



agence fédérale de contrôle nucléaire

Doel 1&2 et Tihange 1 : L'AFCN présente son analyse sur le dossier LTO d'Electrabel

03/07/2012

Long Term Operation (LTO) Doel 1&2 et Tihange 1:

L'AFCN présente son analyse sur le dossier LTO d'Electrabel

Table des matières

0. Préambule.....	2
1. Introduction	3
1.1. Contexte international : deux options pour la prolongation de l'exploitation des centrales nucléaires.....	3
1.2. En Belgique	3
2. Révision de la sûreté dans le cadre du LTO	4
2.1. Tous les 10 ans : Révision périodique de sûreté	4
2.2. Révision de la sûreté dans le cadre d'un LTO.....	4
3. Révision LTO : rappel du calendrier	5
4. Analyse de l'autorité de sûreté des dossiers LTO d'Electrabel.....	6
4.1. Conditions de base ou pré-conditions pour l'exploitation à long terme.....	7
4.1.1. Attentes définies dans la note stratégique [1]	7
4.1.2. Résumé du dossier LTO Electrabel [2], [3].....	7
4.1.3. Evaluation de l'autorité de sûreté (AFCN et Bel V) [4].....	7
4.2. Gestion de vieillissement	8
4.2.1. Attentes définies dans la note stratégique [1]	8
4.2.2. Résumé du dossier LTO Electrabel [2], [3].....	8
4.2.3. Evaluation de l'autorité de sûreté (AFCN et Bel V) [4].....	9
4.3. Design réévaluation	10
4.3.1. Attentes définies dans la note stratégique [1]	10
4.3.2. Résumé du dossier LTO Electrabel [2], [3].....	11
4.3.3. Evaluation de l'autorité de sûreté (AFCN et Bel V) [4].....	12
4.4. Gestion des compétences, des connaissances et du comportement.....	14
4.4.1. Résumé du dossier LTO Electrabel [2], [3].....	14
4.4.2. Evaluation de l'autorité de sûreté (AFCN et Bel V) [4].....	14
5. Prochaines étapes.....	16
Références.....	16
Annexe : Spécificités et historique de Doel 1, Doel 2 et Tihange 1	17

0. Préambule

Afin de pouvoir appliquer la future décision du Gouvernement sur l'avenir énergétique de la Belgique, l'Agence Fédérale de Contrôle Nucléaire (AFCN) a envisagé dès 2008 les deux scénarios suivants :

- la sortie progressive de l'énergie nucléaire à des fins de production industrielle après 40 ans d'exploitation (projet démantèlement),

ou

- la prolongation de l'exploitation des centrales nucléaires (projet « Long Term Operation » - LTO) dans le cas où le Gouvernement ferait usage des modalités définies à l'article 9 de la loi du 31 janvier 2003 sur la sortie progressive de l'énergie nucléaire à des fins de production industrielle d'électricité.

L'objectif de l'AFCN étant de pouvoir, dès 2015 :

- initier la mise à l'arrêt définitif et le démantèlement des trois réacteurs les plus anciens, en application de la loi du 31 janvier 2003,

ou

- s'assurer de la poursuite de l'exploitation des centrales nucléaires (LTO) avec un niveau de sûreté au minimum égal à celui prévu à la conception. Ce niveau doit en outre être revu à la hausse en fonction de l'évolution de la réglementation et des pratiques en vigueur.

Dans le cadre de la remise de conclusions de l'autorité de sûreté (AFCN et sa filiale technique Bel V) sur le dossier LTO d'Electrabel, l'AFCN rappelle ci-dessous le contexte et les étapes du processus dans lequel s'inscrit ce projet.

1. Introduction

1.1. Contexte international : deux options pour la prolongation de l'exploitation des centrales nucléaires

Au cours de ces dernières années, la possibilité d'exploiter des centrales nucléaires plus longtemps qu'initialement prévu à la conception a fait l'objet d'un intérêt accru au niveau international. Ce LTO (Long Term Operation) est défini comme suit par l'Agence internationale de l'Energie atomique (AIEA) :

"Long term operation is operation beyond an established timeframe set forth by, for example, licence term, design, standards, license and/or regulations, which has been justified by safety assessment with consideration given to life limiting processes and features of systems, structures and components".

De par le monde, il existe deux options majeures pour accorder une prolongation de l'exploitation d'une centrale au-delà du terme initialement considéré : au travers du renouvellement de l'autorisation ou au travers d'une révision périodique de sûreté. Dans les pays qui délivrent des autorisations fixant la durée de vie (par exemple aux Etats-Unis), l'autorisation doit être formellement renouvelée.

Les pays qui délivrent l'autorisation pour une durée indéterminée, comme par exemple la France et la plupart des pays européens, préfèrent généralement une révision périodique de la sûreté de l'installation pour évaluer si une poursuite de l'exploitation est possible. C'est dans ce cas de figure que la Belgique se situe.

Pour les deux options (nouvelle autorisation ou révision périodique), les exigences de sûreté et l'approche technique relatives à la gestion du vieillissement sont similaires (programme de maintenance préventive, programme de gestion du vieillissement, études ou calcul des incidences du vieillissement sur les composants spécifiques...). Pour les autorités de sûreté, il est particulièrement important d'évaluer le programme de gestion du vieillissement de l'exploitant et de contrôler la validité des prévisions, en termes de sûreté, concernant le vieillissement des systèmes, structures et composants.

Une différence entre les deux options est que, lors d'une révision périodique de sûreté, la conception de la centrale nucléaire est aussi réévaluée et au besoin améliorée afin d'augmenter le niveau de sûreté de l'établissement.

Afin de se préparer au scénario du LTO pour la Belgique, l'AFCN a, dès 2008, contacté des autorités de sûreté étrangères comme la NRC (Etats-Unis), l'ASN (France), le CSN (Espagne) et le VROM (Pays-Bas). Certains de ces pays ont en effet déjà accordé des prolongations de la durée de vie de centrales nucléaires ou ont pris des décisions en ce sens. L'AFCN a souhaité tenir compte de leurs expériences pour les intégrer dans son approche pour le Long Term Operation.

1.2. En Belgique

En 1975, à la création des centrales nucléaires belges, les autorisations d'exploitation délivrées aux centrales nucléaires ne comportaient pas de délai de validité et ne précisaient pas de durée de vie maximale de la centrale.

