



Analyse de la sûreté

Sûreté du combustible nucléaire

REGDOC-2.4.5

ÉBAUCHE

Septembre 2022



Sûreté du combustible nucléaire

Document d'application de la réglementation REGDOC-2.4.5

© Commission canadienne de sûreté nucléaire (CCSN) 20XX

N° de cat. NNNNN

ISBN NNNNN

La reproduction d'extraits de ce document à des fins personnelles est autorisée à condition que la source soit indiquée en entier. Toutefois, sa reproduction en tout ou en partie à des fins commerciales ou de redistribution nécessite l'obtention préalable d'une autorisation écrite de la CCSN.

Also available in English under the title: Nuclear Fuel Safety

Disponibilité du document

Les personnes intéressées peuvent consulter le document sur le [site Web de la CCSN](#) ou l'obtenir, en français ou en anglais, en communiquant avec la :

Commission canadienne de la sûreté nucléaire
280, rue Slater
C.P. 1046, succursale B
Ottawa (Ontario) K1P 5S9
Canada

Téléphone : 613-995-5894 ou 1-800-668-5284 (au Canada seulement)

Télec. : 613-995-5086

Courriel : cnscccsn@nsc-ccsn.gc.ca

Site Web : suretenucleaire.gc.ca

Facebook : facebook.com/Commissioncanadiennesuretenucleaire

YouTube : youtube.com/cnscccsn

Twitter : [@CNSC_CCSN](https://twitter.com/CNSC_CCSN)

LinkedIn : linkedin.com/company/cnscccsn

Historique de publication

[Mois année]

Version x.0

Préface

Ce document d'application de la réglementation fait partie de la série de documents d'application de la réglementation de la CCSN intitulée Analyse de la sûreté, qui porte également sur l'étude déterministe de la sûreté, les études probabilistes de sûreté et la sûreté-criticité nucléaire. La liste complète des séries figure à la fin de ce document et elle peut être consultée à partir du [site Web de la CCSN](#).

Le document d'application de la réglementation REGDOC-2.4.5, *Sûreté du combustible nucléaire*, énonce les exigences et l'orientation visant la conception, l'exploitation, la surveillance et les évaluations de la sûreté du combustible pour les installations dotées de réacteurs en exploitation.

Le présent document est la première version du REGDOC-2.4.5, *Sûreté du combustible nucléaire*.

Pour en savoir plus sur la mise en œuvre des documents d'application de la réglementation et sur l'approche graduelle, consultez le REGDOC-3.5.3, *Principes fondamentaux de réglementation*.

Le terme « doit » est employé pour exprimer une exigence à laquelle le demandeur ou le titulaire de permis doit se conformer; le terme « devrait » dénote une orientation ou une mesure conseillée; le terme « pourrait » exprime une option ou une mesure conseillée ou acceptable dans les limites de ce document d'application de la réglementation; et le terme « peut » exprime une possibilité ou une capacité.

Aucune information contenue dans le présent document ne doit être interprétée comme libérant le titulaire de permis de toute autre exigence pertinente. Le titulaire de permis a la responsabilité de prendre connaissance de tous les règlements et de toutes les conditions de permis applicables et d'y adhérer.

Table des matières

1.	Introduction.....	1
1.1	Objet	1
1.2	Portée	1
1.3	Législation pertinente	1
1.4	Normes nationales et internationales	1
2.	Sûreté du combustible	2
3.	Conception du combustible.....	2
3.1	Conception du combustible et limites de conception du combustible	3
3.2	Contrôle de la conception et du processus de conception du combustible	3
3.3	Système de gestion et assurance de la qualité.....	3
3.4	Fonctionnement et surveillance du combustible.....	4
3.5	Autorité responsable de la conception du combustible.....	4
4.	Processus de conception du combustible	4
4.1	Notification	4
4.2	Modification de la conception	4
4.3	Défense en profondeur.....	5
4.4	Analyse de la sûreté	5
4.5	Portée des considérations relatives à la conception	5
4.6	Contribution aux considérations relatives au processus de conception	6
4.7	Exigences de conception.....	6
4.8	Objectifs de sûreté de la conception	6
4.9	Mécanismes de dégradation.....	7
4.10	Documentation.....	8
5.	Processus de qualification du combustible	8
5.1	Objectif de qualification	8
5.2	Base technique	8
5.3	Système de gestion et assurance de la qualité.....	9
5.4	Certification de la qualification	9
6.	Soumissions de conception de combustible.....	9
7.	Aptitude fonctionnelle du combustible	9
7.1	Critères d'aptitude fonctionnelle du combustible	10
7.2	Base technique	10

7.3	Évaluations de l'aptitude fonctionnelle du combustible	10
7.4	Tenue des dossiers	11
8.	Programme de surveillance et d'inspection du combustible.....	11
8.1	Programme.....	11
8.2	Capacités.....	11
8.3	Évaluation des conclusions	12
8.4	Production de rapports	12
8.5	Mesures correctives	12
8.6	Établissement des tendances	12
8.7	Processus d'inspection.....	13
8.8	Inspection.....	13
8.9	Entretien de l'équipement.....	14
8.10	Combustible défectueux et combustible non apte au service	14
8.11	Tenue des dossiers	14
9.	Limites et conditions d'utilisation du combustible	14
9.1	Principes d'établissement.....	15
9.2	Aptitude fonctionnelle	15
9.3	Modes de fonctionnement.....	15
9.4	Transition vers de nouvelles conditions d'exploitation	15
9.5	Vieillessement	16
9.6	Corrosion	16
9.7	Changements en matière d'exploitation.....	16
9.8	Examen périodique	16
9.9	Limites d'intervention et délais d'intervention.....	17
9.10	Documentation de la base	17
	Appendix A: Application de la défense en profondeur pour la sûreté du combustible.....	18
	Appendix B: Principaux mécanismes de dégradation pour l'exploitation normale	19
	Appendix C: Mécanismes de dégradation du combustible	21
	Appendix D: Critères d'acceptation pour les accidents de dimensionnement	22
	Glossaire	23
	Références.....	24
	Renseignements supplémentaires	25

Sûreté du combustible nucléaire

1. Introduction

1.1 Objet

Le présent document d'application de la réglementation clarifie les exigences et fournit de l'orientation pour la conception, l'exploitation, la surveillance et les évaluations de la sûreté du combustible pour les installations dotées de réacteurs en exploitation.

Il définit un ensemble détaillé d'exigences liées au combustible et fournit de l'orientation fondée sur le risque et alignée sur les pratiques et les codes nationaux et internationaux reconnus.

1.2 Portée

Le présent document porte sur la conception, l'exploitation, la surveillance et les évaluations de la sûreté du combustible pour les installations en exploitation, avec une concentration implicite sur les réacteurs CANDU en exploitation, mais demeure aussi neutre que possible sur le plan technologique. Il s'applique principalement aux programmes et aux conceptions de combustible qui sont déjà autorisés, ainsi qu'aux conceptions de combustible modifiées ou nouvelles envisagées pour les centrales en exploitation au moment de la publication du présent document.

