent ainsi écrire sur leurs articles le nom de ce laboratoire qui apparaît comme un label de qualité. J'ai remarqué que les différents groupes du LIAMA se tenaient très au courant des publications récentes en organisant des réunions formelles où des doctorants passent en revue et présentent les articles les plus innovants, ce qui est rarement fait en France.

Par ailleurs, soulignons que dans le domaine de la vision par ordinateur, les progrès significatifs qui ont été accomplis ces quinze dernières années sont dus autant à d'ingénieurs algorithmes qu'à l'utilisation de grandes bases de données d'apprentissage. Or la constitution de ces bases de données nécessite un travail humain conséquent et fastidieux qui consiste essentiellement à entourer des zones d'images et à les annoter par ce à quoi elles correspondent. En Chine, des laboratoires utilisent une main d'œuvre qualifiée et abondante pour produire de



Cours de français à des doctorants chinois du LIAMA

grands lots d'images annotées qui permettent de publier des résultats inédits avec des expérimentations très solides.

Cependant, d'une manière générale et à partir de plusieurs témoignages concordants de différents professeurs chinois, on peut dire que l'efficacité de la recherche publique chinoise est limitée par un problème de coordination. Les objectifs sont fixés localement et indépendamment pour chaque laboratoire. Ainsi, dans le domaine du traitement d'images, des lots d'images permettant l'expérimentation et la validation des algorithmes sont fournis régulièrement avec des objectifs variant à chaque livraison d'images. Les professeurs doivent passer une partie substantielle de leur temps à prospecter pour obtenir des fonds au détriment du travail de recherche proprement dit.

Le faible niveau d'anglais des Chinois est un handicap sévère pour leur recherche. Etant donné que l'anglais est le langage commun utilisé dans toutes les revues scientifiques de haut-niveau, des bases solides en anglais sont nécessaires à la

fois pour comprendre les articles et pour en rédiger. Or, en Chine, la maîtrise des langues étrangères est une denrée rare. La langue anglaise, comme toutes les langues européennes, est très déroutante pour les Chinois, tant par les phonèmes que par la grammaire. En effet, la langue chinoise ne comporte pas véritablement de grammaire, et les concepts même de conjugaison, d'accord, de temps et de pluriel/singulier sont très difficiles à maîtriser pour les Chinois. Lorsque des chercheurs étrangers viennent faire des présentations au LIAMA, ils sont accueillis par des salles combles remplies par un auditoire attentif. Cependant, je me suis aperçu que généralement, seules deux ou trois personnes sur la centaine de chercheurs et étudiants chinois comprennent à peu près correctement les présentations.

Les freins culturels à la recherche en Chine

À ces difficultés concrètes que rencontre la recherche en Chine, il faut ajouter des aspects inhérents à la psychologie et à la formation scolaire des chercheurs

chinois qui limitent leur capacité d'innovation. Tout d'abord, comme la plupart des méthodes pédagogiques asiatiques, l'apprentissage en Chine se fonde sur un "par-cœur" et un "rabâchage" intensif. Les évaluations sont basées principalement sur la restitution à l'identique des connaissances. Pour des raisons politiques évidentes, les capacités de prise de recul des jeunes Chinois par rapport à un problème nouveau ne sont ainsi jamais développées ni même encouragées.

Une deuxième cause de cette carence en matière d'initiative et de réflexion personnelle est due à la considération que le Chinois a de lui-même en tant qu'individu. En effet, tous les Chinois que j'ai pu rencontrer ont un sentiment très aigu de leur propre insignifiance au regard de la société chinoise dans son ensemble. Cela est dû tout d'abord à la valorisation, bien connue en Occident, du groupe au détriment de l'individu sur laquelle sont fondées toutes les sociétés asiatiques. Mais en Chine, ce phénomène est amplifié à cause de l'intériorisation profonde par les Chinois du gigantisme de leur propre population et de leur territoire natio-

Les IA à l'étranger



nal. Cette double démesure légitime la faible autonomie de l'individu qui, confronté à la multitude de ses semblables et noyé dans un espace immense, ne peut se concevoir lui-même autrement que comme la partie infinitésimale d'un tout. Cela est aussi par ailleurs un motif de fierté pour les Chinois qu'ils expriment, et répètent de façon très systématiques, par des phrases courtes et triviales : "La Chine est extrêmement grande!", "Il y a tellement de Chinois en Chine !".

Il convient de s'attarder sur cette dernière phrase: débitée machinalement dans tous types de circonstances, elle est en effet particulièrement révélatrice de la psychologie chinoise. Notons que la fonction de cette phrase dépend de la nationalité de l'interlocuteur devant laquelle elle est énoncée. Devant un compatriote, cette phrase a une fonction essentiellement mondaine: sorte de platitude consensuelle teintée d'un fatalisme qui est de bon aloi en Chine, elle est destinée à engager un dialogue ou à combler un vide de la conversation. Devant un étranger, elle fait office de justification pour toutes les incohérences, les dysfonc-

tionnements, voire simplement les traits caractéristiques du système chinois : le chômage de masse, la difficulté à acheter un billet de train, l'impolitesse des gens dans la rue, toutes les demandes d'explication de l'Occidental cherchant des raisons aux maux de la société chinoise se voient opposer une fin de non-recevoir par cette phrase lapidaire.

Un dernier aspect culturel, qui constitue une hypothèse peut-être plus contestable de ma part, est le fait que les Chinois préfèrent le concret à l'abstrait, le chemin direct au détour sophistiqué, et les petits principes aux grandes théories. L'écriture chinoise en est la plus immédiate illustration : préférant prendre le plus court chemin qui consiste à associer directement un concept à un symbole stylisé plutôt que d'introduire des signes intermédiaires (les lettres), on voit bien que prendre le plus court chemin pour traiter un problème ne veut pas dire forcément choisir la solution la plus simple. Dans la recherche, cette vision des choses se traduit par le fait que les Chinois ont tendance à traiter les problèmes indépendamment, leur appliquer des solutions

particulières, et ont beaucoup de réticence à utiliser des théories englobantes. Cela est au LIAMA une cause fréquente de débats et d'incompréhension entre d'un côté (en caricaturant légèrement) les Français, qui préfèrent une théorie satisfaisante pour l'esprit mais que les Chinois ont tendance à trouver "abstraite et fumeuse", et de l'autre les Chinois, qui préfèrent utiliser une batterie de petits outils, aboutissant ainsi à une méthode que les Français qualifient de "cuisine".

En conclusion, ma propre expérience me conduit à penser que, pour véritablement "décoller", la recherche chinoise aura besoin non seulement d'une coordination plus efficace et de financements plus importants, mais aussi d'un changement des mentalités et des modes d'apprentissage. Le gouvernement, sûrement conscient de ce problème mais peu enclin pour des raisons politiques à changer l'état des choses en matière de formation des cerveaux chinois, semble actuellement plutôt opter pour la solution de faire former une partie de ses étudiants à l'étranger et de nouer des partenariats avec des laboratoires étrangers. ☺



Baptême de la nouvelle promotion d'ingénieurs de l'armement

par **Jean-Pierre Bessis, ICA**

Chef du bureau de la tutelle des écoles d'ingénieurs

Depuis l'année 2007, les nouvelles promotions des trois corps militaires de la DGA (IA, IETA, OCTAA) sont baptisées lors d'une cérémonie commune dite "d'intégration des officiers des corps de l'armement" qui a lieu dans la cour d'honneur de l'Ecole polytechnique.

C'est le 23 septembre 2008 que s'est déroulée la cérémonie des dernières promotions entrantes, en présence de

Jean-Marie BOCKEL, secrétaire d'état chargé de la défense et des anciens combattants, et de l'IGA de classe exceptionnelle Jean-Paul PANIE, inspecteur général des armées-armement représentant le Délégué général pour l'armement A cette occasion, chaque corps a reçu son insigne.

Les IAs sont au nombre de 19, dont 12 X et 5 ingénieurs recrutés à

l'ENSTélécom, l'ISAE, l'ENSTA, Supélec et Centrale Paris.

Parrainée par l'IGA Monique LEGRAND-LAROCHE, la promotion a été dénommée "Paul CHANSON", polytechnicien de la promotion 1931 qui s'illustra dans le développement de notre dissuasion, notamment en identifiant la nécessité de l'amorçage neutronique à un instant précis de la réaction de fission. ☞



Cérémonie d'intégration des officiers des corps de l'Armement à Polytechnique

Colloque CAIA-2009, "Ingénieurs de l'armement : changer avec le monde"

par **Sarma Gadjendra, ICA**

Secrétaire général de la CAIA

Le 3 juillet dernier, le conseil d'administration décidait de créer un groupe de travail afin d'étudier la possibilité d'organiser en 2009 un colloque de notre confédération, et de proposer la forme qu'il pourrait éventuellement revêtir. Le contexte s'y prêtait, ne serait-ce qu'en raison des travaux sur le livre blanc sur la défense et la sécurité nationale et l'avenir des corps d'ingénieurs à vocation d'encadrement supérieur de l'Etat qui plaident fortement pour un débat collectif ouvert. Au-delà de cette considération, l'objectif demeure également de contribuer à la cohésion de notre communauté et de promouvoir notre image de modernité, de réactivité et de conscience de service public auprès d'une large audience.