En 2003, la loi du 31 janvier 2003 sur la sortie progressive de l'énergie nucléaire à des fins de production industrielle d'électricité stipulera que les centrales nucléaires belges en activité doivent être mises hors service après 40 années d'exploitation. Selon cette loi, l'exploitation des trois premières centrales (Doel 1, Doel 2 et Tihange 1) doit normalement être terminée en 2015 et Electrabel doit entrer dans un processus de démantèlement pour celles-ci. Une note détaillant le processus de la mise à l'arrêt définitif et du démantèlement est disponible sur le site web de l'AFCN.

Pour faire face à un changement éventuel de la décision politique évoqué par le gouvernement précédent, changement allant dans le sens d'une prolongation de l'exploitation des ou de certaines centrales nucléaires, l'AFCN et sa filiale technique Bel V ont examiné les implications sur la sûreté d'une exploitation à long terme des premières centrales nucléaires belges. En tant qu'exploitant de ces centrales, Electrabel a, de son côté, entamé un projet LTO mené par une équipe multidisciplinaire.

2. Révision de la sûreté dans le cadre du LTO

2.1. Tous les 10 ans : Révision périodique de sûreté

Les autorisations d'exploitation délivrées à l'exploitant des centrales nucléaires belges imposent, tous les dix ans, une « révision périodique de sûreté ». Le système des révisions périodiques de sûreté constitue, au niveau international, une pratique répandue pour les établissements nucléaires. Conformément à la réglementation en vigueur et aux pratiques internationales, l'exploitant porte la responsabilité première de la révision périodique de sûreté. Les résultats de cette révision périodique de sûreté sont vérifiés et évalués par l'autorité de sûreté.

En Belgique, la 4^e révision périodique de sûreté se termine en 2015 pour les trois réacteurs les plus anciens.

Cette révision périodique de sûreté consiste en une évaluation globale par l'exploitant de tous les aspects importants en rapport avec la sûreté d'un établissement. Elle est destinée à justifier la poursuite de l'exploitation de cet établissement et, dans la mesure du possible, à définir les mesures visant à renforcer le niveau de sûreté de l'établissement. L'évaluation porte sur une série de « facteurs de sûreté » définis de façon à couvrir tous les aspects des établissements relatifs à leur sûreté tant sur le plan matériel que sur celui de l'organisation.

Les résultats de cette révision périodique de sûreté doivent être décrits par l'exploitant dans un rapport qui sera transmis à l'AFCN. Ce rapport mentionne les améliorations qui seront apportées aux installations et aux documents d'exploitation ainsi que le calendrier de leur mise en œuvre. Les améliorations doivent permettre de maintenir au minimum le même niveau de sûreté que celui initialement prévu et de l'augmenter, en fonction de l'évolution de la réglementation en vigueur et des améliorations apportées par le passé. Ces améliorations se situent dans la droite ligne des pratiques internationales et permettent, le cas échéant, de justifier la poursuite de l'exploitation des centrales nucléaires concernées en toute sûreté.

Les rapports de synthèse des dernières révisions périodiques de sûreté décrivent en détail ces projets d'amélioration et sont disponibles sur le [site web](#) de l'AFCN.

2.2. Révision de la sûreté dans le cadre d'un LTO

Comme le système des révisions périodiques de sûreté est bien implémenté en Belgique, l'analyse « Long Term Operation » des centrales nucléaires belges s'inscrit dans le cadre de la (quatrième) révision périodique de la sûreté de Doel 1, Doel 2 et Tihange 1, prévue en 2015. Cependant, cette analyse a été avancée dans le temps afin d'estimer la faisabilité d'une telle prolongation.

En clair, cela signifie qu'un rapport de synthèse final sera introduit en 2015 par l'exploitant à l'AFCN comprenant l'évaluation complète de l'état des unités, mais qu'un premier volet traitant des aspects directement liés au LTO a déjà été préparé fin 2011.

En effet, si la 4^e révision de sûreté respecte l'approche en matière de révisions périodiques de la sûreté des établissements nucléaires, l'analyse « LTO » procède de manière anticipée à l'examen spécifique des quatre aspects suivants :

- préconditions à remplir pour le LTO,
- vieillissement des installations,
- design upgrade : une réévaluation de la conception qui doit déboucher sur un programme de mise à niveau et de modernisation des installations,
- gestion des compétences, des connaissances et du comportement.

Ces aspects peuvent conduire à des adaptations et améliorations importantes, liées à des d'investissements conséquents dans les installations nucléaires ; ce qui en outre peut prendre du temps à réaliser.

C'est dans ce cadre qu'en 2009, l'AFCN a publié une [note stratégique](#) « LTO » [1] fixant à l'exploitant la méthodologie à respecter, ainsi qu'un calendrier pour le LTO, de manière à se prononcer sur une

prolongation éventuelle en 2015. Cette note stratégique a également été présentée au Conseil scientifique des Rayonnements ionisants, l'organe d'avis de l'AFCN composé d'experts indépendants dans les domaines de la sûreté nucléaire et de la radioprotection.

Comme le décrit cette note stratégique, l'exploitant devait introduire fin 2011 auprès de l'autorité de sûreté (AFCN et Bel V) un dossier LTO contenant le programme de gestion du vieillissement et les propositions d'amélioration de la conception.

3. Révision LTO : rappel du calendrier

- 2001 : Création de l'AFCN
- 2005 : [3^e révision périodique](#) de sûreté de Doel 1&2 et Tihange 1
- Sept. 2009 : [Note stratégique](#) fixant la méthode et le calendrier LTO [1]
- Oct. 2009 : Protocole d'accord entre l'Etat belge et le groupe GDF Suez
- Oct. 2010 : [Premier rapport de suivi](#), à la demande du gouvernement
- Déc. 2011 : [Dossiers LTO \(révision 1.0\)](#) d'Electrabel appliquant la note stratégique de l'AFCN [2], [3]
- Juin 2012 : Remise des conclusions de l'autorité de sûreté (AFCN et Bel V) sur le « dossier LTO » d'Electrabel au Conseil scientifique de l'AFCN [4]
- 2015 : Rapport de synthèse final sur la 4^e révision périodique de sûreté intégrant le LTO, en cas de décision du gouvernement permettant une prolongation de l'exploitation,
- Avant 2020 : Mise en œuvre des modifications et améliorations demandées dans la 4^e révision périodique intégrant le LTO, en cas de décision du gouvernement permettant une prolongation de l'exploitation.