Les concepts généraux et les renseignements neutres sur le plan technologique s'appliquent également aux nouvelles installations de réacteurs proposées, y compris les technologies autres que les réacteurs refroidis à l'eau. Bien que le présent document porte sur le combustible CANDU, les concepts généraux qu'il renferme peuvent s'appliquer à d'autres technologies. Si une conception autre qu'un réacteur CANDU est examinée pour la délivrance d'un permis au Canada, la conception, la qualification et la surveillance du combustible connexe seront assujetties aux objectifs de sûreté, aux concepts de sûreté généraux et aux exigences de gestion en matière de sûreté associés au présent document d'application de la réglementation, s'il y a lieu.

Le présent document sera révisé au besoin pour intégrer l'expérience d'exploitation (OPEX) aux nouvelles technologies de réacteur.

1.3 Législation pertinente

Les dispositions de la [Loi sur la sûreté et la réglementation nucléaires](#) (LSRN) et des règlements connexes qui s'appliquent au présent document sont les suivantes :

- *Loi sur la sûreté et la réglementation nucléaires*, alinéa 3a), sous-alinéa 9a)(i) et paragraphes 24(4) et 24(5)
- [Règlement général sur la sûreté et la réglementation nucléaires](#) (RGSRN), alinéa 12(1)c)
- [Règlement sur les installations nucléaires de catégorie I](#), alinéas 6(b) et 6g)

1.4 Normes nationales et internationales

Les principes et éléments clés utilisées dans l'élaboration du présent document d'orientation sont conformes aux normes nationales et internationales.

Les normes suivantes s'appliquent au présent document d'application de la réglementation :

- N286-F12, *Exigences relatives au système de gestion des installations nucléaires* [1]
- Série N299.1, *Exigences des programmes d'assurance de la qualité visant la fourniture de produits et de services destinés aux centrales nucléaires* [2]
- AIEA, SSR-2/1 : *Sûreté des centrales nucléaires : conception* [3]
- AIEA, SSG-52, *Design of the Reactor Core for Nuclear Power Plants* (en anglais seulement) [4]

2. Sûreté du combustible

La défense en profondeur (DP) est une pierre angulaire de la philosophie de réglementation canadienne. Chaque niveau de défense a ses propres objectifs, y compris la protection des obstacles pertinents et les moyens essentiels à cette protection. La DP est utilisée pour déterminer la sûreté du combustible nucléaire dans les réacteurs refroidis à l'eau comme les réacteurs CANDU. Pour ces réacteurs, les deux premiers des cinq obstacles physiques au rejet de matières radioactives sont la matrice du combustible et la gaine du combustible. Le circuit caloporteur primaire (CCP), l'enceinte de confinement et la zone d'exclusion constituent les trois autres obstacles physiques. D'autres conceptions de réacteurs respectent les mêmes exigences et le même niveau de sûreté pour ces trois derniers obstacles physiques par d'autres moyens.

L'annexe A contient des renseignements sur l'application de la DP pour la sûreté du combustible. Pour de plus amples renseignements sur le concept et l'application de la DP, voir le document REGDOC-3.5.3, *Principes fondamentaux de réglementation* [5] et le document REGDOC-2.5.2, *Conception d'installations dotées de réacteurs : centrales nucléaires* [6].

3. Conception du combustible

Le programme de conception du combustible veille à ce que la conception du combustible soit contrôlée et reflétée avec précision dans l'analyse de la sûreté de l'installation dotée de réacteurs, et à ce que la conception du combustible soit adéquatement qualifiée pour le sous-ensemble de tous les états de l'installation pris en compte dans le processus de conception du combustible. Il confirme également que le combustible demeurera à l'intérieur de ses limites de sûreté à tous les niveaux de DP, où chaque limite de sûreté est explicitement prise en considération dans le dimensionnement du combustible.

Exigence

Les titulaires de permis doivent avoir un programme de conception du combustible qui veille à ce que la conception du combustible soit :

1. contrôlée
2. reflétée avec précision dans l'analyse de la sûreté de l'installation dotée de réacteurs
3. adéquatement qualifiée pour le sous-ensemble de tous les états de l'installation pris en considération dans le processus de conception du combustible
4. à l'intérieur de ses limites de sûreté à tous les niveaux de DP, où chaque limite de sûreté est explicitement prise en considération dans le dimensionnement du combustible.

3.1 Conception du combustible et limites de conception du combustible

Le programme de conception du combustible veille à ce que la conception du combustible et les limites de conception du combustible soient établies.

Exigences

Dans son programme de conception du combustible, le titulaire de permis doit s'assurer que :

1. toutes les phases du cycle de vie de l'installation et tous les niveaux de DP sont pris en considération
2. le combustible demeure dans les limites de sûreté de l'enveloppe de conception de l'installation
3. les intrants de conception sont définis
4. les exigences de conception sont définies
5. les codes informatiques de conception et d'analyse de la sûreté sont validés
6. la conception du combustible est homologuée

3.2 Contrôle de la conception et du processus de conception du combustible

Exigences

Le titulaire de permis doit s'assurer que, dans le cadre du programme de conception du combustible, la conception et le processus de conception du combustible sont établis, documentés et contrôlés.

Le titulaire de permis doit s'assurer que la documentation sur le combustible est mise à jour lorsque de nouveaux renseignements ou de nouvelles connaissances sont obtenus.

3.3 Système de gestion et assurance de la qualité

Exigences

Le titulaire de permis doit s'assurer que le programme de conception du combustible est conforme aux exigences relatives au système de gestion énoncées dans la norme CSA N286-12, *Exigences relatives au système de gestion des installations nucléaires* [1]. Les titulaires de permis qui n'utilisent pas la norme CSA N286-12 doivent identifier les codes, les normes et les spécifications sur lesquels repose leur assurance de la qualité de la chaîne d'approvisionnement.

Le titulaire de permis doit s'assurer que le programme de conception du combustible comprend un programme d'assurance de la qualité (AQ) de la fabrication qui veille à ce que la chaîne d'approvisionnement du combustible utilise une AQ nationale normalisée appropriée, comme la norme CSA N299.1, *Exigences des programmes d'assurance de la qualité visant la fourniture de produits et de services destinés aux centrales nucléaires* [2]. Les titulaires de permis qui n'utilisent pas la norme CSA N299.1 doivent identifier les codes, les normes et les spécifications sur lesquels repose leur assurance de la qualité de la chaîne d'approvisionnement.

Orientation

Les titulaires de permis qui n'utilisent pas les normes CSA N286-12 ou CSA N299.1 devraient mettre en correspondance leur système de gestion et leurs mesures de contrôle de l'assurance de la qualité avec les normes requises pour démontrer qu'ils satisfont aux exigences du programme

de conception du combustible. Lorsque des lacunes sont relevées, le titulaire de permis doit décrire les mesures qui les comblent.

3.4 Fonctionnement et surveillance du combustible

Exigences

Le titulaire de permis doit s'assurer que, dans le cadre du programme de conception du combustible, le combustible remplit avec succès ses fonctions de sûreté pour l'enveloppe de conception de l'installation.

