



APPROCHES DIFFERENTES DE LA SURETE POUR LA CONSTRUCTION D'UNE NOUVELLE INSTALLATION ET LA RENOVATION D'UNE ANCIENNE

F. BOUSSARD* - G. CLOTTES *- A. BERJON*

SUJET - RESUME

Dans le cadre de nos missions au CEA, nous avons été amenés à construire un nouveau laboratoire de haute activité dénommé STAR dont le passage en service actif est imminent. Maintenant, c'est la rénovation d'un laboratoire de haute activité, le LECA géographiquement voisin, qui est au centre de nos réflexions.

L'approche de la sûreté d'exploitation de ces deux actions, construction neuve ou rénovation, est finalement assez similaire et conduit à isoler le risque de dissémination des matières nucléaires comme dimensionnant vis à vis des projets. La menace la plus grave en terme de conséquences sur l'environnement est le séisme qui peut mettre en défaut le confinement statique du laboratoire par destruction des parois des cellules blindées. Dans le cas d'une construction neuve, on se borne à adjoindre des règles de génie civil respectant les contraintes de tenue au séisme, ce qui entraîne quand même un surcoût de 30 % sur le seul génie civil. Par contre, sur une ancienne installation il y a nécessairement un compromis à rechercher entre des renforcements des structures de génie civil, leurs coûts, et une perte de capacité ou de souplesse par le laboratoire du fait de règles d'exploitation plus contraignantes.

INTRODUCTION

C'est sans doute un lieu commun que d'écrire que la décision de construire une installation nouvelle est en général bâtie sur des besoins non satisfaits jusqu'alors. Aussi, les objectifs de conception de cette installation nouvelle découlent naturellement des besoins à satisfaire, la sûreté d'exploitation étant un objectif parmi d'autres. Le cas de la modernisation d'une installation existante ne se pose pas dans les mêmes termes. En faisant l'hypothèse que les missions de l'installation restent peu ou prou les mêmes, l'objectif principal d'une modernisation devient alors la remise à niveau de la sûreté d'exploitation de cette installation.

Ainsi, nous nous trouvons face à deux voies assez différentes. Dans le cas d'une installation nouvelle, une fois que les outils de procédé ont été définis, le concepteur doit alors veiller à ce que leur exploitation s'accommode des dernières règles de sûreté en les entourant de dispositifs et/ou de règles ad hoc. Par contre, pour une installation ancienne à rénover, c'est l'installation elle-même qui doit être adaptée aux nouvelles exigences en matière de sûreté, sans modifier sensiblement les outils d'exploitation.

Le point commun des 2 approches est de définir quand et où s'arrêter en termes de sûreté. Le concepteur s'attache en permanence à concilier le niveau de sûreté à atteindre avec les coûts qu'il implique. Par contre si l'approche est commune, les objectifs sont différents. Dans la mesure où les risques d'exploitation induits par les 2 types d'installation, neuves ou anciennes, sont grossièrement de même nature, d'où vient la différence? Principalement de la durée de vie escomptée pour chaque laboratoire et le fait, non négligeable, que l'installation à rénover est déjà en fonctionnement en actif. Un laboratoire neuf de haute activité est en général conçu pour durer le plus longtemps possible, ce qui inclut d'ailleurs un double objectif de sûreté et de flexibilité d'utilisation. Pour la rénovation d'une installation ancienne, le problème est de trouver le juste milieu entre la nouvelle durée de vie escomptée, les coûts et les perturbations apportées à l'exploitation qui doit continuer pour des raisons quelquefois stratégiques mais aussi d'impact sur le bilan financier global de l'opération de rénovation.

Le Service d'Exploitation des Installations du Commissariat à l'Energie Atomique (CEA/DRN/DEC/SEI) mène actuellement dans le cadre de ses missions, ces 2 types de projet. Tout d'abord, la construction d'un nouveau laboratoire de haute activité, dénommé Station de Traitement, d'Assainissement et de Reconditionnement (STAR), qui est pratiquement achevée puisque sa mise en service actif est imminente. D'autre part, dans le cadre du programme de la jouvence des laboratoires chauds du CEA, nous étudions maintenant la rénovation d'un laboratoire chaud qui est exploité depuis une trentaine d'années, le Laboratoire d'Etude des Combustibles Actifs (LECA).