Au conseil du 18 décembre dernier, le principe du colloque a été approuvé, dans ses finalités et dans son organisation : la journée du 8 avril prochain a été retenue, le choix du lieu s'est porté sur le Collège des Bernardins, à Paris. Nous y attendons de l'ordre de 250 à 300 personnes appartenant bien sûr à notre communauté mais aussi à celles avec qui nous interagissons dans nos actions (Etats-majors, industrie, autres

ministères...). Laurent Collet-Billon, délégué général pour l'armement, a accepté d'ouvrir la journée. De nombreuses personnalités, principalement du monde de la défense, ont été sollicitées ; à l'heure où nous écrivons, nous avons ainsi l'assurance d'une présence de grande qualité, gage non seulement d'un colloque qui devrait marquer mais également d'une interaction dynamique avec l'audience. Un témoin dont l'expérience fait référence restituera en fin de journée la teneur des débats et les principales conclusions des trois tables rondes.

Chaque thème sera introduit par un témoignage principal, et développé ensuite par des intervenants au cours d'une table ronde. La moitié du temps sera consacrée aux questions/réponses.

• **Nouveau contexte, nouvelles missions, nouvelles contraintes : quelle place pour les ingénieurs de l'armement ?** Le thème permet tout particulièrement d'aborder la question du devenir du corps face aux nombreuses évolutions de notre société : livre blanc sur la défense et la sécurité nationale, révision générale des politiques publiques, évolution des corps

techniques d'encadrement supérieur de l'Etat, construction européenne...

• **Nouvelles techniques, nouveaux besoins, nouveaux métiers : a-t-on encore besoin d'ingénieurs de l'Etat pour les besoins de défense et de sécurité, quelles évolutions souhaitables pour le corps ?** Cette réflexion s'inscrit dans un contexte où l'Etat doit renforcer sa capacité à assurer la maîtrise d'ouvrage des grands projets face à des maîtres d'œuvre industriels de plus en plus puissants et globaux et où le besoin de pluridisciplinarité, d'expertise et de maîtrise de métiers complémentaires, s'exprime quotidiennement.

• **Quelle manière d'être pour l'ingénieur de l'armement, quelles valeurs, quelle éthique ?** Dans une société où l'action individuelle est immédiatement soumise au jugement collectif, la question de l'éthique est centrale : quelle image projeter dans la société, quelles responsabilités vis-à-vis de la Nation, quelle hiérarchie de valeurs dans un domaine éminemment sensible et controversé, quelle protection juridique pour exercer pleinement ses missions ?

Un programme dense, qui laisse de la place aux échanges formels et informels

- **09h00-09h30** : Propos introductifs par Béatrice Charon, allocution d'ouverture par Laurent Collet-Billon.
- **09h30-11h30** : Nouveau contexte, nouvelles missions, nouvelles contraintes : quelle place pour les ingénieurs de l'armement ?
- **11h30-11h45** : Pause
- **11h45-13h00** : Nouvelles techniques, nouveaux besoins, nou-

veaux métiers : a-t-on encore besoin d'ingénieurs de l'état pour les besoins de défense et de sécurité, quelles évolutions souhaitables pour le corps ?

- **13h00-15h00** : Déjeuner
- **15h00-17h15** : Quelle manière d'être pour l'ingénieur de l'armement ? Quelles valeurs ? Quelle éthique ?
- **17h15-18h00** : Restitution par un grand témoin et conclusion par Béatrice Charon.
- **18h00** : Cocktail.



La grande salle gothique du Collège des Bernardins

Le sondage préalable :

Le groupe de travail s'est posé la question de savoir comment chacun d'entre nous aborderait les thèmes développés lors du colloque. L'idée d'un sondage préalable s'est alors imposée. Il fera l'objet d'une restitution avant la première table ronde ; au-delà du cliché instantané, il permettra aussi de nourrir les réflexions préalables des participants aux tables rondes. Ce sondage sera envoyé par mail à chaque camarade.

Le groupe de travail :

Didier Brugère, Emmanuelle Plessiet, Olivier Robert, Aïda Rosemain, Jérôme de Dinechin, Gadjendra Sarma.

Le choix d'un prestataire :

Si la conception d'ensemble, les finalités poursuivies ou l'opportunité de tenir un tel colloque sont bien le fruit des réflexions du conseil, il a semblé impératif au groupe de travail de s'appuyer sur un prestataire de service notamment pour la réalisation

effective du colloque. Dans le cadre de ses consultations, le conseil sur la proposition du groupe a ainsi retenu la société CEIS, compagnie européenne d'intelligence stratégique, reconnue dans le monde de la défense, de la sécurité et de l'intelligence économique, organisatrice par exemple de l'université d'été des commissions de la défense nationale, des 2^{ème}, 3^{ème} et 5^{ème} conférences pour l'emploi et le développement économiques...



Carrière : consolider dans le mouvement



par **Norbert Fargère, IGA**

L'IGA Norbert Fargère, sous-directeur du recrutement et de la mobilité des personnels au sein de la direction des ressources humaines de la DGA, est né en 1958. Poudrier, docteur en physique, il a débuté sa carrière au centre d'études du Bouchet, expert de la lutte NRBC, puis dirigé les programmes de véhicules tactiques, logistiques et de contre minage ; plus récemment, il pilotait l'ensemble de la logistique de la DGA au sein de la direction de la gestion et de l'organisation. D'octobre 2001 à septembre 2006, directeur du centre d'études du Bouchet, il a largement contribué à l'organisation de la réponse à la crise « Biotox » et est désormais un référent international dans le domaine. Nommé ensuite Architecte du système de forces «protection et sauvegarde», Norbert Fargère est membre du conseil d'administration de la CAIA depuis 2002.

Les changements sont des promoteurs de carrière. Ils sont d'autant plus valorisants qu'ils correspondent, à une satisfaction personnelle. Cette satisfaction peut être motivée par une progression dans la structure, ou dans une structure équivalente, mais également, avec ou sans concomitance, avec une croissance en compétence...

Il ne faut pas en effet concevoir les parcours professionnels comme une ascension permanente de la pyramide hiérarchique. Le syndrome de l'échelle de perroquet ne doit pas servir de base à la progression, qui ne doit pas être limitée à une ascension verticale, mais bien évaluée sur une base de l'enrichissement global des cadres qui acceptent une mobilité (imposée ou requise).

Au même niveau de la mobilité verticale, telle qu'on la comprend facilement, on retrouve celle que l'on peut qualifier d'horizontale, ou au moins de diagonale. Etre capable de se remettre en question pour prendre des responsabilités différentes de ses métiers de base est fondamental pour « booster » sa carrière. A ce niveau, la mobilité est alors un moyen très efficace pour selon qu'elle soit bien le fruit d'une réflexion globale conduite avec des spécialistes. Cette approche est celle qui a de tous temps été utilisée pour consolider les capacités de leurs cadres à fort potentiel.

Comme ceux de l'entreprise privée, les conseillers-carrière-mobilité (CCM) de la DGA prennent en compte ces éléments dans la construction de leurs dialogues, tout particulièrement lors des contacts avec les cadres. C'est certainement le cas de ceux qui, en charge au sein de la DRH de la mobilité, sont plus particulièrement à l'écoute des hauts potentiels, dont et en particulier ceux qui, par leur métier dépendent du domaine "direction d'entité (DIE)". En fait dans la réalité du quotidien du métier des CCM, proposer des parcours adaptés constitue la base d'un savoir-faire, qui dépasse le simple pourvoi des postes. On retiendra comme élargissement de la démarche, un élargissement des compétence qui devrait se situer plutôt jusqu'aux alentours de la quarantaine, pour se stabiliser ensuite, valorisant pour chacun, les capacités démontrées sur un poste, un métier ou des fonctions, en relation avec les compétences acquises.

La mobilité est une des valeurs fortes inscrites dans le présent des officiers des corps de l'armement et tout particulièrement dans celui des ingénieurs. Inscrite dans le présent mais surtout garante de la réussite de notre futur. Cette réussite s'articule autour d'expériences professionnelles diverses associées à un développement à plus long terme du potentiel de chacun, passant également par des formations appropriées.

La mobilité existe bien sûr dans l'administration et ce n'est pas un vain mot. Tout particulièrement elle lui permet de respirer, et en application de ce qui précède, participe à un enrichissement mutuel du prenant et du cédant qu'il soit interne ou a fortiori externe. C'est certainement un des fondamentaux qui doivent animer les ingénieurs de l'armement dans leur analyse de carrière.