3.5 Autorité responsable de la conception du combustible

Exigences

Le titulaire de permis doit s'assurer que le programme de conception du combustible désigne une autorité responsable de la conception du combustible qui est responsable de ce qui suit :

1. l'établissement d'une base de connaissances
2. le processus de conception du combustible
3. la documentation de la conception et de son fondement technique
4. le contrôle des changements
5. la qualification de la conception du combustible

4. Processus de conception du combustible

Dans le cadre du processus de conception du combustible, le titulaire de permis détermine les exigences et les limites que le combustible doit respecter, produit une conception du combustible et documente la façon dont la conception répond aux exigences. Le processus de conception du combustible comprend des évaluations qui montrent comment les exigences de conception du combustible ont été respectées. La complexité du processus de conception du combustible, y compris l'étape de la qualification, est fonction de la nouveauté de la conception. Le processus de conception doit tenir compte de tous les états applicables de l'installation.

4.1 Notification

Exigences

Lorsqu'il envisage des changements possibles à la conception du combustible, le titulaire de permis doit demander au personnel de la CCSN de confirmer que les changements respectent le fondement d'autorisation avant de les mettre en œuvre.

Orientation

La CCSN encourage le titulaire de permis à mobiliser la CCSN tôt dans le processus pour confirmer que les changements respectent le fondement d'autorisation.

4.2 Modification de la conception

Exigences

Le titulaire de permis doit évaluer les modifications proposées aux spécifications de conception et aux méthodes de fabrication afin de déterminer si elles peuvent avoir une incidence sur le

fondement d'autorisation, le dimensionnement ou le dossier de sûreté. Si ceux-ci peuvent être affectés, le titulaire de permis doit traiter les modifications comme une modification de conception.

4.3 Défense en profondeur

Exigences

En ce qui concerne le processus de conception du combustible, le titulaire de permis doit tenir compte des principes de base de la DP de niveau 1 (voir l'annexe A) par les moyens suivants :

1. sélection minutieuse des matériaux
2. utilisation de procédés de fabrication qualifiés
3. utilisation d'une technologie éprouvée
4. essais exhaustifs
5. prudence dans la conception
6. haute qualité dans la construction et la fabrication
7. respect des normes appropriées
8. marges de sûreté appropriées
9. prise en compte des caractéristiques du site

Orientation

Pour de plus amples renseignements sur la DP, consulter le REGDOC-3.5.3, *Principes fondamentaux de réglementation* [5].

4.4 Analyse de la sûreté

Exigences

Le titulaire de permis doit commencer l'analyse de la sûreté au début du processus de conception du combustible, avec des itérations entre les activités de conception et les activités d'analyse de confirmation. L'objectif est de démontrer une augmentation de la portée et du niveau de détail à mesure que le processus de conception progresse conformément au document SSR-2/1 de l'AIEA : *Sûreté des centrales nucléaires : conception* [3].

4.5 Portée des considérations relatives à la conception

Exigences

Le titulaire de permis doit tenir compte des conditions du réacteur, de la mise en service à la fin de vie du cœur, dans le processus de conception.

Dans les considérations relatives à la conception, le titulaire de permis doit tenir compte de tous les états de l'installation dans l'enveloppe de conception de l'installation.

4.6 Contribution aux considérations relatives au processus de conception

Exigences

Dans le cadre du processus de conception, le titulaire de permis doit démontrer qu'il a tenu compte des éléments suivants :

1. la physique des réacteurs et la conception nucléaire
2. la thermohydraulique des réacteurs
3. la sûreté-criticité nucléaire
4. les systèmes d'interface tels que :
 - a. les obstacles physiques d'interface (par exemple, les composants du CCP)
 - b. la manutention du combustible
 - c. le stockage du combustible
 - d. le transport
5. le stockage et la réduction au minimum des déchets
6. l'expérience d'exploitation

4.7 Exigences de conception

Exigences

Dans le cadre du processus de conception du combustible, le titulaire de permis doit déterminer ce qui suit :

1. exigences fonctionnelles
2. exigences de rendement
3. exigences de sûreté
4. impact environnemental
5. exigences d'inspection et d'essai
6. exigences imposées aux systèmes d'interface par la conception du combustible
7. exigences imposées au combustible par les systèmes d'interface
8. codes et normes applicables

Orientation

Les codes et les normes applicables devraient comprendre le soudage, l'emballage de transport, la sécurité au travail et la manutention des matières dangereuses.

Pour obtenir de plus amples renseignements, les titulaires de permis devraient consulter la norme CSA N286-12, *Exigences relatives au système de gestion des installations nucléaires* [1].

4.8 Objectifs de sûreté de la conception

Exigences

Le titulaire de permis doit définir les objectifs de sûreté de la conception du combustible.

Orientation

Pour les réacteurs CANDU actuellement en exploitation, ces objectifs peuvent être formulés comme suit :

1. pour les conditions normales d'exploitation, y compris les effets des incidents de fonctionnement prévus (IFP) :
 - a. les éléments du combustible ne feront pas défaut
 - b. les dimensions des pastilles, des éléments et des grappes de combustible demeureront dans les tolérances opérationnelles décrites dans le document TECDOC n° 1926, *Technical Review Of Acceptance Criteria For Pressurized Heavy Water Reactor Fuel* (en anglais seulement) [6]
 - c. la grappe de combustible conservera son intégrité structurale
 - d. les capacités fonctionnelles du combustible ne seront pas réduites en deçà de celles présumées dans l'analyse déterministe de la sûreté
 - e. les dommages que le combustible peut causer aux composants des canaux de combustible sont acceptables en ce sens que ces composants demeurent aptes au service
2. autres accidents pris en considération dans le rapport de sûreté :
 - a. la conception du combustible remplit les fonctions de sûreté proportionnelles à la catégorie d'événement
 - b. les défaillances de la gaine de combustible seront maintenues au minimum
 - c. l'assemblage de combustible et ses composants demeureront en position, sans déformation qui empêcherait un refroidissement efficace du cœur pendant ou après l'accident

Si la conception du combustible vise un réacteur autre qu'un réacteur CANDU, les objectifs de sûreté de la conception du combustible doivent être définis conformément aux pratiques exemplaires internationales, mais peuvent différer significativement de l'orientation fournie pour les réacteurs CANDU actuellement en exploitation.