L'INSTALLATION STAR

Objectifs opérationnels

La mission première de STAR à laquelle elle doit son nom, est une opération de stabilisation et de reconditionnement de combustibles irradiés issus de la filière UNGG. A la base, la décision de construire STAR repose sur un problème de gestion de combustibles sans emploi qui sont entreposés sur le centre de Cadarache. Il y a quelque vingt années, environ deux mille cartouches irradiées provenant de réacteurs UNGG ont été examinées au LECA puis entreposées dans des piscines de stockage sur le centre de Cadarache. Les conditions de stockage de l'époque, rudimentaires, ont permis que l'eau des piscines rentre en contact avec le combustible des cartouches UNGG, en l'occurrence de l'uranium métal. L'eau a réagi

chimiquement avec cet uranium produisant entre autres composés de l'hydrure d'uranium (UH_3) dont une caractéristique est son inflammation spontanée lorsqu'il est mis en contact avec l'air ambiant. Dans ces conditions, un transport direct de ces combustibles vers les unités de retraitement (UP1 à Marcoule) n'était plus possible, ne serait-ce que pour des raisons évidentes de sûreté à la fois pour le transport mais également pour l'usine de retraitement. Après la phase de mise au point d'un procédé de stabilisation et du contrôle de son efficacité sur pièces réelles au LECA, STAR a été décidée pour exploiter ce procédé à des cadences industrielles telles que ces combustibles soient traités dans un délai raisonnable. Elle est construite en extension du LECA avec pour but fonctionnel d'utiliser les servitudes déjà existantes du LECA.

Le second objectif était de préparer l'avenir en concevant STAR de façon à assurer des activités similaires à celle du LECA, une fois la première mission de traitement des combustibles remplie. Il s'agit de missions types d'un laboratoire de haute activité avec des activités classiques d'expertises destructives et non-destructives sur éléments combustibles irradiés issus de réacteurs divers (REP, RNR, actinides...).

Conçue comme une extension du LECA lorsque sa construction fut décidée, STAR ne possède que 3 cellules avec une surface de 60 m². Ces 3 cellules sont coiffées par une supercellule dénommée sas supérieur d'une surface de 45 m², l'ensemble formant le bloc-cellules. Des aménagements sont prévus d'origine d'adjoindre 2 nouvelles cellules dans le prolongement du bloc-cellules actuel ainsi que la possibilité de construire un certain nombre d'enceintes blindées plus légères.

Objectifs de sûreté

Comme mentionné précédemment, le souci permanent lors de la conception de STAR était de réaliser une installation exploitable le plus longtemps possible à la fois sur le plan de la sûreté et sur celui de la flexibilité d'utilisation. Pour l'aspect sûreté, il faut se positionner à niveau de sûreté situé en général au delà des exigences réglementaires du moment afin de prévenir les évolutions futures de la réglementation. La flexibilité d'utilisation de l'installation constitue en soi un objectif de sûreté dans la mesure où de la prendre en compte au stade de la conception permet au laboratoire de s'adapter rapidement à des missions nouvelles sans modification majeure relative à la sûreté. La souplesse d'utilisation opérationnelle de l'installation s'obtient en banalisant au maximum les équipements (standardisation), que soient considérées les opérations à réaliser en interne mais aussi les actions dirigées vers l'extérieur (communications). En particulier, il faut veiller à rendre accessible le laboratoire et ses cellules blindées à un grand nombre d'emballage de transport.

