

**Audience de la CCSN pour examiner la demande d'EACL pour
refaire réalimenter le réacteur national de recherche universel
(réacteur NRU)**

Observations préliminaires

M. Bill Pilkington
Vice-président principal et agent principal du nucléaire

EACL
Présentation devant la CCSN

Ottawa
5 juillet 2010

[Diapositive 1 – Diapositive titre]

Bon après-midi D^r Binder et membres de la Commission. Je m'appelle Bill Pilkington et je suis vice-président principal et agent principal du nucléaire. Comme M. MacDiarmid l'a mentionné, nous sommes ici pour vous présenter une mise à jour sur nos progrès dans la réparation du caisson du réacteur NRU et sur les opérations visant à remettre le réacteur en service.

[Diapositive 2 – Aperçu]--

Mes considérations suivront l'aperçu présenté sur la diapositive, en portant une attention particulière aux réparations effectuées, aux activités futures et aux raisons pour lesquelles nous sommes confiants que le réacteur peut être remis en service de façon sécuritaire.

[Diapositive 3 – Photos de la fuite dans l'espace annulaire et de la perforation à l'intérieur de la cuve]

Le 15 mai 2009, on a décelé une fuite d'eau lourde dans le réacteur NRU. On a déterminé que la fuite provenait de l'espace annulaire rempli de gaz qui se trouve entre le caisson du réacteur, qui est rempli d'eau lourde, et le réflecteur, lequel contient de l'eau légère. La photo du coin supérieur gauche montre l'eau qui suinte à travers la corrosion à la surface extérieure du caisson. Aucune perforation correspondante n'a pu être détectée à l'intérieur du caisson avant que la surface ne soit préparée pour fins de réparation (photo du coin inférieur droit). Les conséquences de cette fuite d'eau lourde ont été minimales parce que l'eau a été recueillie et stockée. Une certaine quantité de tritium provenant de l'évaporation s'est échappée par le système de ventilation du réacteur, mais la quantité est restée nettement sous les limites réglementaires.

[Diapositive 4 – Schéma et photo du réacteur]

Cette diapositive montre une photo du réacteur NRU et un schéma illustrant l'endroit de la fuite par rapport au point d'accès le plus rapproché sur la plateforme, à 9 mètres au-dessus du fond du caisson. L'accès à l'intérieur de celui-ci se fait par des ouvertures de 12 centimètres de diamètre (à peu près la taille de ma main). De plus, la plateforme du réacteur n'a que 3,7 m de diamètre, ce qui limite la superficie pour organiser et exécuter des travaux à l'intérieur du caisson. On peut se représenter les difficultés d'examiner et de réparer le caisson en imaginant qu'on répare le mur de la cave d'une maison de deux étages en travaillant à partir du toit et en passant par un tuyau de drainage. Dans le cas du caisson du réacteur, les travaux étaient encore plus difficiles en raison d'un rayonnement intense, qui est un danger pour le personnel et peut endommager le matériel électronique.

[Diapositive 5 – Schéma détaillé de l’endroit de la fuite]

Cette diapositive est un dessin détaillé de la base du caisson du réacteur qui montre l’espace annulaire, le réflecteur à eau légère et l’endroit de la fuite au bas de l’espace annulaire, indiqué par la flèche rouge. La flèche noire qui est en-dessous indique la position de la soudure circconférentielle à la base du caisson qui est utilisée comme hauteur de référence. On notera que la paroi du caisson s’épaissit en-dessous de la soudure circconférentielle. La surface interne du caisson était relativement propre et ne portait qu’une couche de 1 millimètre environ de gibbsite. La gibbsite est un produit de corrosion de l’aluminium qui se forme dans l’eau.

À l’extérieur du caisson, il y avait une accumulation de produits de corrosion sur la partie inférieure de la paroi, sur le fond de la goulotte à eau légère et sur la paroi du réflecteur. De plus, la goulotte à eau lourde était remplie de produits de corrosion et la corrosion avait fait disparaître la lèvre à certains endroits.

[Diapositive 6 – Évaluation de l'état du caisson]

La première opération visant à évaluer l'état du caisson du réacteur a été une inspection visuelle de toute sa circonférence. Les photos de cette diapositive montrent une équipe d'employés d'EACL utilisant une caméra télécommandée pour examiner le caisson. Cette inspection visuelle a été suivie d'une évaluation non destructive (END) exhaustive qui a duré plus de 5 mois et visait à déterminer l'épaisseur de la paroi du caisson. On a utilisé des sondes et des systèmes de distribution progressivement plus perfectionnés pour élargir la zone d'inspection et accroître la qualité des données. Cette END est l'une des plus vastes jamais effectuée dans l'industrie nucléaire sur un même réacteur, le nombre des points de données dépassant 2 millions.