4.9 Mécanismes de dégradation

Exigences

Dans le processus de conception, le titulaire de permis doit identifier les mécanismes de dégradation du combustible et les limites connexes qui peuvent nuire à la conception du combustible. À cette fin :

1. les mécanismes liés aux dommages doivent être relevés et définis
2. les mécanismes liés aux défaillances doivent être relevés et définis
3. il faut faire preuve de prudence dans l'établissement des limites associées aux mécanismes de dégradation
4. les limites associées aux mécanismes liés aux dommages doivent être établies de façon à ce que, si elles sont respectées, elles empêchent, dans le respect des marges, que le combustible (l'élément ou la grappe) et les composants des canaux de combustible soient endommagés (c'est-à-dire que les composants du combustible et des canaux de combustible demeurent aptes au service) pendant les états de fonctionnement
5. les mécanismes liés aux dommages et aux défaillances du combustible et les limites connexes doivent refléter une base de connaissances vérifiée et vérifiable

Orientation

Le processus de conception devrait déterminer les limites de défaillance du combustible. Si une limite de défaillance du combustible n'est pas bien définie ou connue, une limite de remplacement mesurable devrait être définie. Ces limites de substitution devraient intégrer des facteurs de sûreté techniques prudents.

4.10 Documentation

Exigences

Dans le cadre du processus de conception du combustible, le titulaire de permis doit documenter la conception du combustible et décrire comment elle satisfait aux exigences établies.

5. Processus de qualification du combustible

La qualification du combustible est une activité clé du processus de conception du combustible. L'objectif est de s'assurer que la conception finale satisfait à toutes les exigences de conception du combustible. La qualification de la conception du combustible est obtenue par analyse à l'aide de méthodes qualifiées et par des essais de qualification.

Exigences

Le titulaire de permis doit s'assurer que la qualification du processus de fabrication est conforme au programme d'AQ de fabrication décrit à la section 3.3, Système de gestion et assurance de la qualité.

5.1 Objectif de qualification

Exigences

Dans le cadre du programme de qualification, le titulaire de permis doit démontrer que la conception satisfait à toutes les exigences et aux limites connexes.

Orientation

En règle générale, cette exigence a été démontrée par l'expérience d'exploitation, les essais, les prévisions analytiques et le programme de surveillance (assemblage d'essai principal).

5.2 Base technique

Exigences

Le titulaire de permis doit s'assurer que le fondement technique du programme de qualification :

1. s'appuie sur l'expérience d'exploitation ou est démontré par un programme d'essais et d'analyses expérimentaux, ou une combinaison des deux, où :
 - a. l'expérience d'exploitation référencée doit être documentée et vérifiable
 - b. l'expérience d'exploitation peut avoir la même conception de combustible ou de réacteur ou une conception semblable; pour tout fondement technique s'appuyant sur une expérience d'exploitation ayant des conceptions semblables, le titulaire de permis doit documenter et évaluer les différences entre les deux conceptions

2. démontre la pertinence de ce qui suit :
 - a. l'analyse de qualification et la modélisation
 - b. le régime d'essais de qualification
 - c. l'enveloppe de conception et d'exploitation documentée du combustible

5.3 Système de gestion et assurance de la qualité

Exigences

Le titulaire de permis doit s'assurer que le processus de qualification répond aux exigences du système de gestion et d'AQ du titulaire de permis.

5.4 Certification de la qualification

Exigences

Le titulaire de permis doit s'assurer que la qualification du combustible est certifiée pour utilisation par l'autorité responsable de la conception du combustible du titulaire de permis.

6. Soumissions de conception de combustible

Exigences

Avant de charger un combustible neuf ou modifié dans le cœur d'un réacteur, le titulaire de permis doit présenter à la CCSN les renseignements suivants et obtenir la confirmation du personnel de la CCSN que la conception respecte le fondement d'autorisation et qu'elle est admissible à l'utilisation :

1. dans le cas d'une conception de combustible modifiée, une évaluation visant à déterminer si le changement constitue ou non un changement au fondement d'autorisation
2. les exigences relatives à la conception du combustible
3. une description en détail du processus de conception du combustible
4. le dossier de sûreté actuel/mis à jour
5. un énoncé de qualification de la conception
6. la base technique de qualification
7. l'enveloppe de qualification documentée
8. un sommaire des résultats de qualification

Le titulaire de permis doit fournir des renseignements supplémentaires à la demande du personnel de la CCSN.

Orientation

La CCSN encourage le titulaire de permis à participer tôt dans le processus à l'évaluation des conceptions de combustible nouvelles ou modifiées.

7. Aptitude fonctionnelle du combustible

L'utilisation sécuritaire du combustible exige que l'état du combustible réponde aux critères d'aptitude fonctionnelle pertinents. Dans ce contexte, l'aptitude fonctionnelle est l'état physique nécessaire pour que les obstacles liés au combustible demeurent intacts, les dimensions du circuit d'alimentation demeurent dans les tolérances opérationnelles, l'intégrité structurale soit

maintenue, les paramètres du combustible demeurent dans les conditions initiales prévues dans le rapport d'analyse de la sûreté, et le combustible demeure compatible avec les systèmes d'interface, comme les composants des canaux de combustible.

En règle générale, les évaluations de l'aptitude fonctionnelle du combustible sont effectuées sur des conceptions de combustible nouvelles ou modifiées au moyen du processus de conception et de qualification avant le premier chargement, au moyen d'une surveillance et d'une inspection continues pendant l'exploitation normale, et au moyen d'exams effectués après un accident hors dimensionnement (AHD) ou un accident de dimensionnement (AD).

7.1 Critères d'aptitude fonctionnelle du combustible

Exigences

Le titulaire de permis doit identifier et documenter, dans la mesure du possible, les critères relatifs à l'aptitude fonctionnelle du combustible.

Orientation

Le titulaire de permis devrait tenir compte de ce qui suit, et les critères devraient respecter :

1. les exigences imposées au combustible dans le cadre du processus de conception et de qualification
2. les limites d'autorisation
3. l'expérience d'exploitation
4. les défis auxquels le combustible est soumis par les événements d'AHD
5. les exigences relatives à la remise en service après un accident

7.2 Base technique

Exigences

Le titulaire de permis doit avoir un fondement technique documenté pour l'ensemble des critères de l'aptitude fonctionnelle du combustible et une méthode pour démontrer la conformité.

7.3 Évaluations de l'aptitude fonctionnelle du combustible

Exigences

Le titulaire de permis doit mettre en œuvre un processus qui :

1. indique à quel moment des évaluations de l'aptitude fonctionnelle du combustible sont requises
2. évalue l'aptitude fonctionnelle du combustible

Orientation

Les codes informatiques utilisés pour effectuer les évaluations de l'aptitude fonctionnelle du combustible devraient être validés pour la demande et devraient être conformes à la norme CSA N286.7, *Assurance de la qualité des programmes informatiques scientifiques, d'analyse et de conception des centrales nucléaires* [7].

7.4 Tenue des dossiers

Exigences

Le titulaire de permis doit tenir des dossiers sur l'état du combustible évalué.

8. Programme de surveillance et d'inspection du combustible

Le programme de surveillance et d'inspection du combustible détermine l'état du combustible et l'étendue des dégradations qualitatives ou quantitatives afin de déterminer si le combustible demeure fonctionnel.