4. Analyse de l'autorité de sûreté des dossiers LTO d'Electrabel

Conformément à la note stratégique, l'AFCN a reçu le dossier LTO d'Electrabel fin 2011. Les [dossiers LTO d'Electrabel \(révision 1.0\)](#) sont disponibles sur le site web de l'AFCN.

L'approche adoptée par l'exploitant pour réaliser les évaluations requises pour un "Long Term Operation" des unités Tihange 1 et Doel 1&2 est conforme aux exigences de la note stratégique [1].

L'analyse détaillée de ces rapports de l'exploitant (révision 1.0 – décembre 2011), ainsi que les réunions techniques et les inspections de Bel V organisées dans ce cadre, permettent de conclure que l'approche présentée et le plan d'amélioration qui en résulte sont adéquats : les propositions faites par l'exploitant permettront une augmentation claire du niveau de sûreté des unités. Toutefois, l'autorité de sûreté a identifié des points où des éclaircissements ou des investigations complémentaires étaient encore nécessaires.

Concernant les aspects "**pre-conditions**", "**ageing**" et "**knowledge and competence management, and behaviour**", compte tenu de l'état actuel des installations et des processus mis en place, l'autorité de sûreté ne voit pas d'obstacle majeur empêchant la poursuite de l'exploitation pour ces aspects, pour autant qu'Electrabel mène à bien les actions définies. L'autorité de sûreté recommande la venue d'une mission SALTO de l'AIEA pour une évaluation supplémentaire externe des éléments "pre-conditions" et "ageing" d'ici fin 2014.

Pour l'aspect « **design upgrade** », sur base de l'analyse des documents d'Electrabel (révision 1.0), des discussions ont eu lieu entre l'AFCN et Bel V pour aboutir à une position commune de l'autorité de sûreté (AFCN et Bel V) sur le programme d'améliorations proposé par Electrabel. Lors de la séance du 13 avril 2012, une première évaluation du dossier LTO a été présentée par l'AFCN et Bel V au Conseil scientifique des Rayonnements ionisants. Le Conseil a marqué son accord sur la philosophie et l'esprit des conclusions de l'autorité de sûreté. Il a donné son accord pour la poursuite des discussions avec Electrabel sur cette base, en vue d'aboutir à un « agreed design upgrade » pour la poursuite d'exploitation de Doel 1&2 et Tihange 1. Il a également demandé la tenue d'une séance supplémentaire pour discuter des résultats de ces discussions et de la nouvelle proposition de « design upgrade » qui en découlera.

Sur cette base, lors d'une réunion tenue le 25 avril 2012, l'autorité de sûreté a fait part de son analyse à Electrabel et lui a demandé de compléter ses propositions. En réponse à cette demande, Electrabel a élaboré une série d'améliorations supplémentaires et fourni des compléments d'information. Ces points ont fait l'objet de plusieurs discussions avec l'autorité de sûreté avant d'aboutir à la nouvelle proposition de « agreed design upgrade ».

C'est sur ces propositions d'amélioration de design mais aussi sur les conclusions générales de l'autorité de sûreté [4] par rapport aux autres thèmes que l'avis du Conseil scientifique a à nouveau été sollicité. En séance du 25 juin 2012, le Conseil a donné un avis positif sur le processus de LTO et les grands principes de sûreté comme décrits dans les conclusions et recommandations du rapport d'évaluation de l'AFCN et de Bel V [4].

Pour offrir une présentation aisée de ces documents et dans un esprit de transparence, sont repris ci-dessous pour chaque thème du dossier LTO :

- les attentes exposées dans la note stratégique LTO [1],
- une synthèse des résultats du dossier LTO d'Electrabel [2] [3] : les informations pertinentes sont directement tirées des rapports d'Electrabel,
- l'analyse de l'autorité de sûreté, avec les demandes d'éclaircissements et d'investigations complémentaires [4].

4.1. Conditions de base ou pré-conditions pour l'exploitation à long terme

4.1.1. Attentes définies dans la note stratégique [1]

Un programme d'exploitation à long terme ne peut être couronné de succès que si une série de conditions de base et de pré-conditions sont réunies. La disponibilité de la documentation et des programmes suivants est considérée par l'IAEA comme une condition de base :

- programmes au niveau de la centrale pour :
 - la maintenance,
 - la qualification des équipements,
 - l'inspection en service,
 - la surveillance et le contrôle,
 - le suivi des paramètres chimiques.
- système de gestion qui intègre l'assurance de la qualité et la gestion de la configuration ;
- analyses initiales de vieillissement limitées dans le temps (TLAA) ;
- rapport de sûreté actuel et autres documents définissant les bases de conception et de sûreté.

L'exploitant doit mener une évaluation préalable pour vérifier que ces pré-conditions pour LTO sont réunies. Au besoin, l'exploitant définit les plans d'action en vue de remplir ces pré-conditions.

4.1.2. Résumé du dossier LTO Electrabel [2], [3]

Electrabel a vérifié si Doel 1&2 et Tihange 1 répondaient aux attentes permettant d'entamer une prolongation de leur durée de vie. Electrabel a transformé les attentes de l'AIEA en une série de critères adaptés au contexte belge.

Selon les conclusions générales, ces critères seront satisfaits pour Doel 1&2 et Tihange 1 en 2015 compte tenu de l'exécution d'une série d'actions définies et les conditions de base d'une prolongation de l'exploitation seront alors remplies. De fait, l'évaluation montre que la situation actuelle est déjà très proche de la situation souhaitée ; certaines conditions de base ne nécessitent même pas d'action complémentaire.

Les points d'amélioration, pour lesquels des actions s'avèrent nécessaires, avaient déjà été identifiés dans les évaluations effectuées par les comités d'évaluation liés à l'exploitation ou lors d'audits internes et externes. Les actions s'inscrivent donc dans le cadre du processus d'amélioration continue. Pour pouvoir répondre aux critères dès 2015, le calendrier de quelques actions en cours a été ajusté afin de correspondre au calendrier du projet LTO.

4.1.3. Evaluation de l'autorité de sûreté (AFCN et Bel V) [4]

- Electrabel fonde le volet « pre-conditions » sur plusieurs processus: Reliability Centered Maintenance, System Health Reports... Ces processus et l'organisation des activités techniques qui y sont liées ont été lancés il y a quelques années déjà. Il faut souligner que ces processus n'ont pas atteint leur maturité et que des défis sont encore à relever, en particulier vu le grand nombre d'actions concrètes à réaliser. Ces projets sont cruciaux pour l'obtention des « pre-conditions ».