[Diapositive 7 – Résultats END montrant l'amincissement de la paroi du caisson]

Cette diapositive est un composite des données END constituant une seule image d'une bande de la paroi du caisson partant juste en-dessous de la soudure circonférentielle inférieure et allant jusqu'à une hauteur d'environ 250 mm au-dessus de la soudure. L'épaisseur initiale de la paroi était de 8 mm comme l'indique le brun foncé qui devient plus foncé là où la paroi devient plus épaisse sous la soudure circonférentielle. Une teinte plus claire indique le degré d'amincissement de la paroi. Ailleurs dans la plus grande partie du caisson, l'épaisseur de la paroi dépasse 7 mm.

On a trouvé des parcelles d'amincissement de la paroi initiale à la base du caisson, allant du plancher de l'anneau en J jusqu'à 50 mm au-dessus de la soudure circonférentielle. Ces parcelles sont représentées par les parties pâles de la figure, avec certaines zones de corrosion bien localisées sous les parties de corrosion régionale. Les parties à signaler sont :

- JR-13/18, la plus grande zone de corrosion;
- les endroits de corrosion entre JR-21 et JR-30;

- l'endroit de la fuite à JR-41.

[Diapositive 8 – Exposé des activités de réparation du caisson]

Compte tenu des problèmes posés par la grande intensité du rayonnement et les limites des moyens d'accès, on a choisi une technologie éprouvée de soudage à distance pour la réparation. Toutes les opérations devaient être effectuées à 9 mètres de distance par une ouverture de 12 cm. La photo montre la congestion sur le dessus du réacteur NRU pour effectuer les travaux à l'intérieur du caisson. En parallèle, on a effectué des opérations de réparation mécanique, de soudage de plaques structurales et de soudage de renforcement. Toutes se sont révélées utiles. En novembre 2009, le soudage de renforcement localisé a été choisi comme principale stratégie de réparation. Avant de se pencher sur le réacteur, on a mené des exercices de qualification et d'apprentissage intensifs sous la forme d'essais au banc et de tests intégrés sur des maquettes pleine grandeur. Des centaines d'employés d'EACL et des

entrepreneurs ont travaillé sans arrêt durant plus d'une année. Pendant toute la durée de l'inspection, de la mise au point de l'outillage et des réparations, plus de 350 employés des entrepreneurs ont fourni des outils et des services.

[Diapositive 9 – Photo d'une maquette]

On a construit un certain nombre de maquettes pour mettre au point et tester l'outillage et les procédures. La photo représente une maquette grandeur nature dans la salle du réacteur NRX. On a construit une autre maquette grandeur nature, partielle celle-là, dans le bâtiment de conception de l'équipement mécanique, pour tester l'outillage mis au point aux Laboratoires de Chalk River, et trois stations grandeur nature ont été installées chez le fournisseur de la technologie de soudage, Liburdi Automation. On y a pratiqué une ouverture dans le toit sur laquelle on a érigé une tente pour abriter les stations de commande des opérations de soudure et y installer l'outillage sur toute sa hauteur. En outre, on a construit trois maquettes pleine grandeur à côté du caisson du réacteur NRU

pour la mise au point de la technique de soudure et l'apprentissage connexe avec les outils à utiliser dans le caisson.

[Diapositive 10 – Prélèvement d'échantillons de la paroi du caisson]

Il fallait obtenir un coupon sur toute l'épaisseur de la paroi pour déterminer le mécanisme de corrosion qui a causé de profondes pénétrations comme celle à l'origine de la fuite. Sur la photo de gauche, la scie de perforation pour découper le coupon est testée sur une maquette. La tête de coupe est encadrée de bleu. L'outil est conçu pour pouvoir être replié et passer dans l'ouverture de 12 cm, puis se déployer à l'intérieur du caisson.

À l'intérieur du caisson, l'irradiation a modifié les propriétés initiales des matériaux par transmutation et modification des microstructures. L'outillage a été développé de façon à prélever par raclage sur la paroi du caisson de minces échantillons à peu près de la taille d'une pièce de vingt-cinq cents. Sur la photo de

droite, la roue de coupe est encerclée de vert et les sites de prélèvement sont encadrés de bleu. Chaque prélèvement est suffisamment grand pour que l'on puisse étudier les propriétés du matériau sans que l'on ait à réparer le caisson. Les échantillons raclés ont été utilisés pour confirmer l'absence de sensibilisation du matériau ou de corrosion intergranulaire, et déterminer les propriétés mécaniques du matériau pour l'analyse de la structure et le soudage. En outre, on a effectué un test de soudure sur un échantillon qui avait été sectionné, afin d'examiner les propriétés de la soudure et de sa zone thermiquement affectée.