Les activités de surveillance et d'inspection du combustible jouent un rôle important pour assurer le rendement acceptable en matière de sûreté des titulaires de permis dans un certain nombre de domaines de sûreté et de réglementation (DSR), y compris le rendement en matière d'exploitation, la conception matérielle, l'analyse de la sûreté et la gestion des déchets. L'information recueillie au cours de ces activités permet de détecter rapidement les événements qui sont importants pour la sûreté et qui se produisent à divers niveaux de DP, ce qui laisse suffisamment de temps pour la mise en œuvre efficace de mesures correctives afin d'éviter les répétitions.

8.1 Programme

Exigences

Le titulaire de permis doit établir un programme de surveillance et d'inspection qui garantit que le combustible est fonctionnel.

8.2 Capacités

Exigences

Le titulaire de permis doit veiller à ce que le programme de surveillance et d'inspection comprenne des inspections sur place et dans les piscines de stockage du combustible frais et usé et, au besoin, des examens en cellules chaudes.

Le programme de surveillance et d'inspection du combustible doit :

1. exiger que seul du personnel qualifié effectue des inspections
2. comprendre des procédures et de l'orientation sur la façon d'effectuer des inspections
3. exiger que de l'équipement d'essai, de mesure et d'inspection étalonné et en bon état de fonctionnement soit disponible
4. assurer la capacité d'effectuer le nombre d'inspections requises
5. exiger que l'équipement et le personnel qualifiés nécessaires pour effectuer la surveillance en service de l'état du combustible soient disponibles en nombre suffisant
6. créer et tenir à jour un répertoire pour consigner les résultats de l'inspection du combustible

Orientation

L'objectif des inspections du combustible frais est de s'assurer que le combustible entrant a été fabriqué conformément à la norme de qualité appropriée et que le combustible n'a pas été endommagé ni contaminé par le transport ou l'entreposage. Une fois les inspections du

combustible frais terminées, le titulaire de permis devrait réduire au minimum les interactions avec le combustible avant le chargement.

L'objectif des inspections du combustible usé est de déduire l'état actuel du combustible dans le cœur et de déclencher des mesures d'atténuation au besoin.

Les données obtenues lors des inspections du combustible usé peuvent également être utiles pour évaluer si le combustible, dans des conditions d'accident, fonctionnera conformément aux objectifs de sûreté de la conception et si les exploitants peuvent prendre les mesures nécessaires.

8.3 Évaluation des conclusions

Exigences

Dans le cadre du programme de surveillance et d'inspection du combustible, le titulaire de permis doit évaluer régulièrement les constatations et leurs répercussions potentielles et confirmer que le combustible demeure apte au service et à l'intérieur des limites de l'état analysé.

Orientation

Le titulaire de permis devrait s'assurer que l'expertise d'un large éventail de disciplines est mise à profit dans le programme et l'évaluation des constatations. Les canaux de combustible, l'analyse de la sûreté, la manutention du combustible et la physique des réacteurs sont des exemples de domaines qui devraient être visés.

L'incidence sur les systèmes d'interface devrait être prise en compte dans le cadre du programme.

8.4 Production de rapports

Exigences

Le titulaire de permis doit présenter les résultats du programme conformément au document REGDOC 3.1.1, *Rapports à soumettre par les exploitants de centrales nucléaires* [8].

8.5 Mesures correctives

Exigences

Le titulaire de permis doit s'assurer que le programme de surveillance et d'inspection du combustible dispose de mécanismes permettant de prendre des mesures correctives ou d'atténuation à l'égard des constatations qui ont des répercussions potentielles sur l'aptitude fonctionnelle du combustible ou sur l'état tel qu'analysé.

Orientation

Le titulaire de permis devrait prendre des mesures proportionnelles au niveau de risque présenté par les constatations.

8.6 Établissement des tendances

Exigences

Le titulaire de permis doit définir les niveaux liés aux conditions de combustible prévues et aux états dégradés afin de cerner les tendances négatives.

Orientation

La formation sur l'état du combustible et les états dégradés devrait faire partie de la qualification des inspecteurs de combustible, afin de s'assurer que les données recueillies pour l'établissement des tendances sont cohérentes.

8.7 Processus d'inspection**Exigences**

Lorsqu'un échantillonnage est utilisé, le titulaire de permis doit s'assurer qu'il existe un processus documenté de sélection des échantillons d'inspection.

Le processus de sélection des échantillons doit comprendre à la fois une surveillance aléatoire et une surveillance ciblée.

Orientation

La majorité des inspections devraient être effectuées par surveillance aléatoire.

Une surveillance ciblée devrait aboutir à la sélection de grappes qui représentent différentes conditions dans le réacteur.

Le processus d'inspection du combustible devrait produire un plan robuste pour les inspections, y compris le nombre d'inspections qui devraient être effectuées chaque trimestre afin de respecter les exigences d'inspection annuelle (section 8.8).

8.8 Inspection**Exigences**

Dans le cas des réacteurs CANDU, le nombre minimal d'inspections en piscine pour un réacteur en exploitation normale sans mécanisme de dégradation active identifié est de 20 grappes par année par réacteur. Pour les réacteurs d'autres conceptions, le titulaire de permis doit obtenir l'approbation du personnel de la CCSN pour un niveau minimum acceptable d'inspections.

Des inspections supplémentaires doivent être effectuées lorsque des mécanismes de dégradation actifs ou d'autres défis sont présents.

Orientation

Le combustible retiré du cœur parce qu'il n'est pas apte au service, ou qu'on soupçonne qu'il ne l'est pas, devrait être inspecté pour obtenir des renseignements pertinents.

Les inspections effectuées sur des défauts du combustible dépassant le nombre habituel pour une année d'exploitation ne devraient pas être créditées au niveau minimal d'inspection. Dans les cas où le combustible a été enlevé, mais que l'emplacement exact (grappe ou élément) du défaut ne peut être déterminé, tous les renseignements connus doivent être consignés.

8.9 Entretien de l'équipement

Exigences

Le titulaire de permis doit s'assurer que l'équipement utilisé pour surveiller, localiser et retirer le combustible qui n'est pas apte au service est correctement entretenu et fonctionne lorsqu'il est requis.

Orientation

L'équipement de surveillance devrait fonctionner chaque fois que le réacteur est en exploitation. La localisation et le retrait de l'équipement ne sont requis que lorsque des défauts du combustible sont détectés.

8.10 Combustible défectueux et combustible non apte au service

Exigences

Le titulaire de permis doit retirer le combustible qui a été jugé défectueux ou qui ne satisfait pas aux critères d'aptitude fonctionnelle du combustible. Si le combustible ne peut pas être retiré immédiatement, le titulaire de permis doit prendre les mesures d'atténuation appropriées entre-temps.

Le titulaire de permis doit réduire au minimum le temps que le combustible défectueux demeure en place, car le rejet de produit de fission dans le caloporteur et son dépôt dans la canalisation du CCP peuvent entraîner des doses plus élevées aux travailleurs.

Le titulaire de permis doit appliquer le principe ALARA lorsqu'il détermine les ressources et les efforts déployés pour repérer et retirer le combustible défectueux.

8.11 Tenue des dossiers

Exigences

Le titulaire de permis doit tenir des registres des résultats de la surveillance et de l'inspection du combustible d'une manière utilisable pour l'analyse et l'établissement des tendances.