Savoir appréhender des environnements nouveaux est un atout fondamental que doivent posséder tous nos ingénieurs. Bien le maîtriser permet d'intégrer des points de vue et des opinions différents, issus d'échanges multiculturels. La mobilité est donc une opportunité, fonctionnelle, professionnelle, géographique ou les trois en même temps. Elle est un facteur de développement de carrière, vrai retour sur investissement.

La DGA est devenue une entité à taille plus réduite. Je dirais pratiquement plus humaine, organisée autour d'entités plus pointues mais de taille plus facile à appréhender. Pourtant elles facilitent grandement les mouvements, pour selon que l'on fasse preuve de curiosité, d'envie de progresser, mais aussi de réelles qualités d'adaptation, associées à un esprit plus entrepreneurial ; voilà ce qui fait l'essence du gagnant de demain. ☘



SECURISER VOTRE PROGRAMME



Mission:
Vous faire bénéficier de l'expertise du ministère français de la défense

Objectif:
Réduire les risques de vos programmes d'armement

Services:
Consulting, monitoring de contrat, formation et assistance



www.groupepci.com

2, Place Rio de Janeiro - Paris 75008 - TÉL. : 01 41 93 26 00



PHOENIX 2008

Une expérimentation pour évaluer les technologies de l'infovalorisation au profit des futurs systèmes de combat de contact et de leur doctrine d'emploi



par **Jean Marchal, ICETA**

Responsable Métier "Architecture et Evaluation des Systèmes de Systèmes"
Pilote de projets du Laboratoire Technico-Opérationnel

Formateur et conférencier sur les systèmes d'armes terrestres, Jean MARCHAL, diplômé ICG à l'Institut Français de Gestion, puis Cours Supérieur de l'Armement est depuis début 2007 chargé de développer les méthodologies permettant d'élaborer des réponses aux problématiques complexes (ou capacitaires) au sein du LTO. Il est responsable de la conférence annuelle "école Systèmes de Systèmes" à la SEE. Il a participé aux expérimentations Phoenix 2007 et 2008 en partenariat avec l'industrie.

Conduite par l'industrie et la DGA (Délégation Générale pour l'Armement) au profit de l'armée de terre, l'expérimentation PHOENIX 2008 s'est déroulée du 1^{er} au 10 Octobre 2008 dans le camp de Mourmelon, en marge de l'exercice de certification NEB "Numérisation de l'Espace de Bataille" de la 6^{ème} Brigade Légère Blindée. Elle a monopolisé sur le terrain entre 100 et 120 personnes (personnels DGA, opérationnels et industriels) pour préparer l'avenir du combat de contact terrestre.

PHOENIX 2008 a pour objectif d'évaluer des capacités opérationnelles innovantes d'infovalorisation au sein d'un sous Groupement Tactique Interarmes. Plus particulièrement, le but est de déterminer les moyens et organisations permettant demain à un capitaine sur le terrain de décider et de frapper plus vite et plus juste. Mettant en jeu un grand nombre de démonstrateurs industriels, la capacité opérationnelle déployée s'appuie sur des systèmes d'information, d'armements, et d'équipements en dotation aujourd'hui dans l'Armée de Terre. Les concepts développés et évalués, mis au profit du commandant d'unité regroupent en particulier : 2 cellules spécifiques dotées d'outils d'assistance à la décision et d'analyse des informations provenant des capteurs déployés, des boucles courtes senseurs-effecteurs, impliquant le Tir. Au-delà de la Vue Directe (TAVD) et l'Appui au Contact.

Une expérimentation structurée en mode "Laboratoire Technico-Opérationnel (LTO)"

Réalisée dans le cadre d'une convention

signée par toutes les parties, avec la Section Technique de l'Armée de Terre (STAT), l'appui et les moyens de la DGA (Angers, Arcueil, Rennes), PHOENIX 2008 rassemble 8 contractants industriels (de la PME au Maître d'Oeuvre Industriel) sous le pilotage de Sagem Défense Sécurité. Cette démarche CD&E s'avère particulièrement efficace pour permettre une réalisation gagnant/gagnant d'une telle ampleur en moins de 9 mois (hors délais de dépouillement) avec un retour sur investissement équilibré pour chacun des participants.

L'équipe projet composée de représentants de chacune des parties suit une méthodologie de type LTO (aspects ingénierie du projet, prise en compte du facteur humain, enregistrements synchronisés et complets et exploitation par rejeu virtuel)

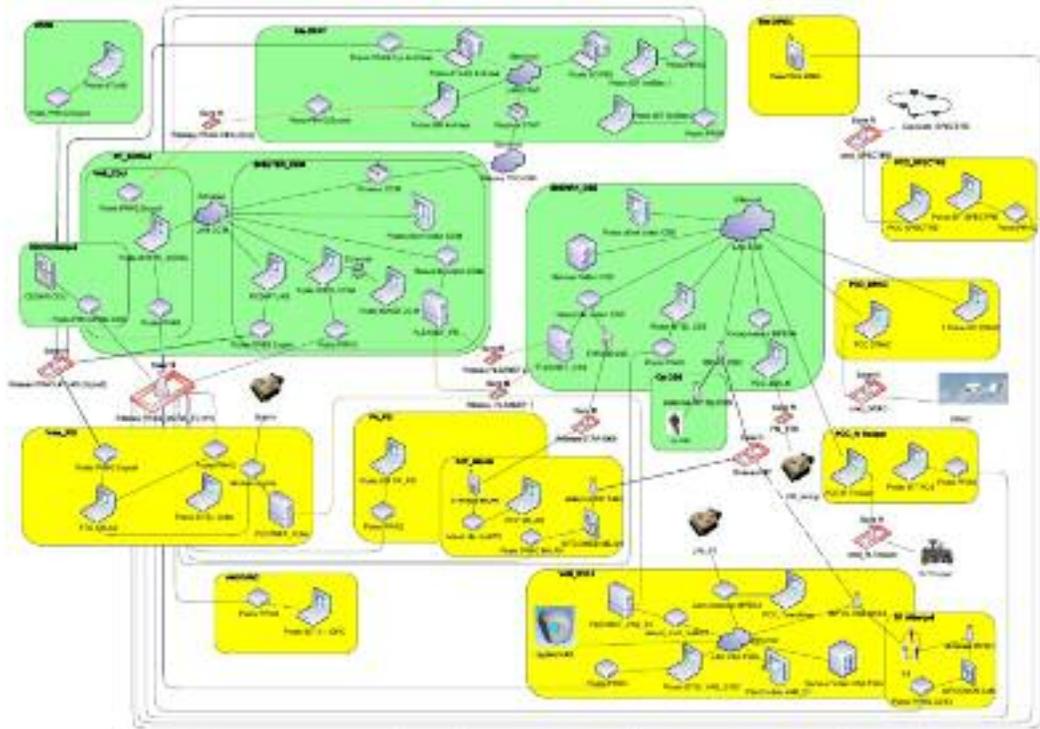
- Travaux collaboratifs sur le LTG (Laboratoire de Travail en Groupe) pour :
 - Elaborer les différents objectifs de l'expérimentation à partir des impératifs de chacun,
 - Esquisser des "scénarios" répondant

aux objectifs.

- Déterminer les paramètres à surveiller /enregistrer pour quantifier l'adéquation des concepts évalués par rapport aux besoins et objectifs exprimés.
- Préparer les interfaces des démonstrateurs

• Modélisation des réseaux et du terrain :
- Compréhension des réseaux : la modélisation de tous les échanges (Logiciel MEGA) permet de "matérialiser" les besoins fonctionnels, dimensionner les réseaux, leurs interfaces et les matériels à mettre en place. En parallèle, la visualisation des 3 réseaux élaborés et l'identification des maturités de leurs divers composants permet une assez bonne estimation des risques de l'expérimentation en matière de liaison.

- Le terrain de Mourmelon fidèlement numérisé en 3D (sous VBS2) : ces travaux minutieux ont permis de travailler sur les scénarios imaginés pour les rendre immédiatement réalisables avant le déploiement réel sur le terrain. Sur le terrain, l'outil a permis de suppléer en temps réels les défaillances de réseaux et capteurs en remplaçant les



Synoptique des réseaux à déployer entre les postes sur le terrain

images/vidéo par des “snapshots” virtuels représentatifs de la situation du moment. Enfin lors de l’analyse après action, toutes les séquences effectuées ont été rejouées en virtuel en repositionnant les acteurs et leurs équipements afin de comprendre ce qui n’a pas pu être expliqué directement sur le terrain.