[Diapositive 11 – Prélèvements de raclage et coupon]

La photo du coin supérieur gauche montre l'endroit où ont été effectués les prélèvements dans la paroi du caisson, dans le matériau même de la paroi, dans la soudure et dans la zone thermiquement affectée de l'une des soudures verticales. La photo en-dessous montre l'un des échantillons prélevés qui a été déposé dans un porte-échantillon métallique.

La photo du coin supérieur droit montre l'ouverture pratiquée pour prélever le coupon à l'intérieur même du caisson, près de l'endroit de la fuite. On peut voir la corrosion dans l'anneau en J. La photo du coin inférieur droit est le coupon dans l'outil de coupe et on peut voir la corrosion à sa surface.

[Diapositive 12 – Outil de nettoyage du caisson]

Il a fallu utiliser un outil spécialisé pour nettoyer la paroi du caisson en préparation du soudage et pour y procéder à un nettoyage par aspiration une fois les réparations achevées. La photo de gauche montre des employés qui manipulent un outil

dans une ouverture de 12 cm, avec à gauche le dispositif de positionnement de l'outil de nettoyage. La photo de droite représente la tête d'un outil de nettoyage durant un test sur une maquette.

[Diapositive 13 – Modèles CAO d'outils de soudage]

Un certain nombre d'outils différents ont été mis au point pour les besoins des réparations, entre autres de gauche à droite, un outil de meulage, un outil de positionnement de plaques et un outil de soudage vertical. Le schéma de droite montre comment les outils ont été conçus pour passer dans l'ouverture de 12 cm, contourner les obstructions à l'intérieur du caisson, et se déployer avec précision et fiabilité sur la paroi. Ces outils devaient également répondre aux exigences rigoureuses d'EACL pour usage à l'intérieur d'un réacteur, subir des inspections d'exclusion de matières étrangères et se replier de façon fiable pour pouvoir sortir du caisson après l'exécution de leur tâche.

[Diapositive 14 – Outils de soudage dans une maquette]

On a fait un grand usage de maquettes pour s'assurer de pouvoir exécuter de façon fiable des opérations de soudage de grande qualité. Pour le site de réparation final, on a soudé 100 plaques d'essai dans les maquettes avant d'effectuer la réparation du caisson.

[Diapositive 15 – Endroits où une réparation était nécessaire]

On a utilisé une évaluation préliminaire de l'aptitude fonctionnelle pour déterminer les endroits sur la paroi du caisson où il fallait procéder à une réparation pour rétablir l'étanchéité, l'intégrité structurale et la surépaisseur anticorrosion. La diapositive montre les endroits des 10 sites de réparation ainsi que l'endroit d'une soudure de test. Ces zones sont encadrées de rouge.

[Diapositive 16 – Photo d’une soudure de test]

À chaque site de réparation, il y a une séquence complexe de développements concernant la soudure, la vérification des qualifications du soudeur et les tests de fiabilité, les tests d’intégration, les travaux de réparation, l’évaluation non destructive (END) et la certification de la réparation.

Avant d’entreprendre toute réparation, on a démontré la faisabilité du soudage à l’intérieur du caisson au moyen d’une soudure de test effectuée le 3 décembre 2009. Une END intégrale a confirmé que cette soudure était acceptable. En outre, par raclage on a prélevé un échantillon afin d’examiner l’état de la matière de soudage et de la zone affectée par la chaleur qui est voisine de la soudure. Les résultats métallographiques ont été examinés par EACL et des experts extérieurs en matériaux et en soudage pour confirmer que l’état des matériaux était acceptable et que les réparations pouvaient être effectuées.

[Diapositive 17 – Soudures de renforcement horizontales et verticales]

La technologie de réparation de base utilisée pour épaissir la paroi et rétablir la résistance mécanique a été la soudure par chargement. Le chargement peut être vertical ou horizontal, selon les caractéristiques désirées et les contraintes imposées dans le caisson. En décembre, les soudures ont été effectuées à cinq endroits et une END a confirmé la qualité des réparations. Les attentes étaient que, à mesure que les soudeurs acquerraient de l'expérience, leur compétence et leur confiance se développeraient et compenseraient les défis posés par l'augmentation de la taille des sites à réparer ultérieurement. Cependant, une approche prudente et rigoureuse pour les sites plus étendus et plus complexes a exigé une procédure de réparation particulière pour chaque site.