9. Limites et conditions d'utilisation du combustible

Lorsqu'il est exécuté conjointement avec le programme d'exploitation, le programme de combustible doit veiller à ce que le combustible soit utilisé dans le respect de son enveloppe de conception et d'exploitation.

Ensemble, ces programmes établissent des limites et conditions d'exploitation (LCE) pour s'assurer que le combustible n'est pas endommagé pendant l'exploitation normale ou les IFP. Les LCE fournissent également une limite documentée de dégradation du combustible pour s'assurer que le combustible demeure dans les limites de l'enveloppe de conception et de qualification.

9.1 Principes d'établissement

Exigences

Le titulaire de permis doit établir des LCE pour le combustible afin de s'assurer que le combustible est exploité conformément au fondement d'autorisation, à la conception du réacteur, à la qualification et à l'enveloppe d'exploitation. Les LCE du combustible doivent comprendre les limites dans lesquelles la sûreté du fonctionnement du combustible a été démontrée.

Les marges de sûreté des LCE du combustible doivent être les plus importantes possibles.

9.2 Aptitude fonctionnelle

Exigences

Le titulaire de permis doit utiliser les LCE du combustible pour assurer l'aptitude fonctionnelle du combustible dans des conditions normales d'exploitation et des conditions d'IFP.

9.3 Modes de fonctionnement

Exigences

Le titulaire de permis doit utiliser les LCE du combustible pour établir les exigences opérationnelles applicables à chaque mode d'exploitation avant la transition vers ce mode. Les modes d'exploitation dans des conditions d'exploitation normales devraient comprendre ce qui suit :

- arrêt
- production d'électricité
- rechargement de combustible
- mise à l'arrêt
- démarrage
- mise en service
- états transitoires
- maintenance ou arrêts
- prolongation de la durée de vie
- remise en état
- mise à l'essai

Orientation

Pour la mise en service, la remise en état et les activités postérieures à la remise en état, le titulaire de permis devrait envisager des essais de pression du CCP, un conditionnement à chaud, un programme de contrôle chimique et un programme d'exclusion des matières étrangères afin de réduire au minimum les défauts du combustible.

9.4 Transition vers de nouvelles conditions d'exploitation

Exigences

Le titulaire de permis doit évaluer les LCE du combustible avant la transition vers des conditions d'exploitation peu fréquentes. Cette évaluation doit permettre de s'assurer que les LCE du

combustible existant sont adéquates pour assurer la sûreté et l'aptitude fonctionnelle du combustible.

9.5 Vieillessement

Exigences

Dans les LCE du combustible, le titulaire de permis doit tenir compte de l'incidence du vieillissement du CCP sur le rendement du combustible.

9.6 Corrosion

Exigences

Dans les LCE du combustible, le titulaire de permis doit définir les paramètres d'exploitation afin de réduire au minimum, dans les limites acceptables, la corrosion de la gaine et la création de dépôts.

9.7 Changements en matière d'exploitation

Exigences

Le titulaire de permis doit examiner les changements significatifs apportés à l'exploitation du combustible et à la manutention du combustible par rapport aux LCE du combustible et mettre à jour les LCE au besoin.

Orientation

Les changements significatifs sont ceux qui pourraient avoir une incidence sur les hypothèses, les intrants ou les limites des éléments neutroniques, de la thermohydraulique ou de l'analyse de sûreté.

Voici des exemples de changements significatifs :

- une augmentation de la puissance électrique de la centrale
- une augmentation de la combustion
- des changements importants apportés au CCP de l'installation
- des changements dans la position ou le déplacement du combustible ou dans la direction du chargement en combustible

9.8 Examen périodique

Orientation

Le titulaire de permis devrait effectuer des examens périodiques des LCE du combustible pour s'assurer qu'elles demeurent applicables et qu'elles sont mises à jour au besoin.

9.9 Limites d'intervention et délais d'intervention

Exigences

Le titulaire de permis doit définir et traiter les mesures à prendre et le calendrier de ces mesures lorsque le combustible n'est pas apte au service ou est soupçonné de ne pas l'être.

9.10 Documentation de la base

Exigences

Le titulaire de permis doit s'assurer que la base sur laquelle les LCE sont établies est facilement accessible afin d'améliorer la capacité du personnel de la centrale à interpréter, observer et appliquer les LCE.

Appendix A: Application de la défense en profondeur pour la sûreté du combustible

La défense en profondeur (DP) est une pierre angulaire de la philosophie de réglementation canadienne. Chaque niveau de défense a ses propres objectifs, y compris la protection des barrières pertinentes et les moyens essentiels à cette protection. La DP est utilisée pour déterminer la sûreté du combustible nucléaire dans les réacteurs refroidis à l'eau comme les réacteurs CANDU. Pour ces réacteurs, les deux premiers des cinq obstacles physiques au rejet de matières radioactives sont la matrice du combustible et la gaine du combustible. Le circuit caloporteur primaire (CCP), le confinement et la zone d'exclusion constituent les trois autres obstacles physiques. D'autres conceptions de réacteurs répondent aux mêmes exigences par d'autres moyens.

Le document REGDOC-3.5.3, *Principes fondamentaux de réglementation* [5] fournit de l'information sur les principes de la DP. Les informations pour la mise en œuvre de la DP pour la sûreté du combustible nucléaire sont fournies ci-dessous.

La CCSN a formulé des exigences et fourni de l'orientation concernant la conception du combustible, les mécanismes de dégradation et les limites associées, la qualification, la surveillance, l'inspection et l'exploitation, afin d'assurer l'application des principes de DP à toutes les activités liées au combustible afin que le rendement du combustible soit conforme à ses objectifs de sûreté de conception pendant les divers états de fonctionnement et en conditions d'accident. Ces exigences et orientation formulées peuvent être classées selon leur niveau respectif de défense :

La DP de niveau 1 est atteinte par une ingénierie et une construction robuste. Pour ce faire, il est impératif que le processus de conception et de qualification du combustible soit exhaustif et que la fabrication soit contrôlée. Les limites d'aptitude fonctionnelle ainsi que les limites et les conditions d'exploitation (LCE) sont définies afin d'informer les exploitants et de les empêcher de s'écarter du fondement d'autorisation.

La DP de niveau 2 est atteinte en ayant des limites d'aptitude fonctionnelle appropriées pour appuyer l'analyse déterministe de la sûreté de niveau 2. Le niveau 2 est encore amélioré par la mise en place d'un programme de surveillance et d'inspection fonctionnel permettant de déceler les écarts et les anomalies et de prendre des mesures correctives pour rétablir l'état normal du combustible.

La DP de niveaux 3 et 4 est atteinte en ayant des mécanismes de défaillance et des critères de sûreté documentés et compris, conjointement avec une conception du combustible robuste, de sorte que si un accident de dimensionnement se produisait, le comportement du combustible serait compris et la barrière serait protégée conformément au dimensionnement du combustible. Pour les accidents hors dimensionnement (niveau 4), la compréhension et la protection devraient être assurées dans la mesure du possible.