Options de sûreté

Les options de conception suivantes ont été arrêtées autour des objectifs précédents et en tenant compte du caractère particulier des matières manipulées dans STAR:

- Prévention du rayonnement et de la dissémination des matières radioactives

Les matières radioactives à manipuler présentent un caractère particulièrement pulvérulent ce qui favorise une éventuelle dissémination incompatible avec les règles de protection de l'environnement. C'est pourquoi entre les matières manipulées et l'environnement, on interpose 2 barrières statiques que constituent respectivement le bloc-cellules (première barrière) et le bâtiment STAR qui l'abrite (seconde barrière). A ces 2

barrières statiques, correspondent 2 barrières dynamiques sous la forme de systèmes de ventilations qui maintiennent l'ensemble sous une cascade de dépression allant croissantes de l'environnement vers les zones les plus contaminées (bloc-cellules). Le sas supérieur coiffant les 3 cellules fait office de sas lors des opérations d'entrée-sortie de matériels des cellules en ce sens qu'il évite ainsi la rupture de la première barrière d'étanchéité et permet son extension lors de ces opérations. L'étanchéité statiques des cellules est obtenu par un cuvelage intégral de leur paroi par une peau en acier inoxydable. L'intégrité de ces barrières est maintenue, même en cas de séisme car le génie civil est conçu pour résister à un séisme de force 9 sur l'échelle MSK. Le bâtiment STAR est posé sur des patins élastomères qui amortissent mécaniquement les mouvements du sol qui sinon seraient intégralement transmis au bâtiment durant un séisme.

L'étanchéité statique des cellules blindées qui sont de classe A2 (débit de fuite résultant d'environ 200 l/h à dépression nominale de -22 daPa) permet techniquement la réception de matières radioactives α . L'épaisseur des murs des enceintes de 1,20 m permet l'accueil d'une activité équivalente à un assemblage complet irradié de Superphénix (activité de 380 000 Ci dans chacune des cellules). Le système de contrôle de radioprotection inclut une surveillance des niveaux de rayonnement γ et de la contamination α, β de l'air avec une sensibilité de $0,1 \text{ Bq.m}^{-3}$. Les rejets gazeux de la ventilation sont surveillés en permanence en α, β, γ avec un suivi spécifique du tritium et de l'iode. L'impact des rejets gazeux radioactifs annuels est évalué comme étant 50 000 fois moins élevé que celui causé par l'irradiation naturelle de la région.

Travaux sous gaz neutre

STAR a la possibilité de choisir la nature de l'atmosphère de ses cellules. Pour le moment, essentiellement du fait la nature spontanément inflammable des produits manipulés (hydruure d'uranium et poudre d'uranium métal), on peut placer les cellules sous gaz inerte d'argon ou d'azote à mieux que 1% d'oxygène. Cette possibilité existe également pour le sas supérieur ce qui permet des entrée-sorties de matériels en cellule sans altérer l'atmosphère de ces dernières.

Banalisation des enceintes blindées

Pour faciliter la maintenance et la souplesse d'utilisation, chaque enceinte blindée de STAR est construite suivant les mêmes standard de conception. De fait, elles sont toutes équipées des mêmes hublots à verre au plomb de type et des mêmes systèmes de télémanipulation qu'ils soient lourds ou légers. Ainsi, une panne affectant une enceinte dont l'utilisation est prioritaire peut être palliée par des équipements prélevés sur une autre enceinte.

Une attention particulière a été portée à la capacité de communication de STAR avec les autres installations du même type. Ces communications s'effectuant par le biais d'emballages blindés (châteaux), STAR est conçue pour recevoir pratiquement tous les emballages blindés nationaux avec des accostages aussi bien horizontaux que verticaux. Un pont d'une capacité de 60 tonnes assure les manutentions de ces emballages.

Accident de dimensionnement

La notion d'accident de dimensionnement est commune à beaucoup d'installations nucléaires. Il s'agit de l'accident majeur, défini pour une installation, qui cause les dommages

les plus importants à l'environnement. A partir de cette définition d'accident, on dimensionne l'installation dans sa conception de sorte que les conséquences de cet accident soient ramenées à un niveau acceptable.