Un planning d'implémentation détaillé est à fournir pour l'ensemble des processus traités dans le cadre des « pre-conditions ». Les interactions et interfaces entre ces différents processus sont également à décrire.

Une évaluation (interne ou externe) intermédiaire (au plus tard en 2014, de manière à pouvoir prendre des actions correctives si nécessaire) est recommandée pour évaluer l'état de maturité atteint à ce moment et mettre en œuvre si nécessaire les actions correctives complémentaires en vue de l'obtention des « pre-conditions » pour 2015.

- Electrabel mentionne que dans le cadre des modifications, un "document relatif aux bases de conceptions (note d'hypothèse) est établi dans la phase initiale d'une proposition de modification. Si nécessaire, on procède à la reconstitution des bases de conception...". En cas de remplacement prévisible de systèmes, structures et composants, l'autorité de sûreté recommande qu'une action proactive soit menée pour la reconstitution prévue des bases de conception qui seraient actuellement manquantes ou incomplètes et pour leur incorporation dans le rapport de sûreté. Cette démarche proactive permettrait en effet d'accélérer et de faciliter le remplacement éventuel de composants importants pour la sûreté.
- Electrabel annonce la réalisation d'un screening proactif et l'établissement d'une liste de fournisseurs afin de garantir la disponibilité des pièces de rechange qualifiées durant la période de LTO. Au cas où cette disponibilité ne peut être garantie pour certains équipements ou pièces de réserve, et d'une forte probabilité de la nécessité de les remplacer, un programme adapté de qualification, lui aussi proactif, doit être mis en œuvre dans l'optique du remplacement éventuel de ces équipements ou pièces.

4.2. Gestion de vieillissement

4.2.1. Attentes définies dans la note stratégique [1]

L'AIEA a développé une méthodologie spécifique visant à traiter les aspects de la gestion du vieillissement dans le cadre d'une exploitation à long terme. Cette méthodologie est décrite en détail dans le rapport de sûreté de l'AIEA de 2008, intitulé "Long Term Operation of Nuclear Power Plants". La méthodologie présente de fortes similitudes avec l'approche utilisée aux Etats-Unis. La note stratégique propose dès lors d'appliquer cette méthodologie de l'AIEA pour l'aspect 'ageing' traité dans le cadre du projet LTO.

Le résultat de cette approche est un programme global et systématique de monitoring et de gestion du vieillissement des systèmes, structures et composants (actifs et passifs) des centrales concernées. Ce programme sera mis en œuvre de manière permanente et sera régulièrement évalué lors de la poursuite de l'exploitation de la centrale nucléaire.

4.2.2. Résumé du dossier LTO Electrabel [2], [3]

- Conformité par rapport à la note stratégique

Les conditions pour la gestion du vieillissement telles que décrites dans la note stratégique de l'AFCN sont entièrement respectées. Pour ce faire, les programmes et plans d'action qui permettent d'identifier et de gérer le vieillissement potentiel pendant la période d'exploitation à long terme (LTO) ont été établis par Electrabel. Les actions proposées sont techniquement réalisables et s'étaleront sur une période de plusieurs années à partir d'un accord sur la prolongation. Cette période est essentielle compte tenu des délais importants inhérents à la fabrication et à la livraison des pièces de rechange, ainsi que de la planification des moyens et ressources complémentaires, plus particulièrement dans le domaine EI&C (électricité, instrumentation et contrôle).

- Stratégie pour la gestion du vieillissement des composants passifs

Une cinquantaine de programmes définissant une stratégie claire pour la gestion du vieillissement des composants passifs ont été élaborés. Dans ce cadre, Electrabel a fait appel à la fois à l'expertise disponible au sein du Groupe GDF-Suez et à de l'expertise externe. Les programmes existants ont été utilisés et intégrés autant que possible. Les analyses essentielles dans le domaine de la limitation de la durée de vie (TLAA) ont été identifiées et développées.

- Gestion des composants actifs

Bien que la réglementation américaine n'impose pas l'analyse des composants actifs, vu qu'ils sont couverts par une « Maintenance Rule », l'approche d'Electrabel intègre les composants actifs, conformément à la demande de l'AFCN.

- Vieillessement des composants principaux

Les hypothèses de limitation de la durée de vie des principaux composants primaires ont été évaluées et actualisées sur base des données disponibles et des codes de calculs actuels. Il a été démontré que le vieillissement de la cuve du réacteur ne pose aucun problème pour la prolongation de la durée de vie à 50 ans.

- Adaptation des programmes de maintenance

Les programmes de maintenance existants ont été vérifiés par rapport à leur capacité d'éviter, détecter, suivre et traiter les phénomènes de vieillissement. Les programmes actuels seront amendés si nécessaire.

- Rénovation

Dans le cas où la conformité vis-à-vis des critères de conception ne peut pas être garantie pour certains systèmes, structures et composants pendant la période d'exploitation à long terme suite à des effets potentiels liés au vieillissement, la décision a été prise de procéder au remplacement des systèmes, structures et composants concernés.

Voici quelques exemples dans différents domaines :

- Mécanique : le remplacement du couvercle du réacteur de Doel 1 & 2, le remplacement de la boucle CEI (Circuit d'eau d'incendie) et le remplacement des groupes CSC (Conditionnement salle de conduite) de Tihange 1,
- Electricité et I&C : le remplacement de la protection du réacteur et de plusieurs armoires électriques de puissance, ainsi que des disjoncteurs qui y sont associés à Doel 1&2, le remplacement ou la remise en conformité des moteurs électriques 380V qualifiés, le remplacement des alimentations 115V qualifiés de Tihange 1.

Dans ce domaine, les efforts nécessaires sont consentis afin de maintenir à niveau et d'optimiser la qualification des équipements intégrés.

- Structures : la rénovation des tours de refroidissement eau brute de Doel 1&2, le suivi et la rénovation des joints des galeries souterraines de Tihange 1.
- Intégration dans la gestion des modifications et dans le planning global

Les plans d'actions LTO seront intégrés dans le portfolio global des projets et modifications programmés, y compris les projets et modifications non liés à la sûreté nucléaire. Cette intégration vise à optimiser la planification de l'ensemble des actions, sans toutefois altérer la spécificité de sûreté nucléaire du projet LTO.

Cette intégration a donc un impact positif au niveau de la sûreté nucléaire tout en permettant d'augmenter encore le niveau de fiabilité des installations.