[Diapositive 18 – Réparation par soudure à JR-41]

JR-41 est l'endroit de la fuite initiale et celui où on a enlevé un coupon sur toute l'épaisseur de la paroi pour déterminer la nature du mécanisme qui cause de profondes couches de corrosion. On a utilisé une bande de renforcement de 1,5 mm d'épaisseur pour couvrir l'orifice à l'endroit de la fuite et le site adjacent où le coupon a été enlevé.

- La photo du coin supérieur gauche montre la fixation en place de la bande de renforcement.
- La photo en-dessous montre les punaises et les soudures d'angle supplémentaires utilisées pour fixer la bande de renforcement.
- La photo de droite montre les soudures de renforcement qui ont achevé la réparation.

[Diapositive 19 – Réparation par soudure à JR-23]

En plus de réparer les perforations à JR-41, on a utilisé des bandes de renforcement des soudures dans les régions où la paroi du caisson est très mince. À JR-23, on a atteint les limites

d'application de cette technologie de réparation. En raison de la minceur de la paroi, il était très difficile d'effectuer une réparation de qualité. On a mis au point un nouveau concept pour obtenir des réparations qui peuvent être répétées. Il consiste à utiliser un cadre de soudures de renforcement autour des plaques, comme le montre la photo du centre, puis un placage de soudure des plaques par chargement, et finalement un cadre pour achever la réparation comme on le voit sur la photo de droite.

JR-23 a été le dernier site où on a pu utiliser un plein placage de soudure par chargement parce que, pour les zones de soudure plus étendues, les contraintes s'approchaient des limites fixées pour éviter de perturber le joint d'étanchéité inférieur du caisson.

[Diapositive 20 – Plaques structurales]

Pour les réparations plus étendues, on a soudé des plaques structurales au caisson afin de réduire l'étendue du placage de soudure par chargement ainsi que les contraintes résultantes.

Dans ce cas, les plaques sont plus épaisses et conçues pour rétablir la résistance mécanique de la paroi du caisson sans recours à un placage de soudure.

La première réparation a eu lieu au site JR-25/27 et on a utilisé quatre plaques de 3 mm d'épaisseur. Les outils d'installation des plaques ont dû être modifiés pour fixer les plaques en place par des punaises comme on le voit sur la photo de droite prise dans le caisson après l'installation des plaques. Il a également fallu mettre au point de nouvelles techniques de soudure et d'évaluation non destructive pour obtenir des soudures structurales efficaces sur les bords des plaques et entre les plaques.

La photo de gauche montre la plaque d'essai 24 dans une maquette une fois sa fixation terminée. En tout, on a fixé plus de 30 plaques d'essai avant de procéder à la réparation au point JR-25/27 du caisson.

[Diapositive 21 – Réparation finale à JR-13/17]

JR-13/17 a été la dernière réparation et la plus complexe, couvrant une zone plus de deux fois la taille de la réparation la plus étendue jusque-là. Pour comprendre la discussion qui suit, vous devez savoir que les plaques ont été numérotées par ordre d'installation, en lignes verticales, à partir du coin supérieur gauche.

--- **Montrez la méthode de numérotation des plaques**

On a utilisé une matrice 3 × 3 de plaques structurales de 4 mm d'épaisseur pour réduire la contrainte du soudage sur le joint d'étanchéité inférieur du caisson. Cela a été un changement par rapport aux réparations antérieures, et il fallait mettre au point neuf processus de soudage particuliers ainsi que des procédures END pour les soudures sur chanfrein entre les plaques.

La photo du coin supérieur gauche montre 8 des 9 plaques déjà installées. La punaise de la sixième plaque a fondu à cause de l'amincissement de la paroi du caisson, ce qui a exigé un changement au placement de la neuvième plaque.

La photo du coin inférieur gauche montre l'installation complexe des plaques et le « cadre » horizontal et vertical des soudures de renforcement de 4 mm dans le caisson.

La photo de droite montre l'addition d'une grande zone de soudures de renforcement horizontales de 3 mm sur le côté gauche pour terminer la réparation.

JR-13/17 est le seul site de réparation ayant exigé des travaux de reprise importants après l'achèvement du soudage initial.