- Enregistrement et synchronisation de tous les échanges entre les acteurs du terrain : pendant l’expérimentation sur le terrain à Mourmelon, tous les échanges et toutes les actions sur les matériels sont “espionnés, datés et référencés” par l’outil Meefisto (outil d’analyse des systèmes d’information, disponible à l’ETAS) et les équipes d’ergonomes déployés à chaque poste opérationnel. Des interviews systématiques des acteurs principaux complètent les appréciations techniques, en fin de chaque journée avant que leur “mémoire ne s’efface”.

• Dépouillement des enregistrements : Phase difficile car peu médiatique, après l’euphorie de la réussite de l’expérimentation terrain, il faut exploiter les résultats ! Trois

mois d’efforts pour croiser les constatations et les enregistrements. Et savez-vous pourquoi une phase de tir TAVD impliquant 3 pièces (observateur/désignateur/tireur) peut durer 2 mn dans certains cas et 6mn 30 dans un autre cas très semblable ? Nous non plus, on ne savait pas... jusqu’à la reconstitution de toute la séquence dynamique en 3D sous VBS2 : la cible n’était plus visible du désignateur qui s’est déplacé pour la réacquiescir ! Evident mon cher Watson... Le travail effectué peut être étendu à la reconstitution de combats réels pour lesquels il est nécessaire de mieux comprendre les faits.

Un esprit d’équipe pour mieux servir la défense

La structure d’expérimentation mise en place permet ainsi de dégager les apports de chacun des différents systèmes, réseaux et organisations mis en place. Les enseignements, de niveau capacitaire peuvent directement alimenter les spécifications des futurs matériels et de leurs interfaces, ainsi qu’aider à définir l’organisation du combat de contact

futur. PHOENIX 2008 optimise l’emploi des systèmes et équipements envisagés pour deux des fonctions principales du combat de contact, préfigurant les équipements et organisations souhaitables dans le programme Scorpion.

Sur un plan capacitaire, l’interfaçage des différents démonstrateurs réalisé pour l’expérimentation permet à chaque industriel de mesurer son niveau de compatibilité avec l’équipement en service aujourd’hui, et d’apprécier la réponse qu’il est en mesure d’apporter au besoin opérationnel. Mais surtout, une expérimentation de cette nature favorise le rapprochement des personnes. Le challenge technologique à relever dans des délais très courts, la mixité des cultures et des débats, la “vie sur le terrain” favorise la compréhension mutuelle et ne peut qu’être bénéfique à toutes les parties dans les dialogues ultérieurs. Bref, en plus d’être une démonstration de concentré technologique, un banc d’essai de doctrine, c’est aussi une belle aventure humaine. ☺



Le LRBA, aux racines de la dissuasion et du spatial français

par Daniel Jouan, IGA

Créé en 1946, le Laboratoire de Recherches Balistiques et Aérodynamiques de Vernon (LRBA) est devenu l'un des établissements pilote dans le domaine spatial. Grâce à la compétence d'ingénieurs et techniciens allemands "recrutés" à Peenemünde, il fut le concepteur de fusées sondes telles que Véronique et du missile tactique sol air Parca. Après vingt ans de travaux, la mise sur orbite du satellite Astérix le 26 novembre 1965 place la France au 3ème rang des puissances spatiales. La rationalisation des activités militaires et spatiales le conduit à abandonner à la SEP (aujourd'hui SNECMA), en 1971, toute son activité sur la propulsion liquide pour se consacrer au soutien des programmes d'armement.

Le 8 septembre 1944, Paris est la cible de la première fusée stratosphérique allemande V2. De l'enquête diligentée sur place à Maisons-Alfort, sous la responsabilité du directeur du laboratoire municipal de la ville de Paris, conseiller technique de la défense passive, le professeur Henri Moureu, naîtra une sensibilisation des autorités militaires françaises sur les possibilités de cet engin de destruction. Une nouvelle ère de la guerre moderne commence.

Dans le contexte de la fin de la seconde guerre mondiale, les puissances occidentales et soviétique vont tenter de s'approprier les compétences allemandes sur ce sujet qui concerne aussi la conquête de l'espace.

L'engin militaire A4, connu à l'Ouest sous le nom de V2, a été mis au point à Peenemünde, petit village allemand au bord de la mer Baltique. Le 3 octobre 1942 un premier engin atteint plus de 100 kilomètres d'altitude, et confirme l'idée que "la fusée à réaction est un moyen de navigation dans l'espace" (Colonel Dornberger directeur du centre de Peenemünde). La réalité du voyage dans l'espace avait déjà été envisagée antérieurement par des précurseurs, comme le russe Konstantin Edouardovich Tsiolkovsky (1857 - 1935), l'américain Robert Hutchings

Goddard (1882 - 1945), l'allemand Hermann Oberth (1894 - 1989) et le français Robert Esnault Pelterie (1881 - 1957). Mais en 1942, les préoccupations du directeur du centre de Peenemünde ne concernent pas le voyage dans l'espace, mais bien plus le perfectionnement rapide de la fusée pour qu'elle devienne une arme de supériorité. La fin des hostilités ne lui permettra pas d'atteindre cet objectif.

Après le retour de la paix, la France va rapidement recruter une équipe d'ingénieurs allemands spécialistes de la fusée V2 qui apporteront leurs compétences au sein d'un laboratoire de recherche créé par décret du 17 mai 1946 par le ministre de l'armement Charles Tillon. Ce laboratoire, dont la création avait été suggérée par l'ingénieur général du génie maritime Norguel, directeur de la direction des études et fabrications d'armement (DEFA), est rattaché au service technique de la DEFA.

La naissance du LRBA

Le décret du 13 août 1946 signé du ministre de l'armement par interim Laurent Casanova crée ce laboratoire sous le nom

de Laboratoire de Recherches Balistiques et Aérodynamiques (LRBA). Réaliser toutes études et recherches dans le domaine de la balistique et de l'aérodynamique, mettre en oeuvre des techniques du ressort d'autres organismes de recherche pour les besoins des matériels d'armement, coopérer aux méthodes expérimentales sont les missions assignées au nouvel établissement. Le but est de rassembler tous les éléments nécessaires pour aboutir à la réalisation d'un système d'arme comprenant un missile et les équipements au sol pour le mettre en oeuvre, le lancer et le guider.

En août 1946, l'Etat-major des armées adopte un programme général d'études d'engins autopropulsés (en accord avec la DEFA) qui classe en première priorité les études d'engins tactiques à poudre ou à liquide et en seconde celles des engins stratégiques.

Où sera localisé le nouveau laboratoire ? Le lieu d'implantation doit respecter un certain nombre de contraintes pour des missions d'essais et d'étalonnages de tuyères : pas d'habitations dans un rayon de 2 km (bruit et discrétion des essais), proximité d'une voie ferrée (moins de 5



Vue aérienne du LRBA

km), existence de dénivellations abruptes de 30 à 50 mètres pour permettre le développement de la flamme de tuyère sans obstacle, terrain plat pour les infrastructures et abondance de l'approvisionnement en eau. Trois sites seront envisagés : un près de Clermont-Ferrand, un dans les gorges de la Dordogne, et un près de Gramat. Mais c'est un quatrième site qui sera finalement choisi : Vernon. En 1928, Edgar Brandt avait acheté la forêt dominant la ville de Vernon pour en faire un champ de tir pour ses mortiers. En 1932, il obtient l'autorisation de construire une usine de chargement en explosif pour des obus de tout calibre. Pendant la seconde guerre mondiale, le site sera occupé par les allemands, et fera l'objet de nombreux bombardement alliés. En 1946, le site offre plusieurs avantages : la fin de la guerre a rendu les terrains disponibles, les dimensions permettent une implantation de moyens importants et la présence de la forêt permet la discrétion, tandis que l'éloignement de l'agglomération réduit

les nuisances occasionnées par les essais. De plus, la présence d'équipes allemandes conduit à prendre certaines précautions d'éloignement des populations civiles si peu de temps après la fin des hostilités. A la création du LRBA, le siège de la direction se trouve à la caserne Sully à Saint-Cloud. L'établissement a quatre annexes à Vernon, Versailles, Mulhouse et Saint-Louis.

L'usine de moteurs de char de Friedrichshafen, sur le lac de Constance, ayant été détruite par les bombardements alliés, le professeur Maybach propose de venir travailler en France. Les installations de Satory ayant été entièrement détruites pendant la guerre, une convention créera le 12 septembre 1946 au LRBA un atelier Moteur permettant au gouvernement français la collaboration des allemands pour la réalisation et la mise au point d'un moteur à essence puis diesel de 1000 CV et d'un moteur auxiliaire. Début décembre 1946, ce sont finalement 75 techniciens allemands en provenance de

Friedrichshafen qui arriveront à Vernon après leur embauche par la DEFA. Les techniciens allemands en provenance de Peenemünde chargés des études de fusées arrivent à leur tour au premier semestre 1947. A la fin de cette année, et avec le groupe M, 150 allemands vivront et travailleront sur le domaine militaire de Vernon.