4.2.3. Evaluation de l'autorité de sûreté (AFCN et Bel V) [4]

L'autorité de sûreté estime que les évaluations et plans d'actions présentés par l'Exploitant forment à ce stade une réponse pertinente aux attentes de la note stratégique.

Toutefois, l'autorité de sûreté formule certaines observations et recommandations en vue d'améliorer les plans d'actions LTO-Ageing des unités de Doel 1&2 et Tihange 1 et de préciser les futures interventions :

- Etant donné l'ampleur et le nombre important d'actions définies pour la partie « vieillissement », l'autorité de sûreté demande que l'exploitant soumette un plan d'actions consolidé dans les plus brefs délais (en 2012) incluant une définition claire et complète des actions, une hiérarchisation des actions et un planning associé de sorte que les actions définies puissent être réalisées dans des délais compatibles avec les attentes de la note stratégique [1].
- L'autorité de sûreté demande à l'exploitant de fournir dans les plus brefs délais (en 2012) la dernière version des guidelines et des livrables, qui devront documenter les réponses aux commentaires de Bel V. Cette documentation servira de base à Bel V pour les évaluations et inspections à mener sur site suite à la mise en œuvre des plans d'actions.
- Afin de vérifier l'implémentation effective du programme de gestion de vieillissement avant d'entamer la période au-delà de 40 ans d'exploitation, les thèmes suivants feront l'objet d'évaluations et / ou d'inspections par Bel V :

- suivi du respect de la planification des plans d'actions,
- évaluation des remplacements définis selon les plans d'actions,
- suivi des programmes de gestion du vieillissement des composants passifs,
- suivi des programmes de maintenance des composants actifs.
- Pour les composants électriques et I&C:
 - L'autorité de sûreté observe qu'un nombre important d'actions (non liées au vieillissement des composants électriques et I&C) définies dans les plans d'actions sont nécessaires pour atteindre le niveau de qualification nécessaire. Par conséquent, les actions liées à la remise à niveau de la qualification nécessaire doivent être traitées avec un niveau de priorité élevé.
 - Sur la base des documents reçus par Bel V, la phase de scoping dans certains Electrical et I&C délivrables doit encore être complétée sur la base d'une vérification croisée (« cross-check ») entre les divers domaines techniques (mécanique, structures, Electrical et I&C), pour déterminer les équipements dans le scope LTO. Cette phase devrait être finalisée au plus tôt de sorte que les éventuelles adaptations des installations ou des programmes soient apportées dans les délais fixés dans la note stratégique.
 - Dans certains cas, l'approche « RSQ équivalent » est retenue par l'exploitant (RSQ= Rapport Synthétique de Qualification). Cette approche consiste à justifier la qualification d'un équipement classé qui ne serait pas réputé qualifié actuellement. L'application de cette approche pour un équipement particulier requiert l'approbation de l'autorité de sûreté. Pour prévenir un échec de cette approche, l'exploitant devrait s'assurer aussi à l'avance de l'existence de solutions de remplacement.

4.3. Design réévaluation

4.3.1. Attentes définies dans la note stratégique [1]

L'exploitant doit développer une méthodologie pour identifier les domaines qui requièrent ou peuvent requérir des améliorations au niveau de la sûreté de la conception des unités concernées. Cette méthodologie consiste en un exercice de comparaison de la conception des anciennes unités avec celle des centrales nucléaires belges les plus récentes. En parallèle, on évalue également la position des anciennes unités par rapport à l'évolution internationale de la conception et de la technologie des réacteurs à eau pressurisée (PWR). A cette occasion, les autorités posent également la question de savoir dans quelle mesure les améliorations apportées à la conception des unités PWR récentes sont transposables.

Cette méthodologie est examinée par l'autorité de sûreté qui vérifie notamment si celle-ci a permis d'identifier correctement des problèmes connus en matière de sûreté liés à la conception des unités en question (expérience d'exploitation, révisions périodiques préalables...).

Il est demandé à l'exploitant de formuler des propositions d'améliorations techniques des installations de Doel 1, Doel 2 et Tihange 1 afin de se rapprocher le plus possible du niveau des centrales nucléaires les plus récentes. D'éventuelles mesures compensatoires peuvent éventuellement être proposées dans le cas où une solution technologique ne serait que partiellement voire pas du tout réalisable.

Des approches aussi bien déterministes que probabilistes peuvent être utilisées pour démontrer la valeur ajoutée des améliorations qui peuvent être apportées à la conception.

Sur base de son analyse, l'exploitant transmet à l'AFCN et à Bel V un projet d'améliorations à apporter. L'exploitant propose une liste d'améliorations assortie d'un calendrier précis pour leur mise en œuvre. Cette liste est soumise à l'approbation de Bel V et de l'AFCN. Le résultat final de cette concertation s'appelle "agreed design upgrade", défini et implémenté selon le calendrier préétabli.

4.3.2. Résumé du dossier LTO Electrabel [2], [3]

En accord avec la note stratégique [1] rédigée par l'AFCN, l'objet de la réévaluation de la conception est de proposer des améliorations sur le plan technique des installations de Doel 1&2 et Tihange 1, afin de réduire l'écart par rapport au niveau de sûreté visé dans la conception des centrales nucléaires les plus récentes.

Des mesures compensatoires peuvent être envisagées pour les domaines dans lesquels des solutions techniques ne seraient que partiellement, voire pas du tout, réalisables. Tant les approches déterministes que probabilistes peuvent être mises à profit pour démontrer la valeur ajoutée des améliorations réalistes pouvant être apportées à la conception.

Pour ce faire, une méthodologie a été mise en place afin d'identifier les points d'attention de sûreté au niveau de la conception, de les analyser et de proposer des améliorations réalistes de la conception. L'approche suivie par cette méthodologie est de s'orienter vers les améliorations techniques permettant de réduire davantage encore le risque résiduel, c'est-à-dire le risque d'endommagement du combustible et de relâchement radioactif en cas d'accident. Cette approche est tout à fait en ligne avec le principe ALARA (« As Low As Reasonably Achievable »).