La DP de niveau 5 ne s'applique pas à la sûreté du combustible nucléaire.

Afin d'assurer le succès des quatre niveaux de DP, l'attribution et la sous-division de la responsabilité en matière de sûreté doivent être bien définies tout au long de la phase de conception d'un nouveau combustible et pendant toute modification subséquente. Pour ce faire, une autorité compétente en matière de conception du combustible est habituellement désignée.

Appendix B: Principaux mécanismes de dégradation pour l'exploitation normale

Cette annexe énumère les principaux mécanismes de dégradation dans des conditions d'exploitation normales.

Tableau B-A : Principaux mécanismes de dégradation affectant le combustible CANDU dans des conditions normales d'exploitation

Catégorie de dégradation	Effet observable	Principaux paramètres ayant une influence	Répercussions sur la sûreté
Déformation sans perte de matériau	<ul style="list-style-type: none"> Affaissement et plissement de la gaine 	<ul style="list-style-type: none"> Pression du caloporteur Température 	<ul style="list-style-type: none"> Résistance mécanique Transfert de chaleur
	<ul style="list-style-type: none"> Ballonnement (uniforme) ou gonflement (non uniforme) de la gaine 	<ul style="list-style-type: none"> Pression interne des gaz Température 	<ul style="list-style-type: none"> Résistance mécanique Transfert de chaleur Perte d'intégrité de la gaine
	<ul style="list-style-type: none"> Interaction mécanique entre les granules et la gaine 	<ul style="list-style-type: none"> Rampes d'alimentation 	<ul style="list-style-type: none"> Perte d'intégrité de la gaine
	<ul style="list-style-type: none"> Déformation en arc d'un élément 	<ul style="list-style-type: none"> Charges Température 	<ul style="list-style-type: none"> Résistance mécanique Transfert de chaleur
	<ul style="list-style-type: none"> Déformation de la plaque d'extrémité 	<ul style="list-style-type: none"> Charges 	<ul style="list-style-type: none"> Résistance mécanique Transfert de chaleur
	<ul style="list-style-type: none"> Affaissement de la grappe, en arc 	<ul style="list-style-type: none"> Charges 	<ul style="list-style-type: none"> Résistance mécanique Transfert de chaleur
	<ul style="list-style-type: none"> Déformation athermique de la gaine 	<ul style="list-style-type: none"> Charges 	<ul style="list-style-type: none"> Perte d'intégrité de la gaine
Déformation avec perte de matériau	<ul style="list-style-type: none"> Frottement 	<ul style="list-style-type: none"> Interaction avec les débris 	<ul style="list-style-type: none"> Perte d'intégrité de la gaine
	<ul style="list-style-type: none"> Usure des patins 	<ul style="list-style-type: none"> Interaction avec les tubes de force 	<ul style="list-style-type: none"> Transfert de chaleur Impact sur l'état du tube de force
	<ul style="list-style-type: none"> Usure des bagues d'espacement 	<ul style="list-style-type: none"> Interaction avec les tubes de force 	<ul style="list-style-type: none"> Transfert de chaleur
	<ul style="list-style-type: none"> Égratignures, entailles 	<ul style="list-style-type: none"> Interaction avec les composants internes du réacteur 	<ul style="list-style-type: none"> Perte d'intégrité de la gaine
Changement dans les	<ul style="list-style-type: none"> Oxydation de la gaine 	<ul style="list-style-type: none"> Température 	<ul style="list-style-type: none"> Résistance mécanique Transfert de chaleur

Catégorie de dégradation	Effet observable	Principaux paramètres ayant une influence	Répercussions sur la sûreté
propriétés des matériaux		<ul style="list-style-type: none"> Chimie du fluide caloporteur 	
	<ul style="list-style-type: none"> Hydruration 	<ul style="list-style-type: none"> Chimie du fluide caloporteur 	<ul style="list-style-type: none"> Résistance mécanique Température de la gaine
	<ul style="list-style-type: none"> Corrosion sous contrainte 	<ul style="list-style-type: none"> Rampes d'alimentation Composition interne du gaz 	<ul style="list-style-type: none"> Perte d'intégrité de la gaine
	<ul style="list-style-type: none"> Corrosion par crevasses 	<ul style="list-style-type: none"> Chimie du fluide caloporteur 	<ul style="list-style-type: none"> Impact sur l'état du tube de force
	<ul style="list-style-type: none"> Transitions de phase matérielle 	<ul style="list-style-type: none"> Température Irradiation 	<ul style="list-style-type: none"> Résistance mécanique
	<ul style="list-style-type: none"> Croissance des grains du combustible 	<ul style="list-style-type: none"> Température Irradiation 	<ul style="list-style-type: none"> Transfert de chaleur
	<ul style="list-style-type: none"> Variation de la pression interne du gaz et de sa composition 	<ul style="list-style-type: none"> Taux de combustion Température 	<ul style="list-style-type: none"> Transfert de chaleur Corrosion sous contrainte
Pertes de l'intégrité	<ul style="list-style-type: none"> Défaillances des soudures du bouchon d'extrémité à la gaine 	<ul style="list-style-type: none"> Défauts de fabrication Charges 	<ul style="list-style-type: none"> Perte d'intégrité de la gaine
	<ul style="list-style-type: none"> Ruptures de soudure du bouchon d'extrémité à la plaque d'extrémité 	<ul style="list-style-type: none"> Défauts de fabrication Charges Fatigue 	<ul style="list-style-type: none"> Résistance mécanique
	<ul style="list-style-type: none"> Fissures de la plaque d'extrémité 	<ul style="list-style-type: none"> Vibrations Charges Fatigue 	<ul style="list-style-type: none"> Résistance mécanique

Appendix C: Mécanismes de dégradation du combustible

Voici quelques exemples de mécanismes de dégradation du combustible dans les incidents de fonctionnement prévus (IFP) (DP de niveau 2 sans défaillance) et les événements lents d'accidents de dimensionnement (AD) (DP de niveau 2 avec défaillance et DP de niveau 3) :

- affaissement et plissement de la gaine (axiale ou longitudinale)
- ballonnement (uniforme) ou gonflement (non uniforme) de la gaine
- interaction mécanique entre les granules et la gaine
- déformation en arc d'un élément
- déformation de la plaque d'extrémité
- affaissement de la grappe, en arc
- oxydation de la gaine
- hydruration
- corrosion sous contrainte
- transitions de phase matérielle
- variation de la pression interne et de la composition du gaz de l'élément
- défaillances des soudures du bouchon d'extrémité à la gaine
- ruptures de soudure du bouchon d'extrémité à la plaque d'extrémité
- fissures de la plaque d'extrémité

Appendix D: Critères d'acceptation pour les accidents de dimensionnement

Cette annexe montre des exemples de critères d'acceptation pour les accidents de dimensionnement (AD).