Dans le cas de STAR, l'accident de dimensionnement se résume à un incendie en cellule avec un entraînement des matières nucléaires dans la ventilation du bloc-cellules. Les matières entraînées sont un mélange représentatif de toutes celles manipulées en cellules ce qui préserve le caractère dimensionnant de l'accident. Toujours dans cet esprit, les systèmes de sécurité sont supposés ne pas fonctionner, l'alarme n'est pas donnée et quand un asservissement est prévu, celui-ci est réputé agir dans le mauvais sens. Les gaz chauds de l'incendie (600°C) véhiculés par la ventilation provoque la destruction du premier niveau de filtration absolue (200°C) mais pas le second niveau placé justement assez loin pour permettre le refroidissement des gaz (40°C). L'impact de cet accident sur l'environnement demeure faible puisqu'une personne présente en limite du site de Cadarache, soit à 150 m de STAR, intégrerait 28 μSv (2,5 mRem) dans l'instant et 0,17 mSv (17 mRem) si elle y vivait et s'en nourrissait de façon permanente durant un an.

Régimes dégradés et prévention des défaillances

L'étude des régimes dégradés et des défaillances s'est faite suivant les principes de la défense en profondeur. Cette démarche consiste dans un premier temps, et pour chaque risque, à analyser les causes qui font passer l'installation du régime normal d'exploitation vers un régime dégradé. Outre de déterminer d'éventuels modes communs dans les défaillances, ceci permet de définir les moyens à mettre en oeuvre pour les pallier. Les dispositifs de sécurité ou asservissements ainsi définis sont dits de premier niveau. Dans un second temps, pour les régimes dégradés conduisant directement à des conséquences inacceptables, on étudie les modes de défaillance des systèmes sécurité de premier niveau afin de suppléer leur propre défaillance par d'autres systèmes de sécurité redondants dits de second, troisième, etc niveau. Sur STAR, on ne va pas au delà du troisième niveau.

A titre d'exemple, on peut citer:

Des planchers conçus pour résister à la chute d'un objet de 60 tonnes d'une hauteur de 7 m. Néanmoins, il n'y a aucun système vital de conduite ou de surveillance placé sous les zones survolées, même placé sous de tels planchers.

L'alimentation électrique des systèmes importants pour la sûreté (ventilation, éclairage, manutention, radioprotection...) est assurée par 2 tableaux électriques indépendants avec leurs lignes propres et géographiquement opposés dans l'installation. Ceci prévient une rupture d'alimentation électrique en cas de sinistre dans une partie de l'installation. En cas de défaillance d'alimentation par le réseau électrique normal, un groupe électrogène reprend l'alimentation automatiquement. Enfin une défaillance de ce dernier peut être palliée par raccordement d'un groupe mobile sur prise extérieure prévue à cet effet.

Les systèmes de ventilation sont doublés et alimentés chacun par une ligne électrique raccordée à un tableau différent. Il y a reprise automatique à 100% de la ventilation du bloc-cellules par la file de secours sur défaillance de la file normal. Une perte d'alimentation en gaz neutre est tolérable dans la mesure où l'étanchéité statique des cellules est telle qu'on observe une remontée du taux d'oxygène de seulement 5% en 48 heures tout en maintenant la dépression nominale en cellule.

D'une manière générale, toute panne affectant un système ou toute perte d'utilité (électricité, air comprimé, gaz neutre...) place intrinsèquement l'installation en position de sécurité. Néanmoins, l'accident de dimensionnement prend en compte une défaillance toujours possible à ce niveau, en les ignorant dans son scénario.

RENOVATION DU LECA

Objectifs opérationnels actuels et état initial

Il s'agit également d'un laboratoire de haute activité avec des activités classiques de recherches et d'examen destructifs et non-destructifs sur éléments combustibles irradiés (REP et RNR) qui a été mis en service, il y a quelque 30 ans. Ce sont d'ailleurs les éléments combustibles UNGG qu'il avait la charge d'examiner à ses débuts, qui seront traités dans STAR. Le LECA comprend 10 cellules principales à parois de béton lourd et 5 cellules de plus petite taille avec des parois en plomb.