Des tests par courants de Foucault après la soudure ont montré l'existence d'une fissure de surface entre les plaques 5 et 6 qui descendait entre les plaques 6 et 9, le tout dans le coin inférieur droit de la zone réparée.

[Diapositive 22 – Fissure à JR-13/17]

Une inspection visuelle de suivi a révélé l'existence d'une fissure dans les soudures sur chanfrein. On croit qu'elle s'est produite durant l'exécution des soudures de renforcement étendues du côté gauche de la zone de réparation JR-13/17. On

pense que cette fissure a été causée par un déplacement durant l'exécution des soudures, comme le montre le modèle à éléments finis, ainsi que par un manque de soudure. À noter que les déviations dans le modèle à éléments finis ont été exagérées pour les rendre visibles sur cette figure.

Les extrémités des deux fissures horizontales et de la fissure verticale ont été meulées et soudées. Les fissures ont ensuite été creusées sur toute leur longueur jusqu'à une profondeur de 2 mm, puis ressoudées. Il a fallu s'y prendre à deux fois pour obtenir une soudure acceptable. Des parties de la soudure de reprise ont ensuite été meulées pour améliorer la capacité END.

La zone de réparation R-13/17 a ensuite subi une nouvelle inspection visuelle sur toute son étendue. On a repris les tests par courants de Foucault sur la zone de réparation ainsi que sur la soudure sur chanfrein entre les plaques 7 et 8.

Avant de déclarer que les réparations étaient terminées, étant donné les difficultés et la complexité de la réparation du site R-13/17, on a tenu un atelier où ont participé des experts

internes et de l'extérieur pour déterminer si des réparations et des inspections suffisantes avaient été effectuées pour garantir une réparation de qualité. D'un commun accord on a jugé que la réparation était terminée.

[Diapositive 23 – Résultats de l'inspection des soudures (tableau sommaire)]

Les résultats des inspections effectuées après le soudage ont démontré que le programme de réparation par soudure était une réussite. Les services techniques ont évalué les petites zones de manque de soudure et déterminé qu'elles ne nuisaient pas à l'efficacité de la réparation. Une indication à signaler a été constatée dans la zone affectée par la chaleur de la réparation JR-23; elle nécessitera une surveillance de suivi.

[Diapositive 24 – Résultats des tests d'étanchéité]

Après la déclaration que les réparations étaient terminées, on a rempli d'eau le caisson du réacteur NRU. Un test d'étanchéité

en service effectué en présence de l'autorité responsable n'a révélé l'existence d'aucune fuite d'eau dans le caisson. On a mesuré des traces de tritium dans l'anneau en J entre le caisson et le réflecteur durant le remplissage du caisson, mais il n'y avait aucun signe d'humidité. Une surveillance continue durant plusieurs jours avec le caisson plein a indiqué que les concentrations de tritium évoluaient vers la concentration naturelle. Des inspections visuelles supplémentaires ont été effectuées sur l'intérieur du caisson dans la région où le tritium a été détecté et on n'a trouvé aucun défaut ou imperfection. Les concentrations de tritium mesurées sont restées voisines de la concentration naturelle quand on a rempli le caisson à nouveau après l'inspection visuelle.

[Diapositive 25 – Mécanisme de corrosion]

Nous nous tournerons maintenant vers la source de la dégradation du caisson du réacteur. On a identifié deux mécanismes de corrosion connexes.

Il y a d'abord eu au site de fuite JR-41 une perte de paroi régionale qui a entraîné la réduction « festonnée » illustrée de l'épaisseur de la paroi, la figure de gauche représentant les résultats END.

Ensuite, comme le montre la section du coupon enlevé au site JR-41, des poches de corrosion localisées peuvent se former sous l'amincissement régional de la paroi, à un niveau qui correspondrait au niveau de l'eau dans l'anneau.

[Diapositive 26 – Mécanisme de corrosion – Questions connexes]

Les indications obtenues à partir du coupon de corrosion et notre expérience avec la corrosion dans l'anneau entre le caisson et le réflecteur nous portent à croire que la corrosion régionale et les poches de corrosion localisées sont dues à l'acide nitrique formé par l'irradiation de l'air en présence de l'eau légère provenant des fuites dans le réflecteur. On injecte du dioxyde de carbone dans l'anneau pour y déplacer l'air, mais la distribution n'a pas toujours été efficace.

La corrosion régionale, que l'on voit ici dans les résultats END pour JR-13/17, est due au contact de l'eau acide avec le caisson, par exemple par giclage ou pulvérisation.