Ce processus peut se résumer par les étapes suivantes :

- Une réévaluation de la sûreté de la conception a été menée au travers de l'analyse de six « piliers » afin d'identifier les sujets susceptibles d'être améliorés en matière de sûreté. La conception de Doel 1&2 et Tihange 1 a été analysée sur base de documents de référence relatifs à chaque pilier. Par exemple, le pilier New Design Benchmark a permis de positionner les unités de Doel 1&2 et Tihange 1 par rapport aux « Directives Techniques pour la conception et la construction de la prochaine génération de réacteurs nucléaires à eau sous pression ».
- Dans un second temps, les sujets identifiés par les six piliers ont été passés en revue et regroupés en points d'attention de sûreté. Chaque point a ensuite fait l'objet d'une analyse plus approfondie. Cette analyse a pour but de bien comprendre quelles améliorations ou modifications de la conception pourront le plus contribuer à réduire le risque résiduel. L'analyse a également fait le point sur les évolutions réglementaires et les éventuels projets déjà en cours.
- Ensuite, pour les différents points d'attention de sûreté retenus, des pistes d'amélioration de conception ont été avancées. Chacune d'entre elles a fait l'objet d'une description technique et fonctionnelle, ainsi que d'une analyse de faisabilité des modifications proposées dans les différentes disciplines. Cette étape a représenté une partie importante du volet « Design » ; le travail relatif à la conception nécessite en effet une analyse et une optimisation des solutions potentielles afin de réduire autant que raisonnablement possible le risque résiduel. D'autres considérations, telles que la conformité à la réglementation, les critères déterministes mais aussi la complexité ou le coût dosimétrique lié à la réalisation de solutions rentrent également en ligne de compte dans cette analyse de faisabilité.
- La dernière étape consiste, sur base de l'ensemble des améliorations de la conception envisageables étudiées, à proposer un plan global d'amélioration de la conception associé à un planning de réalisation des modifications. Ce plan global se doit d'être équilibré afin de couvrir l'ensemble des points d'attention de sûreté.

Il convient de noter que tout au long de ce processus, l'AFCN et Bel V ont été informés de la méthodologie et des résultats partiels. Ceci a permis de prendre déjà en compte les premiers commentaires afin de parvenir plus efficacement à un « Agreed Design Upgrade » (ADU).

L'accident de Fukushima, survenu en mars 2011, est intervenu pendant le déroulement des études du volet « Design ». L'intégration du premier retour d'expérience de cet accident dans les études et dans le plan d'amélioration de la conception de Doel 1&2 et Tihange 1 a été mise en œuvre de la manière suivante :

- Une analyse préliminaire a été menée, sur base des informations relatives à l'accident de Fukushima alors disponibles, afin d'identifier si le champ d'application de certains points d'attention de sûreté retenus ou des améliorations de la conception proposées devait être étendu.

- Dans un deuxième temps, les actions reprises dans le rapport des tests de résistance des centrales nucléaires de Doel et de Tihange, pour autant qu'elles se rapportent à Tihange 1 ou à Doel 1&2 et constituent une modification de la conception, ont été intégrées au plan global d'amélioration de la conception de ces centrales dans le cadre du projet LTO.

En conclusion, résumons les principales améliorations de la conception pour Doel 1&2 :

- Une nouvelle station de pompage FE (FE : circuit d'incendie) qualifiée au séisme sera construite, ainsi que des conduites également qualifiées au séisme permettant de convoyer l'eau vers les locaux contenant des systèmes de sauvegarde nécessaires en cas de séisme. Les unités de Doel 1&2 seront donc mieux protégées en cas d'incendie induit par un séisme. Grâce à cette amélioration de la conception, le circuit d'extinction automatique d'incendie dans la salle des machines fonctionnera aussi plus efficacement et les unités disposeront d'une solution complémentaire et qualifiée au séisme pour l'alimentation des générateurs de vapeur.
- La protection contre l'inondation des sous-sols où se trouvent des équipements de sûreté sera renforcée. De nouvelles pompes immergeables seront également installées sur la prise d'eau pour l'alimentation des tours de refroidissement eau brute RW (pour assurer la source froide).
- Les circuits d'ultime secours (Gebouw voor Noodsystemen – GNS) seront plus fiables et automatisés. Leurs câbles seront également mieux séparés physiquement des câbles qui assurent une fonction de sûreté de premier niveau.
- Un événement filtré ou « Filtered Containment Vent » (FCV) sera installé pour protéger l'enceinte de toute surpression en cas d'accident de fusion du cœur et prévenir ainsi toute conséquence radiologique environnementale.

En conclusion des études menées dans le cadre du LTO-Design, les améliorations de conception principales proposées pour Tihange 1 sont résumées ci-après :

- L'amélioration la plus conséquente envisagée est le renforcement des installations du Système d'Ultime Repli (SUR). L'objectif de ce renforcement est de disposer d'un système de contrôle commande et d'alimentation électrique tout à fait indépendant du Bâtiment des Auxiliaires Electriques (BAE). On cherche ainsi à se couvrir vis-à-vis d'un incendie de grande ampleur dans ce bâtiment. Il s'agit également d'étendre les fonctions actuellement assurées par le SUR, afin de pouvoir garantir le passage en mode d'arrêt à froid et le maintien du réacteur dans cet état pour tous les événements pris en considération lors de la conception du SUR.
- Un nouveau simulateur « full-scale » identique à la salle de commande et à l'ensemble des équipements et régulations installés à Tihange 1 sera installé sur le site de Tihange. Par rapport au simulateur existant actuellement, davantage associé à la configuration de Tihange 2, le nouveau simulateur permettra une reproduction fidèle de la configuration de la salle de commande de Tihange 1 et augmentera de manière significative le niveau de performance des opérateurs dans la conduite de la centrale de Tihange 1.
- Une troisième amélioration conséquente retenue est l'installation d'un « événement filtré » permettant le relâchement contrôlé de l'atmosphère de l'enceinte au travers d'un dispositif de filtration approprié. Ce dispositif permet de dépressuriser l'enceinte pour la protéger en cas d'accident grave, tout en réduisant dans des limites acceptables les rejets radioactifs vers l'environnement. L'utilisation de cet événement est envisagée comme action ultime dans les situations spécifiques d'accident grave où aucun autre moyen de refroidissement de l'enceinte (conventionnel ou non) n'est disponible. Elle est associée aux autres mesures du plan d'urgence de l'unité 1 de Tihange.

4.3.3. Evaluation de l'autorité de sûreté (AFCN et Bel V) [4]

- La méthodologie suivie par l'exploitant pour le LTO-Design est fondée, et conforme aux exigences de la note stratégique [1].
- L'approche documentaire adoptée permet une analyse par l'exploitant et une évaluation par l'autorité de sûreté efficaces. Vu sa pertinence, cette pratique documentaire devrait être étendue.