Les programmes de fusées et le développement du LRBA

Disciple de Robert Esnault Pelterie, Jean-Jacques Barré avait réussi à construire une fusée baptisée EA41 sous l'occupation allemande, mais ne pourra la tester que le 15 mars 1945 près de Toulon. Il reprend alors ses travaux sur la propulsion par fusée et conçoit l'engin EA46 (appelé aussi Eole) dans le prolongement de l'EA41. Le programme, destiné à faire progresser la connaissance, est lancé le 15 novembre 1946 et préfigure la mise au point d'un missile balistique à longue portée. Elle pèse 3,4 tonnes et doit envoyer

Histoire des IA

une charge de 275 kg à 800 km de distance. Son moteur est à oxygène liquide et éther de pétrole. Les essais au banc débute à Vernon en février 1949 et les essais en vol à Hammaguir en novembre 1952.

Au titre du programme 1946 d'études d'engins tactiques de l'Etat-major, le LRBA sera impliqué dans l'étude, le perfectionnement et la mise au point d'un engin à oxygène liquide pour une fusée sonde de la météorologie nationale (engin ONM). L'industrie des fusées nécessite des études et des essais aérodynamiques de caractéristiques spécifiques. Dès 1947, la construction d'une soufflerie supersonique se révèle nécessaire et les compétences des aérodynamiciens allemands qui ont participé aux travaux de la soufflerie à rafales de Kochel seront largement utilisées.

Le 22 février 1949, l'organisation du LRBA se concentre : la direction est transférée de Saint-Cloud sur Vernon, l'annexe de Saint-Louis devient autonome sous le nom de Laboratoire de Recherches Balistique et Aérodynamiques de Saint-Louis, et l'annexe de Satory redevient l'Etablissement d'Expériences Techniques de Versailles (ETVS) et est rattaché administrativement à l'Atelier de Construction d'Issy-les-Moulineaux.

En 1949, il est demandé au LRBA une étude d'engin sol-air dénommé PARCA (Projectile Autopulsé Radioguidé Contre Avion) capable d'atteindre un bombardier volant à 300 km/h, à une altitude de 5 à 18 km jusqu'à 20 km de distance.

C'est aussi en 1949, que débute la longue histoire de Véronique (dont le nom serait la contraction de VERnon et électRONIQUE). La DEFA demande au LRBA d'étudier la mise au point d'un petit

moteur fusée de 4 tonnes de poussée à acide nitrique et kérosène. Cette fusée sonde non guidée a pour objectif de servir à l'étude en vol d'un moteur fusée et permettre des sondages de l'atmosphère jusqu'à une altitude de 65 km avec une charge utile de 60 kg d'appareils scientifiques. Plusieurs versions de Véronique seront réalisées pour améliorer progressivement les performances et répondre aux besoins des scientifiques.

Le LRBA entre dissuasion et espace

En 1958, le Gouvernement du Général De Gaulle décide de commencer les études d'engins stratégiques. Le ministre des armées, Pierre Guillaumat, confie la responsabilité des études d'engins stratégiques à la Direction technique et industrielle de l'aéronautique (DTIA). La Société d'Etudes et de réalisation d'Engins Balistiques (SEREB) est créée pour assurer la maîtrise d'œuvre de programme et coordonner le travail des industriels. La création de la Délégation ministérielle pour l'armement (DMA) le 5 avril 1961 complètera le nouvel outil de défense de la France.

La SEREB engage le 3 octobre 1960 le programme d'études balistiques de base (EBB) destiné à examiner méthodiquement le problème des engins balistiques : propulsion, pilotage, guidage, rentrée dans l'atmosphère.

Le LRBA y est sollicité pour les études de guidage. Il met en place un nouveau laboratoire inertiel qu'il inaugure le 15 novembre 1963 et qui verra ses effectifs atteindre 28 personnes en 1965.

L'étude des conditions particulières des phases de rentrée rend indispensable un moyen d'études aérodynamiques. Le tunnel hyperballistique est mis au point la

même année. Il permet les études aérodynamiques pour des vitesses pouvant atteindre 5 km/s.

En matière de travaux sur les satellites militaires, le LRBA créera en octobre 1966, un département optique spatiale, puis un laboratoire d'ambiance spatiale qui sera opérationnel en 1967.

Le 26 novembre 1965, la mise en orbite du premier satellite français Astérix, par une fusée Diamant A depuis Hammaguir conduit la France au troisième rang des puissances spatiales. Moins de vingt ans se sont écoulés depuis la création du LRBA et sa contribution à ce succès national aura été déterminante.

Le LRBA, dépendant administrativement de la Direction technique des armements terrestres (DTAT), est rattaché le 1^{er} janvier 1967 à la Direction technique des engins (DTEn). Les travaux du LRBA sur la dissuasion seront renforcés et le premier tir d'un missile MSBS, effectué depuis le SNLE Le Redoutable, le 29 mai 1971, confirmera le haut niveau de compétences de l'établissement dans le domaine du guidage et du pilotage.

Les compétences du LRBA dans la propulsion à liquide n'intéressent plus en 1971 que l'espace civil. Le domaine militaire au LRBA se concentre sur le guidage et le pilotage des engins balistiques à poudre et les études de performances et d'environnement des satellites militaires.

Une rationalisation des organisations étatiques et industrielles est apportée le 1^{er} octobre 1971, par la séparation entre les activités de propulsion à liquide qui rejoignent la SEP et les activités étatiques militaires qui reste au LRBA. ☪

MBTI (Myers Briggs Type Indicator) L'intelligence de soi



par **Emmanuelle PLESSIET, IPA**

Chef de cabinet du DRH de la DGA

Entrée à la DGA en 1996, après un parcours technique en tant qu'ingénieur d'études, responsable d'affaires, architecte puis manager dans le domaine naval, en 2003 elle s'oriente vers les achats publics et les systèmes d'information, devenant manager au profit du Portail de l'armement ixarm.com. Elle rejoint la DRH en tant que chef de cabinet fin 2007.

Mieux percevoir son propre fonctionnement, sa manière d'interagir en situation. Identifier ses talents personnels et les mobiliser au bon moment. Le MBTI, outil de diagnostic personnalisé et approfondi, validé et reconnu, vise à apporter à chacun de nous les clés qui parfois nous font défaut pour mieux interagir avec les autres...

Se connaître et connaître l'autre est au cœur des préoccupations de tout manager. Les méthodes qui prétendent permettre de cerner les personnalités font légion. Pour ne citer qu'elles, il existe : PCM (Process Communication Management), TKI (Thomas-Kilmz, Conflict Mode Instrument, l'analyse transactionnelle ou encore la PNL (Programmation Neuro-Linguistique). Toutes proposent des clés pour mieux se comprendre et mieux comprendre l'autre.

Dans ce foisonnement de méthodes, le MBTI est une référence. C'est le test le plus utilisé au monde pour comprendre les différences de personnalité. Plus de 2 millions de personnes par an expérimentent cette méthode qui se présente comme un outil d'amélioration des relations personnelles et professionnelles.

Le MBTI est né de plus de 50 ans de travaux menés par des psychiatres et psychologues. A compter des années 1910, Carl Gustav Jung (1875-1961), psychiatre suisse a travaillé sur les types psychologiques. Il a formalisé ses travaux dans son livre "Types psychologiques" publié en 1921. Ses travaux ont ensuite été exploités et développés aux États-Unis par Isabel Briggs Myers (1897-1979) et sa mère, Katherine Cook Briggs qui ont travaillé sur cette théorie pendant 40 ans pour donner naissance à la Myers Briggs Type Indicator ou MBTI. La méthode a ensuite été validée sur plusieurs millions de cas.

Le principe du MBTI est simple. Notre comportement n'est pas le fruit du hasard mais la conséquence de notre préférence suivant quatre grands types d'activité (dimensions).

Carl Gustav Jung a ainsi distingué, au sein de l'activité de l'esprit humain, deux dimensions :

- **Recueillir de l'information**, soit par la sensation S en s'appuyant sur les faits, sur le concret, le réel, soit par l'intuition N en se référant à sa sensation - son sixième sens, au-delà des faits directement observables,
- **Traiter cette information pour aboutir à des conclusions**, de deux manières opposées : la pensée T (pour thinking) et le ressenti F (pour feeling).

Il a aussi observé, -identifiant ainsi une 3ème dimension pour caractériser les comportements humains-, que les individus ont tendance à trouver leur énergie et à être dynamisés :

- soit par l'environnement extérieur, les activités et les expériences : ce qu'il a nommé l'extraversion E ;

- soit par l'univers intérieur des idées, des souvenirs et des émotions : ce qu'il définit comme l'introversion I.