Les poches de corrosion, représentées dans la vue agrandie des résultats END pour JR-41, sont dues à une cellule électrochimique où l'eau acide coulant le long de la paroi du caisson rejoint l'eau riche en oxygène provenant des fuites du réflecteur. L'analyse du coupon enlevé à JR-41 a confirmé qu'aucun autre contaminant (cuivre, fer, indium) n'entretenait le processus électrochimique.

[Diapositive 27 – Anneau du caisson – Prévention de la corrosion]

La série de photos entre le coin supérieur gauche et le coin inférieur droit montre l'état de l'anneau en J : lors de l'installation du caisson, puis une zone de corrosion type, ensuite une corrosion plus grande à l'endroit de la fuite, et

finalement l'amélioration obtenue par le traitement à vide de l'anneau.

La stratégie pour réduire et stopper la corrosion est basée sur la réduction des afflux d'air et d'eau. Des mesures ont été immédiatement prises pour colmater les fuites d'eau et dégager les drains afin d'éliminer les accumulations et le giclage sur la paroi du caisson. Des mesures ont également été prises pour réduire les fuites d'air et améliorer la distribution de CO₂.

À l'avenir, la pureté du CO₂ et le pH de l'eau drainée de l'anneau seront étroitement surveillés. Des améliorations physiques durant les arrêts réguliers prévus pour l'entretien permettront de réduire davantage les afflux d'eau et d'air.

D'autres mesures d'atténuation sont présentement examinées, dont la pulvérisation à froid d'une couche d'aluminium sacrificielle, le colmatage des fuites dans le réflecteur et des modifications de la composition chimique de l'eau du réflecteur.

[Diapositive 28 – Évaluations de l'état]

Compte tenu que l'évaluation de l'état du caisson effectuée en 2004-2005 ne laissait pas présager l'apparition de la corrosion, EACL a pris des mesures pour que les évaluations des autres systèmes du réacteur NRU ne causent aucune préoccupation. D'abord, le processus d'évaluation de l'état a été passé en revue pour s'assurer qu'il n'y a aucun problème générique connexe et aucun problème n'a été décelé. Ensuite, un examen indépendant a été effectué par un comité d'experts pour valider les résultats des évaluations de l'état et aucune autre lacune concernant la sûreté n'a été décelée.

À l'avenir, l'examen intégré de la sûreté présentement en cours concernant le renouvellement des licences comblera les lacunes dans les codes et normes modernes. Le Programme de fiabilité de l'approvisionnement en isotopes améliore la gestion de la durée de vie des centrales et, entre autres, le programme d'entretien et la surveillance de l'état des systèmes.

[Diapositive 29 – Capacité de reprise du service du réacteur NRU]

Dans l'évaluation de la capacité de reprise du service du caisson du réacteur, la corrosion régionale a diminué la capacité du caisson à supporter les charges imposées. Le graphe supérieur sur la diapositive montre les résultats d'une analyse par éléments finis utilisée pour localiser les endroits nécessitant une réparation. Le graphe inférieur montre une performance mécanique acceptable après les réparations.

La capacité continue de reprise du service sera vérifiée par des inspections durant les interruptions de service pour l'entretien planifié.

À l'avenir, on augmentera la fiabilité des opérations du réacteur NRU en allongeant les arrêts de service pour l'entretien planifié. Ces arrêts plus longs commenceront au plus tard neuf mois après la remise en service et auront lieu annuellement par la suite, sous réserve d'examen basés sur la performance du réacteur et selon l'expérience acquise lors des arrêts de service. La durée des arrêts annuels pour l'entretien sera déterminée

par des activités de cheminement critique et devrait être de quatre semaines environ.

[Diapositive 30 – Élimination des poches de corrosion]

On surveillera l'épaisseur de la paroi par des inspections en service, ce qui permettra de garantir une intégrité structurale permanente. Le programme d'inspection et une atténuation continue réduisent la possibilité d'apparition de poches de corrosion très localisées, sans toutefois l'éliminer. Ces poches de corrosion ne dégradent pas l'intégrité structurale, mais pourraient entraîner une fuite d'eau lourde. Des outils sont en cours d'élaboration pour effectuer une réparation mécanique en cas de petite fuite sans qu'il soit nécessaire de décharger le réacteur de son combustible et de le drainer.