- Un tableau de synthèse finalisé des actions, intégrant l' « agreed design upgrade » et reprenant le planning de réalisation, devra être présenté. La finalisation devra en particulier intégrer la partie applicable au LTO-Design du plan d'actions BEST consolidé (BEST : Belgian Stress Tests), et les recommandations additionnelles éventuelles du rapport final ENSREG.
- Les améliorations proposées permettront d'augmenter le niveau de sûreté des unités Tihange 1 et Doel 1&2 pour qu'il se rapproche davantage de celui des unités plus récentes. Les améliorations résultent des analyses de l'exploitant et de leur évaluation par l'autorité de sûreté. Suite à l'évaluation de l'autorité de sûreté, certains « Main Safety Issues » (MSI) complémentaires ont été ajoutés, ou bien la portée de certains MSI définis a été élargie.
- Afin de s'aligner au mieux sur la conception des unités belges plus récentes, l'autorité de sûreté a demandé à Electrabel d'examiner toutes les possibilités d'assurer de manière redondante un certain nombre de fonctions remplies par le second niveau, avec une capacité suffisante. De l'évaluation des « Main Safety Issues » par l'autorité de sûreté, il ressort également que des améliorations complémentaires étaient encore à investiguer pour certains d'entre eux. Cette investigation a eu lieu et de nouvelles propositions ont été faites, discutées avec l'autorité de sûreté et intégrées à une proposition de « agreed design upgrade ». Le tableau suivant donne quelques compléments sur ce « Design Upgrade ».

NPP	Description	Compléments sur le « Design Upgrade » initial
Tihange 1	Redondance & capacité SUR étendu	<ul style="list-style-type: none"> - Prévoir une classification fonctionnelle des équipements du SUR étendu nécessaires au passage en état sûr - Prévoir d'aligner le diesel « Circuit de Moyens Ultimes » (CMU) pour secourir le groupe diesel ultime repli pendant la période de 3 semaines par révision, quand le circuit primaire est ouvert et les générateurs de vapeur sont indisponibles - Prévoir la possibilité de lignage rapide du diesel CMU vers le SUR étendu à tout moment - Prévoir une classification comparable pour les diesel CMU et SUR étendu - Garantir le démarrage à court terme et le fonctionnement après séisme des équipements du SUR étendu nécessaires au passage en état sûr, ainsi que du diesel CMU - Dédoublage de la pompe Pompe d'Injection de Secours (PIS) - Protection des opérateurs contre les gaz toxiques présents sur le site et libérables suite à un séisme
Doel 1&2	Défaillance unique alimentation circuit de refroidissement des composants	<ul style="list-style-type: none"> - Ajout de vannes pneumatiques sur le circuit DW en parallèle aux vannes d'alimentation du circuit MW (DW : eau déminéralisée dégazée ; MW : eau déminéralisée non dégazée)
Doel 1&2	Défaillance unique recirculation refroidissement à l'arrêt	<ul style="list-style-type: none"> - Motorisation de grandes vannes de sectionnement entre les trains du circuit de refroidissement à l'arrêt (SC)

- L'autorité de sûreté note en particulier quelques points d'attention relatifs à des améliorations proposées, à suivre dans le cadre du développement et de la réalisation des améliorations prévues. Ils concernent :

- la proposition par l'exploitant d'une approche générale visant à garantir la disponibilité des équipements de sûreté en backup,
 - la faisabilité et les principes de conception des événements filtrés destinés à éviter une défaillance irréversible de l'étanchéité de l'enceinte de confinement par surpression lente en cas d'accident grave (scénarios avec fusion du cœur),
 - l'acceptabilité d'une approche de qualification au séisme des parties existantes de certains circuits (ex. : Fire Extinction et Auxiliary Feedwater à Doel 1&2), basée sur un développement particulier de la méthode SQUG (Seismic Qualification Utility Group), et proposée comme alternative à la méthode acceptée, basée sur des calculs.
- L'évaluation de sûreté effectuée couvre les interfaces avec d'autres projets ou volets de projets tels que le LTO-Ageing, BEST et les troisièmes révisions décennales de Tihange 1 et Doel 1&2, et avec le contrôle en fonctionnement.

4.4. Gestion des compétences, des connaissances et du comportement

4.4.1. Résumé du dossier LTO Electrabel [2], [3]

Electrabel a analysé les facteurs humains et organisationnels pouvant avoir un impact sur la sûreté de l'exploitation des centrales nucléaires de Doel 1&2 et Tihange 1 dans le cadre de l'exploitation à long terme. Le niveau de maturité de ces facteurs doit être conforme aux normes de sûreté actuelles et offrir une réponse adéquate aux aspects spécifiques associés à une exploitation à long terme, comme le maintien des connaissances critiques lorsque des travailleurs expérimentés prennent leur retraite.

L'évaluation est menée dans trois domaines :

- la culture de sûreté nucléaire et les caractéristiques comportementales associées,
- les processus associés à la gestion et au développement des compétences,
- la gestion des connaissances, plus particulièrement celles associées aux bases de conception (Design Basis).

Dans le cadre des audits OSART menés à Tihange 1 en 2007 et à Doel 1&2 en 2010, la culture de sûreté nucléaire et les processus associés à la gestion et au développement de compétences ont été reconnus conformes aux normes internationales de l'AIEA (OSART: Operational Safety Assessment Review Team de l'AIEA). Ceci a été confirmé par les auto-évaluations réalisées dans le cadre du projet LTO.

Bien que l'analyse menée permette de conclure que le processus de développement des compétences accorde suffisamment d'attention au risque de perte des compétences critiques grâce à diverses mesures qui permettent un transfert structuré des connaissances, la gestion des connaissances relatives aux bases de conception a toutefois été identifiée comme point d'amélioration et un plan d'actions est proposé avec les objectifs suivants :

- identification de l'expertise et des experts disponibles dans le domaine des bases de conception,
- nécessité de décrire le niveau de connaissances des bases de conception requis pour pouvoir effectuer des tâches spécifiques au sein de processus essentiels, comme la gestion des modifications.