Durant ses 30 années d'exploitation, le LECA n'a pas connu de situations dégradées d'une gravité majeure et aucune n'a affecté l'environnement. Toutefois son niveau de sûreté est nettement perfectible. L'étanchéité statique n'est pas fameuse et on enregistre de fait la perte de la dépression en cellules, une fraction de seconde après l'arrêt de la ventilation. La ventilation garante du confinement dynamique ne possède qu'un seul niveau de filtration absolu et n'est que partiellement redondante. Il n'y a pas de garantie quand au maintien de son efficacité en cas d'incendie en cellule. La tenue au séisme du LECA ne peut non plus être considérée comme satisfaisante avec une intensité calculée maximale supportable de 5 à comparer au séisme majoré de sécurité (SMS) retenu sur Cadarache de 9 sur l'échelle MSK. Enfin, la contamination de ses cellules est assez importante, ce qui constitue un terme source inacceptable pour l'environnement en cas de sinistre majeur (séisme ou incendie).

Objectifs de la rénovation du LECA

L'absence de conséquences pour l'environnement des différents incidents enregistrés au cours de la trentaine d'années d'exploitation indique qu'il n'est pas indispensable de remettre en cause la conception globale du LECA. Mais le niveau de sûreté du LECA, tel que nous l'avons succinctement décrit dans le paragraphe précédent, n'apparaît plus satisfaisant à la lumière des nouveaux standards de sûreté. Or, la continuité de l'exploitation à un rythme suivi du LECA tant pour la compétence de ses équipes que pour ses moyens techniques reste une priorité à court terme (5 ans), et à moyen terme (15 ans) dans le cadre de la réflexion en cours sur la rationalisation des moyens lourds d'examen du CEA (laboratoires chauds). C'est pour prévenir les contraintes inévitables sur l'exploitation qu'entraîneraient à terme les exigences légitimes de nos autorités de sûreté, que cette rénovation nous est apparue comme une nécessité.

Ensuite, un besoin de cohérence est né de la présence de STAR au sein de l'INB 55. Des écarts aussi importants en matière de sûreté entre les 2 laboratoires, exploités quasiment par un même personnel, nous ont fait craindre des dérives préjudiciables à la sûreté globale d'exploitation. Sachant qu'un effort de formation et un temps conséquents sont nécessaires à nos équipes pour intégrer une culture de sûreté spécifique à l'installation, d'en maintenir 2 nous a paru pouvoir générer des déséquilibres dangereux.

Considérations de sûreté

Comme pour toutes installations manipulant des matières radioactives, c'est le risque dissémination de ces matières qui arrive en premier lieu dans l'analyse, du fait des conséquences qu'il entraîne à la fois aux personnels d'exploitation et à l'environnement. Parmi les éléments concourant à la maîtrise de ce risque, c'est l'amélioration des conséquences en cas de séisme qui est ressortie comme le point stratégique. De là, on a suivi deux approches: Soit on renforce le bâtiment et ces cellules afin de maintenir le confinement et les principales fonctions de sûreté, soit on diminue drastiquement le terme source susceptible de résulter de la destruction du laboratoire par un séisme. Ceci signifie d'une part la décontamination générale de l'ensemble des cellules mais d'autre part la mise en place de règles d'exploitation limitant les quantités de matières détenues par chaque cellule et assurant le maintien de niveaux faibles de contamination. Les réflexions actuelles tendent à montrer que la seconde approche ne paraît pas viable. Tout d'abord, tant le niveau de contamination que les quantités de matières maxima pour un terme source acceptable, ne sont pas compatibles avec les besoins expérimentaux du LECA. Ensuite, au delà même des problèmes de coûts d'amortissement, seule l'assurance d'une certaine tenue au séisme garantit aux autres actions d'amélioration une pérennité sans laquelle elles perdent beaucoup de leur intérêt puisqu'elles disparaîtront ipso facto avec le séisme.