Tableau D-A : Exemples de critères d'acceptation des systèmes de combustible CANDU pour les accidents de dimensionnement

Barrière pour le rejet de produits de fission ou fonction de sûreté fondamentale	Critères d'acceptation qualitatifs comme critères d'acceptation dérivés
Matrice de combustible	<ul style="list-style-type: none"> • Pas de fusion dans le centre du combustible • Pas de rupture du combustible • Pas de dépôt excessif d'énergie
Gaine de combustible	<ul style="list-style-type: none"> • Les éléments combustibles (barres de combustible) qui dépassent les critères de densité du flux thermique critique ou le critère de crise d'ébullition sont présumés se briser et contribuer à la dose hors site • Aucune déformation excessive de la gaine de combustible • Les éléments combustibles doivent répondre aux limites applicables pour : <ul style="list-style-type: none"> ○ la température de la gaine ○ l'oxydation locale de la gaine ○ la fragilisation de la gaine de combustible par l'oxygène
Assemblage de combustible	<ul style="list-style-type: none"> • Maintien de la capacité de refroidissement du combustible • Conservation de la géométrie barre-grappe avec suffisamment de canaux de caloporteur pour permettre d'éliminer la chaleur résiduelle • Pas d'obstacle au moyen utilisé pour l'arrêt du réacteur dû au changement de géométrie (réacteur à eau ordinaire – REO)

Glossaire

Les définitions des termes utilisés dans le présent document figurent dans le [REGDOC-3.3.6, *Glossaire de la CCSN*](#), qui comprend des termes et des définitions tirés de la [Loi sur la sûreté et la réglementation nucléaires](#) de ses règlements d'application ainsi que des documents d'application de la réglementation et d'autres publications de la CCSN. Le REGDOC-3.6 est fourni à titre de référence et pour information.

Les termes suivants sont soit nouveaux, soit modifiés. À la suite de la consultation publique, la version définitive des termes et des définitions sera ajoutée à la prochaine version du REGDOC-3.3.6, *Glossaire de la CCSN*.

conception du combustible

Conception du système qui fournit, soutient, confine et refroidit la matrice du combustible. Globalement, cela comprend les regroupements de composants de combustible en grappes, en assemblages, en piles et en chapelets de grappes de combustible.

Références

La CCSN pourrait inclure des références à des documents sur les pratiques exemplaires et les normes, comme celles publiées par le Groupe CSA. Avec la permission du Groupe CSA, qui en est l'éditeur, toutes les normes de la CSA associées au nucléaire peuvent être consultées gratuitement sur la page Web de la CCSN « [Comment obtenir un accès gratuit à l'ensemble des normes de la CSA associées au nucléaire](#) ».

1. Groupe CSA. CSA N286-12, *Exigences relatives au système de gestion des installations nucléaires*, Toronto, Canada, 2012.
2. Groupe CSA. CSA N299.1, *Exigences des programmes d'assurance de la qualité visant la fourniture de produits et de services destinés aux centrales nucléaires*, Toronto, Canada, 2019.
3. Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA), SSR-2/1 : *Sûreté des centrales nucléaires : conception* (Rév. 1), Vienne, Autriche, 2019.
4. AIEA, SSG-52, *Design of the Reactor Core for Nuclear Power Plants*, Vienne, Autriche, 2019
5. Commission canadienne de sûreté nucléaire (CCSN), [REGDOC-3.5.3, Principes fondamentaux de réglementation](#), Ottawa, Canada.
6. AIEA, TECDOC N° 1926 *Technical Review Of Acceptance Criteria For Pressurized Heavy Water Reactor Fuel*, Vienne, Autriche, 2020.
7. Groupe CSA. CSA N286.7, *Assurance de la qualité des programmes informatiques scientifiques, d'analyse et de conception des centrales nucléaires*, Toronto, Canada, 2016.
8. CCSN, [REGDOC-3.1.1, Rapports à soumettre par les exploitants de centrales nucléaires](#), Ottawa, Canada.

Renseignements supplémentaires

La CCSN pourrait recommander d'autres documents sur les pratiques exemplaires et les normes, comme ceux publiés par le Groupe CSA. Avec la permission du Groupe CSA, qui en est l'éditeur, toutes les normes de la CSA associées au nucléaire peuvent être consultées gratuitement à partir de la page Web de la CCSN « [Comment obtenir un accès gratuit à l'ensemble des normes de la CSA associées au nucléaire](#) ».

Les documents suivants fournissent des renseignements supplémentaires qui pourraient être pertinents et faciliter la compréhension des exigences et de l'orientation fournies dans le présent document d'application de la réglementation :

- Commission canadienne de sûreté nucléaire (CCSN), REGDOC-2.4.1, *Analyse déterministe de la sûreté*, Ottawa, Canada.
- CCSN, REGDOC-2.5.2, *Conception d'installations dotées de réacteurs : Centrales nucléaires*, Ottawa, Canada.
- Département de la Défense des États-Unis, [Systems Engineering Fundamentals](#), Washington, États-Unis d'Amérique, 2001.

Série de documents d'application de la réglementation de la CCSN

Les installations et activités du secteur nucléaire du Canada sont réglementées par la CCSN. En plus de la *Loi sur la sûreté et la réglementation nucléaires* et de ses règlements d'application, il pourrait y avoir des exigences en matière de conformité à d'autres outils de réglementation, comme les documents d'application de la réglementation ou les normes.

Les documents d'application de la réglementation préparés par la CCSN sont classés en fonction des catégories et des séries suivantes :

1.0 Installations et activités réglementées

- Séries
- 1.1 Installations dotées de réacteurs
 - 1.2 Installations de catégorie IB
 - 1.3 Mines et usines de concentration d'uranium
 - 1.4 Installations de catégorie II
 - 1.5 Homologation d'équipement réglementé
 - 1.6 Substances nucléaires et appareils à rayonnement

2.0 Domaines de sûreté et de réglementation

- Séries
- 2.1 Système de gestion
 - 2.2 Gestion de la performance humaine
 - 2.3 Conduite de l'exploitation
 - 2.4 Analyse de la sûreté
 - 2.5 Conception matérielle
 - 2.6 Aptitude fonctionnelle
 - 2.7 Radioprotection
 - 2.8 Santé et sécurité classiques
 - 2.9 Protection de l'environnement
 - 2.10 Gestion des urgences et protection-incendie
 - 2.11 Gestion des déchets
 - 2.12 Sécurité
 - 2.13 Garanties et non-prolifération
 - 2.14 Emballage et transport

3.0 Autres domaines de réglementation

- Séries
- 3.1 Exigences relatives à la production de rapports
 - 3.2 Mobilisation du public et des Autochtones
 - 3.3 Garanties financières
 - 3.4 Séances de la Commission
 - 3.5 Processus et pratiques de la CCSN
 - 3.6 Glossaire de la CCSN

Remarque : Les séries de documents d'application de la réglementation pourraient être modifiées périodiquement par la CCSN. Chaque série susmentionnée peut comprendre plusieurs documents d'application de la réglementation. Pour obtenir la plus récente [liste de documents d'application de la réglementation](#), veuillez consulter le site Web de la CCSN.