L'apport de Briggs-Meyers a été d'identifier une 4^{ème} dimension, correspondant au mode d'action de chaque individu, qui :

- soit en appel à la Perception (P), privilégiant leur analyse immédiate de leur environnement et leur capacité d'adaptation, - soit au Jugement (J), préférant avoir une maîtrise et un contrôle des situations.

L'identification de la typologie de chaque individu se fait alors sur la base de principes de différenciation et d'émergence. Les 4 dimensions tiennent dans la psyché de chacun une place et un rôle clairement différenciés qui créent des dynamiques spécifiques. Nous utilisons par exemple tous l'intuition et la sensation pour percevoir, mais généralement, nous sommes plus à l'aise avec l'une des deux, que nous utiliserons plus souvent, plus naturellement, tout comme nous avons une préférence pour l'utilisation d'une de nos deux mains.

Mais au-delà des 16 types ainsi identifiés, cette classification n'exclut pas la souplesse et l'évolution. Chacun de nous est caractérisé par une dynamique liée à son parcours de vie. En effet, nous apprenons tout au long de notre existence, et si nous avons une préférence pour certains types de com-

portements, - nos comportements dominants - , nous pouvons aussi utiliser d'autres canaux, de la même manière que nous pouvons nous servir de nos deux mains même si nous sommes droitiers... Cette complexité fait notre polyvalence et notre capacité d'adaptation face aux autres. Les quatre dimensions tiennent ainsi dans notre psyché une place et un rôle clairement différenciés qui créent des dynamiques spécifiques. Le MBTI tente d'intégrer cette complexité. L'identification de la typologie de chaque individu est réalisée sur la base de principes de différenciation et d'émergence. Le MBTI intègre ainsi que notre structuration psychologique se réalise au fur et à mesure de notre développement individuel avec des attitudes dominantes et d'autres auxiliaires, voire tertiaires ou inférieures qui font la spécificité et la richesse des personnalités.

Très utilisé par les DRH d'entreprise, le MBTI couvre un large spectre d'applications. Il est en effet utilisé non seulement pour l'orientation professionnelle, l'accompagnement individuel et les relations interpersonnelles, mais aussi pour éclairer les modes d'apprentissage, les processus de travail en groupe, ou encore les cultures d'entreprise. Mettant en évidence le moteur de chacun et les stimuli pris en compte dans la prise de décision et l'adhésion,

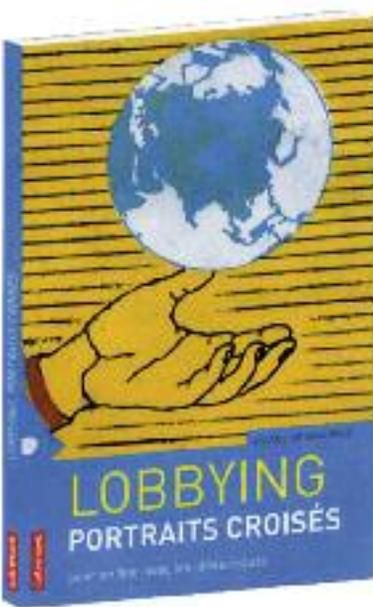
les résultats du MBTI permettent également de faciliter le changement en identifiant quels leviers utiliser pour emporter l'adhésion.

Pour autant, le MBTI n'est pas adapté (et heureusement) à une sélection "automatisée" des individus. Il ne permet pas de "comparer" deux personnes.

Chacun a en effet son style de résolution de problème, son mode de leadership et de communication propre.

Et, afin d'éviter les récupérations mal comprises - notamment celles proposant par exemple "que lorsque que l'on est de tel ou tel type, on doit forcément agir de telle ou de telle façon" ou "que ni du "type psychologique", ni de la façon "d'être ou d'agir" nous ne puissions à tout jamais sortir de notre vie" - C.G. Jung a développé dans son ouvrage "L'homme et ses symboles" une mise en garde qu'il importe de garder à l'esprit : "si Gandhi fut indéniablement un introverti, ouvert à l'introspection pendant une grande partie de sa vie, il fut aussi un extraverti à l'image d'un chef d'état, d'un révolutionnaire même si ce fut au nom" de la non-violence".

Il est en effet assez stérile et réducteur d'étiqueter les gens et de les presser dans des catégories. L'ambition est de mieux les comprendre. ☺



Lobbying, portraits croisés de Viviane de Beaufort

L'ouvrage est sous-titré "pour en finir avec les idées reçues". Il raconte, à plusieurs voix, la genèse des décisions que prennent les pouvoirs publics et, face à ces décideurs, les démarches que suivent divers acteurs, qu'il s'agisse des milieux d'affaires ou de la société civile. Vie réelle, mais souvent invisible. Qui dit invisible dit secret, et ce qui est secret a tendance à sentir le soufre : le lobbyiste et ses démarches ne bénéficient pas de la meilleure image. C'est dommage et injuste. Pour remédier à ce déficit, de nombreux praticiens témoignent. Et c'est la principale richesse de ce livre singulier : par contributions ou par interviews, des professionnels qui, pour y être complètement

impliqués, connaissent bien le sujet, prennent la parole et lèvent un coin du voile sur la réalité de leur action. Oui, le lobbying est indispensable et légitime; non, il n'est pas la négation du processus démocratique; oui, une réglementation reste nécessaire pour éviter les excès toujours possibles. On est vraiment dans le démenti des idées reçues. Que ceux qui croient encore que l'influence sur les pouvoirs publics se résume aux bons déjeuners, voire à la corruption, lisent ce livre ! Ils y acquerront une vision moderne d'un pan important de notre société. ☞

Michel Clamen



Krach, Boom... et demain ? Pour enfin comprendre la crise et l'économie mondiale de Marc Touati (Éditions DUNOD - dépôt légal février 2009)

Marc Touati, fut pendant 10 ans Directeur de la Recherche Economique et Financière des groupes Banques Populaires et Natixis, rôle qu'il tient aujourd'hui dans la société d'investissement Global Equities.

Crise des subprimes, faillites bancaires, krach boursier, flambée puis plongeon des matières premières, récession économique, défiance généralisée... Nous vivons la plus grave crise depuis le krach de 1929. Pour autant, a-t-on compris les tenants et les aboutissants de ce cyclone mondial ? Comment une idée simple - permettre aux ménages modestes d'accéder à la propriété - va-t-elle aboutir à ce cataclysme ? Et surtout, comment et dans quel état allons-nous nous en sortir ? C'est dans un langage très accessible, clair, complété par graphiques ou tableaux qui soutiennent le propos que Marc Touati revient sur tous les événements en nous livrant une

vision, parfois personnelle, mais toujours plausible et en quelques pages de tous les sujets : l'affaire Kerviel et la Société Générale, la faillite de Lehman Brothers, les difficultés d'AIG, de Merrill Lynch, le rôle des banques centrales, les défis de Barack Obama, la Chine... jusqu'à la situation d'aujourd'hui : Pédagogique, ce livre rend le fonctionnement économique et financier du monde actuel accessible à tous, sans langue de bois ni complaisance. "Restez optimiste", recommande l'ouvrage qui vient de sortir en librairie. ☞

Joël Rosenberg

Plaidoyer pour une ère nouvelle

d'Henri Conze, IGA

Préface de Norbert Prill. Editions DiversGens. Berlin. 2008. 160 pages. 10 euros

Ancien délégué Général pour l'Armement, Henri Conze a connu une vie professionnelle très variée : énergie nucléaire, programmes d'armement, relations internationales, coopération, exportation, stratégie, politique industrielle, etc. Cette diversité lui a permis de rencontrer de nombreux responsables politiques et économiques des pays de l'Union Européenne, en premier lieu d'Allemagne, des Etats-Unis et d'autres régions du monde et de nouer des liens personnels étroits avec certains d'entre eux. Ces expériences le conduisent à réagir à la crise actuelle et aux multiples défis rencontrés en 2008 par la Société française et l'Europe, à l'aube de l'ère nouvelle de l'information et de la communication. La couverture de son livre est volontairement ambiguë : nous promet-il un retour dans la forêt ou bien un monde totalement électrique ? Ni l'un ni l'autre bien entendu. Il nous dit que nous sommes à la veille d'un changement sans précédent dont nous ne vivons que les premiers balbutiements. La peinture de l'avenir qu'il donne relève presque de la science fiction et de la politique fiction, mais pourtant toutes les prémisses en sont déjà là. Seulement la plupart de nos contemporains ne savent pas les voir : "Oculos habent et non vident".