[Diapositive 31 – Améliorations organisationnelles]

Les causes de la fuite du réacteur NRU ont été examinées et ont été jugées compatibles avec les possibilités d'amélioration

établies dans une enquête sur la culture de la sécurité en 2008-2009. Des mesures correctives ont été incorporées au programme d'amélioration d'EACL appelé Voyageur Phase II. Dans ses grandes lignes, ce programme vise :

1. à améliorer la fiabilité de l'équipement pour en réduire les défaillances et améliorer les programmes d'entretien, les pièces de rechange et la surveillance de l'état des systèmes;
2. à renforcer les comportements organisationnels souhaitables, comme une attitude de remise en question, et l'utilisation d'outils menant à une exploitation exempte d'incidents;
3. à améliorer la détection des problèmes et les mesures correctives afin de détecter et de résoudre méthodiquement les problèmes non graves;
4. à améliorer l'utilisation de l'expérience opérationnelle pour tirer des leçons des incidents internes et externes;
5. à améliorer les normes d'exploitation, par exemple en améliorant le respect des procédures, la planification des

arrêts de service et le processus d'examen par des pairs de la WANO;

6. à améliorer le leadership et la supervision par le renforcement de notre Leadership Academy, un changement d'administration, de meilleures observations et une assistance professionnelle.

Les mesures d'amélioration porteront entre autres sur la remise à zéro de la comptabilisation des jours sans incident au niveau des sites et du Ministère, des enquêtes provisoires sur la culture de la sécurité, des indicateurs de fiabilité de l'équipement et un indice de l'état des systèmes pour le Programme de mesures correctives.

Le Programme de fiabilité de l'approvisionnement en isotopes (PFAI) financera les ressources humaines, les mises à niveau de l'équipement pour faire face aux problèmes d'obsolescence et d'équivalence, les pièces de rechange et les améliorations aux programmes.

[Diapositive 32 – Programme d’activités pendant l’arrêt prolongé]

L’arrêt du réacteur NRU a permis d’effectuer les opérations d’entretien et d’inspection qui ne peuvent être effectuées durant un cycle d’exploitation normal. En ce qui concerne la sûreté et la fiabilité, on a apporté des améliorations au système de refroidissement principal à l’eau lourde, au système de refroidissement à l’eau ordinaire, au château de barres de combustible et au système de barres de commande.

Toutes les autres activités d’entretien exigeant le drainage du réacteur et le déchargement de son combustible sont achevées.

Pour donner suite aux conclusions des inspections par le personnel de la CCSN, on a procédé à des promenades exhaustives dans le système lors des sept améliorations à la sûreté du réacteur NRU durant son arrêt, et toutes les conclusions ont été examinées et prises en considération.

Dans l'exécution du programme de remise en service du réacteur NRU, on vérifiera que les améliorations à la sûreté sont complètement opérationnelles, qu'elles ont été intégralement testées et qu'elles sont entièrement capables de remplir leurs fonctions en matière de sûreté.

[Diapositive 33 – Remise en service]

Le programme de remise en service du réacteur NRU fera en sorte que tous les systèmes seront complètement opérationnels et auront subi des tests complets. Un plan intégré détaillé a été établi pour toutes les activités d'entretien, de test, de configuration des systèmes et de formation, et il est en cours d'exécution comme l'indique la courbe d'avancement des activités. Une équipe spécialisée a été formée en septembre 2009 pour établir les procédures étape par étape fondées sur des listes de vérification qui sont nécessaires pour remettre les systèmes en service de façon sûre et efficace. L'expérience opérationnelle de la remise en marche de 1991 a été examinée et incorporée à l'élaboration des procédures et

des listes de vérification. Plus de 2 000 activités ont été répertoriées et ordonnancées. La remise en service est assistée par un centre spécialisé de contrôle des arrêts, et par des équipes d'entretien ponctuel, qui sont chargées de résoudre les problèmes nouveaux pouvant survenir dans un équipement inutilisé pendant un an.

[Diapositive 34 – Activités de formation]

La formation liée à la remise en service du réacteur NRU comprend une formation de mise à jour sur les nouvelles procédures élaborées en rapport avec les activités de remise en marche, et un recyclage concernant des activités non effectuées de façon régulière durant la période d'arrêt. La durée de cette formation a été choisie de façon à en maximiser le rendement. Le graphe représente les quelque 400 activités de formation liées au remplissage du caisson du réacteur. D'autres programmes similaires sont en cours d'exécution avant le début des activités de réalimentation et avant la

remise en marche du réacteur en vue d'une exploitation à faible puissance.

[Diapositive 35 – Garantie de performance du combustible]

Dans les mois qui ont précédé l'arrêt du 14 mai 2009, on avait certaines raisons de penser qu'il y avait un ou plusieurs défauts dans le combustible nourricier du réacteur NRU. Le combustible nourricier actuel a eu une excellente performance depuis son introduction dans le réacteur NRU au début des années 1990. Avant que n'apparaissent les problèmes dans le caloporteur vers la fin de 2008, aucun défaut n'avait été signalé.