Les études de la tenue au séisme ont fait craindre que les actions de renforcement de génie civil du bâtiment aient une efficacité relativement limitée à moins de coûts démesurés avec l'enjeu. Néanmoins, ces premières évaluations montrent que des renforcements sommaires de génie civil permettent de gagner 2 à 3 niveaux d'intensité de séisme sur l'échelle MSK, au moins pour les cellules. Si atteindre une résistance au séisme de l'ensemble à un niveau satisfaisant s'avérait effectivement hors de portée, la stratégie serait donc de porter l'effort sur le renforcement de la structure des cellules elles-mêmes afin qu'elles puissent subir leur propre chute et tolérer la chute d'organes du bâtiments tout en maintenant leur intégrité, c'est à dire sans que leur capacité de confinement statique soit altérée. On maintiendrait alors une politique volontariste de réduction du terme source en complément de cette option, mais les exigences de niveau étant moindres, elles seraient compatibles avec les contraintes d'expérimentation.

L'augmentation de la qualité du confinement en fonctionnement normal ou faiblement dégradé arrive en second. On prévoit l'installation de 2 niveaux de filtration, dont un au plus près des cellule pour limiter l'exposition externe du personnel dans les opérations de maintenance. Comme pour STAR, les cellules et le reste du bâtiment ont leurs propres systèmes de ventilation avec redondance à 100% et séparation des alimentations électriques. Une attention particulière est portée à l'incendie avec des systèmes de détection triples et un souci de diminuer les risques et les charges calorifiques dans l'installation. Par exemple, les câbles électriques seront tous remplacés par des câbles ininflammables et les systèmes électriques de puissance, transformateurs notamment, seront placés en dehors du bâtiment.

Enfin, on termine les actions de type constructif de rénovation du laboratoire avec la suppression des pannes de mode commun, en particulier au niveau des alimentations électriques et des lignes d'alarme.

Stratégie de rénovation et impact sur l'exploitation

La démarche explicitée vis à vis du séisme place donc le concepteur face à deux alternatives: Ou bien, il est possible dans une enveloppe de coût acceptable de remonter le

niveau de résistance au séisme de l'ensemble d'un laboratoire et on procède alors à la rénovation d'ensemble. Ou alors, on aboutit à un coût d'amortissement nettement supérieur à celui d'un laboratoire neuf et on se replie sur un renforcement simple des cellules avec une analyse de sûreté prenant en compte la possible défaillance des autres systèmes de sécurité en cas de séisme. Dans cette dernière alternative, pour une réduction des coûts, il y a également la possibilité de ne rénover qu'une partie des cellules et de ne procéder dans les autres qu'à des travaux très peu contaminants. Cette dernière option procède finalement de la même démarche qu'adapter les règles d'exploitation

Au stade actuel de la réflexion, il est difficile d'évaluer les différences entre les deux options en terme de planification. Ce programme, s'il est appliqué au LECA, devrait se répartir au moins sur 6 années environ pour ne pas trop interférer avec les examens d'éléments combustibles qui doivent se poursuivre. Il n'est pas certain que les travaux de renforcement de génie civil soient les plus pénalisants du point de vue de l'exploitation du laboratoire. Par contre, les décontamination de cellules ainsi que les rénovations des systèmes de ventilation seront génératrices d'arrêt complet de l'exploitation des cellules impliquées. Un arrêt équivalent de 4 mois par an réparti sur la globalité est estimé au total pour cette rénovation.

CONCLUSION

Dans chacune des approches, construire un laboratoire neuf ou en rénover un ancien, c'est bien le risque de dissémination des matières radioactives manipulées qui est au centre des préoccupations de sûreté d'exploitation. Il s'ensuit que la tenue au séisme est la première des assurances à obtenir quelle que soit l'approche. D'une part l'étanchéité statique des cellules contenant les matières est acquise mais également la pérennité des autres systèmes de sécurité se trouve garantie pendant et après séisme.

Dans le cas d'une installation neuve, c'est une règle de construction s'ajoutant aux autres. Dans le cas d'une installation ancienne, par essence non prévue pour cela, l'approche devient *technico-économique*. Il semble toutefois que dans notre cas, c'est à dire avec des exigences de tenue au séisme particulièrement élevées, il vaille mieux s'en tenir à un compromis entre renforcements sommaires suffisant pour préserver l'étanchéité statique de tout ou partie des cellules durant un séisme et adaptation des règles d'exploitation nécessairement plus contraignantes vis à vis des capacités et de la souplesse d'expérimentation du laboratoire.