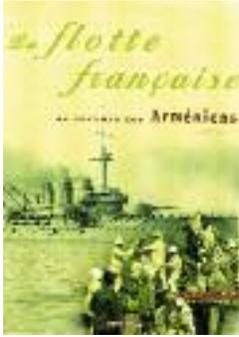
Cela dit, le discours d'Henri Conze est très concret. Une idée qui lui tient à cœur est que seule l'industrie crée des richesses (p. 63). C'est même pour lui une valeur fondamentale. Les services dépendent de nos jours encore de l'industrie. Pourtant on nous a bassinés avec l'idée que nous sommes entrés dans une civilisation du tertiaire et que l'emploi industriel recule. Affirmer le contraire peu paraître paradoxal. Cependant, nous sommes aujourd'hui en présence d'industries qui ne fabriquent pas seulement des objets, mais mettent des forces en mouvement, changent des comportements et des relations de puissance ou tissent des réseaux de circulation de l'information, nouent des contacts. Bien entendu, nous assistons à une diminution du nombre des emplois dans l'industrie suite à l'automatisation. Comment concilier la nécessaire création d'emplois et la diminution du besoin d'emploi humain ? En créant des emplois d'un type nouveau. Henri Conze a opté pour une société de la science et du savoir où l'on préparera les futurs chercheurs et ingénieurs dans des cités des sciences comme il en existe déjà en France à Toulouse (p.74 il fait l'éloge de Toulouse) et ailleurs. Il déplore dans ce contexte qu'il y ait eu en France un ralentissement de l'effort de recherche à partir de 1990 qui a eu des répercussions regrettables sur notre puissance industrielle. Il souligne très justement qu'on a célébré cette année en France mai 1968, mais qu'on n'a pas célébré mai 1958 qui vit le coup d'envoi des dix plus glorieuses des "trente". Cette période faste s'est achevée un peu avant la fin de la décennie 80. Mais Henri Conze n'est pas pessimiste. Il estime que "l'équipe de France" de l'industrie et de la recherche peut

repandre son souffle. Il a dans ce contexte une belle phrase : "Une des grandes règles de l'humanité est que si rien n'est jamais définitivement acquis, rien n'est jamais définitivement perdu". Si nous ne faisons pas cet effort, des fonds américains, chinois, hindous prendront le contrôle de l'industrie européenne. Pour notre défense et notre expansion, l'auteur ne mise pas seulement sur l'équipe de France, mais sur la "Françallemagne". D'où cette très intéressante préface de l'ami allemand, Norbert Prill. Il est fortement question dans ce livre de la coopération franco-allemande. C'est clair que nous n'y arriverons pas seuls. Mais il y a "les vieux démons français" qui risquent de contrecarrer "l'attachement des Allemands à leurs règles traditionnelles". Henri Conze semble estimer que la solution n'est pas l'Europe des 27, mais une Europe entraînée par une micro-union européenne franco-allemande. C'est l'Europe que Nicolas Sarkozy a réunie avec ses quatre principales puissances économiques membres du G7 pour résoudre récemment la crise financière et bancaire. Elle peut être différente dans d'autres domaines.

Henri Conze n'a pas tort par les temps qui courent de croire à l'économie industrielle, c'est à dire à l'économie réelle, et au rôle de guide de l'Etat, un Etat qu'il veut volontariste et voyant loin. Il faut admettre que l'ultralibéralisme à l'américaine et aussi à l'allemande en a pris un léger coup ces derniers temps et que les décisions qui ont été adoptées et les interrogations posées corroborent sa vision des choses. L'économie réelle a selon lui de l'avenir à condition de se concentrer sur les secteurs porteurs que sont la biotechnologie, les nanotechnologies, les grands calculateurs, les sciences de la vie (p. 78, 84, 97). L'Europe s'est un peu laissée dépasser mais elle peut rattraper son retard justement en sachant tirer son épingle du jeu dans la crise actuelle. Car elle a des ressources (p. 97). Et pour finir, si l'on en doutait, il suffit de se rappeler cette affirmation de ce penseur français à savoir que nous disposons de milliers d'années de réserves d'énergie et que là n'est pas le problème. Dommage qu'Henri Conze ne parle pas plus souvent de tout cela à des publics jeunes pour les orienter dans le bon sens et aussi moins jeunes pour leur redonner confiance.

Critique de Jean-Paul Picaper, écrivain et journaliste (Le Figaro, Valeurs actuelles, etc.), publiée dans le magazine web franco-allemand EURBAG (<http://www.eurbag.eu>) rubrique "Culture".

**Le livre peut être commandé sur le site hci@wanadoo.fr ou acheté directement à la Librairie Marissal
42 rue Rambuteau 75003 Paris - Tél. : 033 (0)1 42 74 37 4
E-mail : marissal.buecher@wanadoo.fr**



La flotte française au secours des Arméniens de Georges Kevorkian, ICETA

Cet ouvrage est un récit historique construit à partir d'archives exceptionnelles émanant pour partie des descendants de amiraux français impliqués dans ces opérations de sauvetage. Il prend place dans le contexte du conflit mondial et des soubresauts de l'Empire ottoman. Il rappelle, s'il en est besoin, les malheurs de ce peuple de tradition chrétienne et rend hommage au courage des marins français.

L'Empire ottoman, depuis juillet 1908, est aux mains des "Jeunes-Turcs" qui ont renversé le régime du sultan Abdul Hamid (le "Grand Saigneur"), promettant la mise en oeuvre de la constitution libérale de 1876, jamais appliquée. Des troubles éclatent en Cilicie où les nationalistes turcs, de crainte que cette constitution leur fasse perdre leur prééminence vis-à-vis des autres communautés non musulmanes, notamment des Arméniens fortement implantés dans cette province, s'en prennent à ces derniers qui sont ainsi l'objet d'une terrible oppression. Les missions chrétiennes de la région ne sont pas épargnées. Alertés, les pays occidentaux dépêchent leurs navires de guerre pour aider, secourir leurs ressortissants et les communautés arméniennes. La France, n'est pas en reste : l'escadre légère de Méditerranée, sous les ordres du contre-amiral Pivet, rallie le golfe d'Alexandrette. On assistera alors à une opération d'ingérence d'humanité en territoire turc... Septembre 1915 La "Grande Guerre" a éclaté en août

1914 : l'Empire ottoman s'est allié aux Empires allemand et austro-hongrois pour combattre les pays de "l'Entente", Grande-Bretagne, Russie et France. La 3^{ème} escadre de la flotte de combat française en Méditerranée, sous les ordres du contre-amiral Darrieus qui vient d'assurer l'intérim du vice-amiral Dartige de Fournet appelé à remplacer le vice-amiral Boué de la Peyrière à la tête de l'armée navale, surveille les côtes syriennes. Le gouvernement turc a décrété l'extermination de sa population arménienne. Des villageois arméniens de la région du Mont Moïse, en bordure du golfe d'Alexandrette, sont acculés sur la plage : leur héroïsme face aux soldats turcs ne peut tenir encore plus longtemps. Les marins français vont sauver ces Arméniens en les recueillant sur leurs navires et en les transportant dans des camps de réfugiés à Port-Saïd. On assistera alors à une opération de sauvetage de 4000 Arméniens, remarquablement organisée par la Marine française...



Du Vautour au Rafale, un voyage de 160 trimestres en aéronautique

de Jean-Pierre Tasseau, IPA

Les Editions Toulousaines de l'Ingénieur

Un voyage de 40 ans, oui, mais aussi une histoire humaine. Celle d'un de nos camarades qui semble s'étonner d'en être arrivé là. Au cours de ce voyage, on voit le monde changer au fil des chapitres : la fin des trente glorieuses, la chute du mur de Berlin, le 11 septembre 2001, mais aussi une révolution sans précédent des technologies (internet, GPS, monde virtuel...). Dans le même temps, l'industrie aéronautique française, toujours à la pointe du progrès, doit s'adapter en permanence aux défis techniques et économiques des nouveaux programmes. Bien évidemment, au terme de sa carrière, Jean-Pierre Tasseau arrête son voyage. Mais, évidemment, celui-ci est loin d'être terminé pour ceux qui ont ou auront la charge et la chance de relever les nouveaux défis de l'aviation et de son industrie. Au-delà de la simple description des étapes d'une vie professionnelle bien remplie, l'auteur souhaite aussi laisser des messages à ceux qui le liront. C'est, d'ailleurs, la motivation qui l'a conduit à entreprendre cette tâche : le désir de laisser un témoin de son passage dans le milieu aéronautique français et le besoin d'expliquer que sa carrière est avant tout le résultat des efforts et des choix qu'il a effectués au cours de sa vie. Jean-Pierre Tasseau nous recommande de considérer que rien n'est écrit

quant à l'avenir de chacun, qu'elles que soient ses origines. La chance d'être heureux et utile dans une vie professionnelle n'est pas une loterie, c'est un état d'esprit et beaucoup de travail et d'efforts. L'évolution, y compris dans l'emploi, fait partie de la vie. Il appartient à chacun de veiller à la demande du marché et de s'assurer de son employabilité, afin d'anticiper les changements et de saisir les opportunités. Ces messages concernent aussi l'ingénieur dans sa fonction sociétale. Dans tous les domaines, le rôle du manager est essentiel, c'est lui qui détermine les processus qui servent à concevoir et à réaliser les produits et les services destinés à satisfaire les besoins des utilisateurs. La compétition impose l'amélioration continue. C'est en observant les défauts d'un produit qu'on améliore sa qualité ; il en va de même pour les individus et pour les organisations. Les managers disposent de méthodes, de normes et d'outils accessibles à tous, mais chacun doit compter sur sa propre expérience pour les mettre en oeuvre avec efficacité. C'est aussi l'écoute, l'intuition, le courage et l'éthique des hommes qui fait la différence entre les projets. Finalement, ce livre qui se veut histoire d'un homme, est aussi un guide pour une gestion de carrière. A chaque poste occupé, l'auteur explique comment s'est passé le démarrage, quelles ont été les principales réalisations, et les raisons qui l'ont poussé à quitter ce poste. Un bon exemple à méditer.