4.4.2. Evaluation de l'autorité de sûreté (AFCN et Bel V) [4]

- Les rapports se fondent en grande partie sur les résultats de l'OSART et du WANO (World Association of Nuclear Operators). Ces missions permettent d'obtenir une vision à un moment donné de la conformité par rapport à un référentiel ou aux meilleures pratiques. Ces missions examinent aussi les processus associés. Ceci ne démontre cependant pas la capacité à long terme d'Electrabel à maintenir et à développer les conditions de sûreté dans le domaine de la gestion des compétences, connaissances et comportement. Cette observation est surtout applicable au volet « comportements », qui fait encore actuellement l'objet d'initiatives d'Electrabel. L'autorité de sûreté recommande de poursuivre dans le cadre des révisions décennales l'examen de la capacité à long terme d'Electrabel à maintenir et à développer les

conditions de sûreté dans le domaine de la gestion des compétences, connaissances et comportement.

- Les rapports ne font pas mention d'échéances dans le temps. L'autorité de sûreté recommande qu'une évaluation (interne ou externe) soit menée par Electrabel en 2012 et en 2014 dans les domaines "Compétences, connaissances et comportement" de manière à évaluer l'évolution de la situation dans ces domaines (et ainsi justifier un état « satisfaisant » dans ces domaines pour l'entrée dans la période de LTO). Cela suppose aussi la définition d'une méthodologie adéquate et reproductible (les résultats des missions OSART et WANO peuvent être utilisés comme source d'inspiration à condition de démontrer leur adéquation par rapport à l'objectif visé ici).
- La création d'un simulateur « full scope » pleinement représentatif de Tihange 1 est proposée par Electrabel dans la liste ADU. Cette amélioration contribuera aussi au volet "Compétences, connaissances".
- L'autorité de sûreté souligne que les initiatives prises ou envisagées par Electrabel, et de manière plus générale l'ensemble des aspects "Compétences, connaissances et comportement", s'appliquent à l'ensemble des unités et non seulement à Tihange 1 et à Doel 1&2. Même en l'absence de LTO, il est important qu'Electrabel poursuive ces actions.

5. Prochaines étapes

Fin juin 2012, Electrabel a introduit une nouvelle version des dossiers LTO (révision 2.0) à l'AFCN. Cette nouvelle version reprend entre autres la description des améliorations complémentaires prévues dans le « agreed design upgrade », ainsi que des engagements par rapport aux demandes de l'autorité de sûreté pour les autres thèmes abordés dans le cadre du dossier LTO.

Un calendrier plus détaillé des différentes actions et modifications reprises dans le dossier LTO figure dans cette nouvelle version. Etant donné la complexité de certaines modifications, la disponibilité en ressources et en personnel qualifié, vu la nécessité de préparer minutieusement ces modifications, Electrabel prévoit d'exécuter ces actions sur une période de plusieurs années. Bon nombre de ces actions et modifications du hardware sont à mettre en œuvre lors de révisions prolongées (arrêts périodiques pour recharger le cœur du réacteur) des unités Doel 1&2 et Tihange 1 au cours de la période 2014-2017.

L'AFCN et Bel V vérifieront cette nouvelle version des dossiers LTO pour s'assurer que toutes les demandes et remarques issues de leur évaluation ont été correctement prises en compte. Le calendrier détaillé des différentes actions et modifications du dossier LTO sera également analysé.

Si le gouvernement décide de la prolongation de l'exploitation des centrales nucléaires, l'AFCN et Bel V devront, en tant qu'autorité de sûreté, contrôler que l'exploitation peut se poursuivre en toute sûreté. Les points suivants seront donc suivis par l'autorité de sûreté dans les prochaines années:

- mise en œuvre des différentes actions LTO relatives à la gestion du vieillissement des installations (programmes de gestion du vieillissement des composants passifs, programmes de maintenance des composants actifs, programme de remplacement des composants...), aux préconditions d'obtention du LTO et à la gestion des compétences, des connaissances et du comportement,
- préparation et mise en œuvre du « agreed design upgrade » qui doit permettre d'améliorer le niveau de sûreté des unités Tihange 1 et Doel 1&2, en fonction du calendrier préétabli.

En marge des réunions périodiques de concertation entre l'AFCN, Bel V et Electrabel qui ont pour but de discuter de l'état d'avancement du plan d'actions et des éventuelles difficultés rencontrées ou retards rencontrés, l'AFCN et Bel V effectueront également des contrôles et inspections thématiques spécifiques visant à vérifier sur le terrain la mise en œuvre des actions LTO convenues.

Références

1. Note stratégique FANC « Long Term Operation » for the Belgian Nuclear Power Plants : Doel 1&2 and Tihange 1 (n° 008-194, rév.2, septembre 2009)
2. Electrabel, Version 1.0, Rapport LTO - Long Term Operation - Centrale Nucléaire de Tihange 1
3. Electrabel, Versie 1.0, LTO Rapport - Long Term Operation - Kerncentrale Doel 1&2
4. Nota FANC-Bel V « Rapport d'évaluation des Rapports de synthèse LTO », Révision 2 – Juin 2012

Annexe : Spécificités et historique de Doel 1, Doel 2 et Tihange 1

Electrabel (qui appartient au groupe GDF SUEZ) est l'exploitant de quatre réacteurs nucléaires à Doel, à savoir Doel 1, Doel 2, Doel 3 et Doel 4, et de 3 réacteurs nucléaires à Tihange, à savoir Tihange 1, Tihange 2 et Tihange 3. Tous sont du type « Pressurized Water Reactor » (PWR) ou réacteur à eau pressurisée.

Doel 1 et Doel 2 ont tous deux été mis en service en 1975 et ont une puissance électrique de 433 MWe. Depuis le début de leur exploitation, les grands projets d'amélioration suivants ont été réalisés :

- Construction d'un bâtiment bunker avec systèmes de secours en 1990
- Remplacement des générateurs de vapeur et augmentation de la capacité de Doel 2 en 2004
- Remplacement des générateurs de vapeur et augmentation de la capacité de Doel 1 en 2009

Tihange 1 a été mis en service en 1975 et possède une puissance électrique de 962 MWe. Depuis le début de son exploitation, les grands projets d'amélioration suivants ont été mis en œuvre :

- Remplacement des générateurs de vapeur et augmentation de la capacité en 1995
- Remplacement du couvercle de cuve du réacteur en 1999



Doel 1 & Doel 2



Tihange 1

Des révisions périodiques de sûreté ont eu lieu en 1985, 1995 et 2005 et ont donné lieu à la mise sur pied de projets d'amélioration pour ces centrales. Des rapports de synthèse de ces révisions périodiques sont disponibles sur le site web de l'AFCN.