Le combustible suspect a été retiré du réacteur de janvier à mars 2009 et l'activité des produits de fission dans le caloporteur diminuait, ce qui était compatible avec la disparition des défauts du cœur du réacteur. Un examen du combustible suspect enlevé a confirmé que celui-ci avait des défauts. On a trouvé quatre défauts en tout, tous semblables à celui illustré sur la diapositive. Ils se produisent aux extrémités

des éléments combustibles sous la forme d'un écartement de la gaine de combustible d'aluminium à un endroit où la gaine s'est bombée.

Le mécanisme à l'origine des défauts semble être à l'œuvre tôt dans la période de service du combustible. Les défauts se limitent au combustible fabriqué avant février 2008. Selon l'endroit et la nature des défauts, la cause la plus probable est une contamination organique introduite au cours de la fabrication.

Aucun combustible provenant des lots connus pour avoir des défauts ne sera rechargé dans le réacteur pour la remise en marche de celui-ci. Des mesures ont été prises pour que la probabilité de défaillance du combustible après la remise en marche soit suffisamment faible. La plus grande partie du combustible à recharger se trouvait dans le réacteur au moment de l'arrêt et sa performance était bonne.

Comme autre mesure de prévoyance, on a amélioré la procédure d'intervention en cas d'une augmentation d'activité dans le caloporteur, ce qui pourrait être une indication d'un

nouveau défaut, afin de garantir que des mesures appropriées seront prises dans le cas peu probable de défauts futurs du combustible.

[Diapositive 36 – Tremblement de terre du 23 juin]

Le tremblement de terre du 23 juin avait une magnitude 5 et son épicentre était au nord d'Ottawa. Il y a une station de surveillance sismique du gouvernement du Canada au site des LCR. L'accélération maximale du sol à ce site était de 0,006 g , où g est l'accélération due à la pesanteur, ce qui correspondrait à un tremblement de terre d'une magnitude entre 3 et 4 centré à Chalk River. Les fonctions de sûreté du réacteur ont été établies pour un tremblement de terre de magnitude 6. En outre, le seuil de déclenchement sismique du réacteur a été fixé à 0,06 g .

Après le tremblement de terre, les installations et les bâtiments nucléaires ont fait l'objet de promenades par les services des

opérations et ont été évalués par les services techniques pour confirmer qu'ils n'avaient subi aucun dommage.

Le test d'étanchéité en service était en cours au moment du tremblement de terre. Pour s'assurer de l'intégrité du caisson, on a réinspecté les zones dont on avait terminé l'inspection. De plus, on a drainé le caisson et on a procédé à une inspection visuelle supplémentaire qui a porté sur les sites de réparation les plus grands et aucune anomalie n'a été décelée.

[Diapositive 37 – Statut à jour et communication]

On a transmis au public et aux intervenants des mises à jour régulières, généralement sur une base hebdomadaire, pour les tenir informés des progrès. La mise à jour 63 a été publiée le 30 juin.

EACL a créé le site Web www.NRUCanada.ca en juillet 2009 et l'a fréquemment mis à jour pour bien renseigner tous les intervenants.

On fait des exposés hebdomadaires avec de hauts fonctionnaires du gouvernement pour faire rapport sur les progrès dans les réparations et la remise en service.

Des conférences téléphoniques ont eu lieu avec des intervenants des services de santé et des représentants locaux quand il y a eu des développements importants avec répercussions possibles sur leurs électeurs, par exemple le prolongement du calendrier des réparations, ou des jalons majeurs comme l'achèvement d'une réparation.

Par l'entremise de l'Association of Imaging Producers & Equipment Suppliers (AIPES) dont le siège est à Bruxelles, EACL est régulièrement en communication avec les autres producteurs d'isotopes importants concernant les prévisions pour le retour du réacteur NRU à la production d'isotopes.

[Diapositive 38 – Résumé]

En résumé, le caisson du réacteur NRU a été réparé avec succès et peut être remis en service.

EACL croit que toutes les exigences pour remettre en marche le réacteur en toute sécurité ont été satisfaites.

Nous demandons respectueusement d'être autorisés à recharger le combustible sous condition sous-critique garantie, ce qui permettra une pleine remise en service et la reprise de l'exploitation du réacteur NRU et de la production d'isotopes médicaux.

Merci M. le président