Daniel Jouan

Commandez-vous toujours
ce dont vous avez vraiment envie?

*Alors le système M-Boss-Online
est fait pour vous !*



Gratuit :
Demandez vos échantillons
M-Boss au marquage de
votre choix !

Grâce au système M-Boss, commandez exactement ce dont vous avez besoin. Visualisez vos repères avant marquage et gagnez du temps en effectuant vos demandes de prix directement via Internet sur notre site M-Boss-Online.

Ce service vous assure un marquage à façon de vos repères M-Boss en inox 316 et une livraison dans les plus brefs délais.

Envie d'essayer ? N'attendez plus et testez le système M-Boss dès aujourd'hui en commandant vos échantillons gratuits marqués au texte de votre choix.

www.HellermannTyton.fr/M-BOSS-Online

HellermannTyton

Lu au JO

• **16 septembre 2008 : Décret n° 2008-941 du 12 septembre 2008 portant statut particulier du corps militaire des ingénieurs de l'armement.**

• **20 septembre 2008 : Décret du 19 septembre 2008 portant promotion et nominations.**

Est promu au grade d'ingénieur général de 1ère classe, l'ingénieur général de 2e classe Frédéric Van Roekeghem (1/11/2008). Sont nommés au grade d'ingénieur général de 2e classe, les ingénieurs en chef Jean-Philippe Bouyer et Marc Berville (1/10/2008).

• **1^{er} octobre 2008 : Décret du 29 septembre 2008 portant nomination au conseil d'administration de l'Office national d'études et de recherches aérospatiales.**

L'ingénieur général de l'armement Blandine Vinson-Rouchon est nommé membre du conseil d'administration de l'Office national d'études et de recherches aérospatiales.

• **15 octobre 2008 : Arrêté du 6 octobre 2008 portant nomination au conseil d'administration de l'Ecole Polytechnique.**

Laurent Collet-Billon, délégué général pour l'armement, est nommé membre du conseil d'administration de l'Ecole Polytechnique.

• **17 octobre 2008 : Arrêté du 8 octobre 2008 fixant les taux annuels de l'indemnité pour charges militaires.**

• **31 octobre 2008 : Décret n° 2008-1113 du 29 octobre 2008 relatif à l'indemnité pour activités militaires spécifiques allouée en cas de départ sans droit à pension.**

• **31 octobre 2008 : Arrêté du 16 octobre 2008 portant nomination au conseil d'administration de l'Ecole Polytechnique.**

François Lureau, représentant des grands corps de l'Etat et des cadres des entreprises publiques nationalisées, est nommé membre du conseil d'administration de l'Ecole Polytechnique.

• **23 novembre 2008 : Décret du 21 novembre 2008 portant nomination.**

Est nommé inspecteur de l'armement pour les constructions navales et se voit conférer le rang et appellation d'ingénieur général hors classe à compter du 9 décembre 2008 l'ingénieur général de 1ère classe Patrick Renvoisé.

• **23 décembre 2008 : Décret du 19 décembre 2008 portant promotions et nomination.**

Sont promus au grade d'ingénieur général de 1ère classe, les ingénieurs généraux de 2e classe Bruno Châtenet, Jean-Marc Chimot, et Serge Darrénougué (1/01/2009). Est nommé au grade d'ingénieur général de 2e classe, l'ingénieur en chef Marc Billard (1/02/2009).

• **31 décembre 2008 : Arrêté du 17 décembre 2008 portant cessation de fonction et nomination au cabinet du ministre.**

L'ingénieur en chef de l'armement Edouard Pinot de Villechenon est remplacé par l'ingénieur en chef de l'armement Benjamin Gallezot comme conseiller pour les affaires industrielles au cabinet du ministre.

• **9 janvier 2009 : Décret n° 2009-18 du 7 janvier 2009 fixant les indices de solde applicables au corps militaire des ingénieurs de l'armement et aux corps d'officiers de l'armement.**

• **27 janvier 2009 : Décret du 22 janvier 2009 portant promotion et nominations.**

Est promu au grade d'ingénieur général de 1ère classe, l'ingénieur général de 2e classe Charles de Lauzun (1/03/2009). Sont nommés au grade d'ingénieur général de 2e classe, les ingénieurs en chef François Mestre et Benoît Laurensou (1/03/2009).

Daniel Jouan, IGA

Carnet professionnel

Bernard Roussely (1964) a été nommé Chef du département sécurité de Galiléo au sein de Commission Européenne / Autorité Européenne de Surveillance de Radionavigation par Satellite (GSA) (31/12/2008)

Jean-Yves Heloret (1959) a été nommé Directeur des programmes ATV au sein de EADS Space Transportation (ex Launch Vehicles) (13/01/2009)

Richard Finck (1971) a été nommé Directeur du cabinet de M.Yazid SABEG, commissaire à la diversité et à l'égalité des chances (27/01/2009)

Reynold Prevost de la Boutetière (1971) a été nommé Conseiller technique au pôle "solidarité", chargé de la dépendance au sein du Ministère des affaires sociales, du travail et de la solidarité (01/02/2009)

Christian Breant (1956) a été nommé Directeur ARTT (12/08) au sein de l'Agence Européenne de Défense (10/12/2008)

Laurent Giovachini (1961) a été nommé Consultant au sein de AlixPartners (01/01/2009)

Philippe Juliot (1958) a été nommé Directeur général au sein de Défense Conseil International (DCI)/Br Armement et Services (28/11/2008)

Edouard Pinot Perigord de Villechenon (1972) a été nommé Directeur adjoint à la direction industrielle au sein de AREVA (01/01/2009)

Damien Barbier (1970) a été nommé Chef de service "Surveillance des marchés" à la Direction des enquêtes et de la surveillance des marchés au sein de l'AMF (06/11/2008)

Bruno Capitant (1967) a été nommé Vice President Head of Sales & Contracts au sein de Astrium Space Transportation - Les Mureaux (01/12/2008)

Yves Thomazeau (1964) a été nommé Directeur systèmes d'armes et missiles au sein de THALES / Division Systèmes aériens / Fleury les Aubrais (01/04/2009)

Philippe Bertrand (1971) a été nommé Expert national détaché - Unité 3Gb au sein de la Commission Européenne / DG TREN (16/01/2009)

Benjamin Gallezot (1972) a été nommé conseiller pour les affaires industrielles au cabinet du Ministre de la Défense (01/01/2009)

Jean-Pierre Buleon (1951) a été nommé Consultant, conseil à l'export au sein de Business Consultant (01/01/2009)

Christophe Mangeant (1973) a été nommé Chef de projet optimisation de grandes centrales photovoltaïques au sein de CEA / Pôle Recherche technologique / LITEN Le Bourget du Lac (01/02/2009)

Guillaume Faury (1968) a été nommé directeur technique et industriel adjoint de PSA Peugeot à compter du 30 mars 2009

Aymeric Bonnaud (1963) a été nommé Directeur de projet CESAD M51 au sein de DCNS Pôle Navires et Systèmes (01/05/2009)

Olivier Perot (1963) a été nommé Directeur général France au sein de REpower France (01/01/2009)

Daniel Thuillier (1951) a été nommé Directeur Général Adjoint / Technique. Chef du Groupe des Bureaux de Contrôle au sein de ODAS (01/01/2009)

Mobilité et efficacité sur tous les terrains

- Carcasses haute longévité
- Utilisation mixte
- Capacité de franchissement élevée
- Maîtrise des coûts



www.continental.fr

Continental 
Tires - Engineered in Germany

On peut souhaiter des solutions énergétiques d'avenir, et aussi décider de les produire.

Rejoindre le leader européen des énergies de demain, c'est décider d'agir. Chaque jour, EDF concilie progrès et environnement. Une exigence de chaque instant, pour laquelle nous mobilisons et accompagnons des hommes et des femmes ayant fait le choix de l'excellence. Le choix d'agir pour le bien-être de tous.

E = moins de CO₂ est l'enjeu d'avenir : rejoignez-nous dès maintenant sur www.edfrecrute.com