



Analyse de la sûreté

# Sûreté et qualification du combustible nucléaire

---

REGDOC-2.4.5

Avril 2024



## **Sûreté et qualification du combustible nucléaire**

Document d'application de la réglementation REGDOC-2.4.5

© Sa Majesté le Roi du chef du Canada, représenté par le ministre des Ressources naturelles, 2024

N° de cat. CC172-256/2024F-PDF

ISBN 978-0-660-70698-6

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 Commission canadienne de sûreté nucléaire.

*Also available in English under the title: Nuclear Fuel Safety and Qualification*

### **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 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)

Télécopieur : 613-995-5086

Courriel : [cncs.info.ccsn@cncs-ccsn.gc.ca](mailto:cncs.info.ccsn@cncs-ccsn.gc.ca)

Site Web : [suretenucleaire.gc.ca](http://suretenucleaire.gc.ca)

Facebook : [facebook.com/Commissioncanadienedesuretenucleaire](https://facebook.com/Commissioncanadienedesuretenucleaire)

YouTube : [youtube.com/ccsnccsc](https://youtube.com/ccsnccsc)

X/Twitter : [@CCSN\\_CCSC](https://twitter.com/CCSN_CCSC)

LinkedIn : [linkedin.com/company/cncs-ccsn](https://linkedin.com/company/cncs-ccsn)

### **Historique de publication**

s.o

## 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 et qualification du combustible nucléaire* précise les exigences et fournit de l'orientation visant la conception, l'exploitation, la surveillance, la qualification et les évaluations du rendement du combustible pour les installations dotées de réacteurs en exploitation.

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

Pour en savoir plus sur la mise en œuvre des documents d'application de la réglementation et sur la méthode graduelle, consultez le REGDOC-3.5.3, *Principes fondamentaux de réglementation*. [1]

Le terme « doit » est employé pour exprimer une exigence à laquelle le titulaire ou le demandeur 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 du présent document d'application de la réglementation; et le terme « peut » exprime une possibilité ou une capacité.

Aucun élément du présent document ne doit être interprété 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

<b>1.</b>	<b>Introduction.....</b>	<b>3</b>
1.1	Objet .....	3
1.2	Portée .....	3
1.3	Législation pertinente .....	3
1.4	Normes nationales et internationales .....	4
<b>2.</b>	<b>Sûreté du combustible .....</b>	<b>4</b>
<b>3.</b>	<b>Conception du combustible.....</b>	<b>4</b>
3.1	Conception du combustible et limites connexes .....	5
3.2	Contrôle de la conception du combustible et du processus de conception .....	5
3.3	Autorité responsable de la conception du combustible.....	6
<b>4.</b>	<b>Processus de conception du combustible .....</b>	<b>6</b>
4.1	Exigences relatives à la conception .....	6
4.2	Objectifs de sûreté nominaux.....	7
4.3	Défense en profondeur.....	8
4.4	Analyse de la sûreté .....	8
4.5	Portée des considérations relatives à la conception .....	8
4.6	Paramètres d'entrée des considérations relatives au processus de conception .....	8
4.7	Mécanismes de dégradation.....	9
4.8	Avis.....	9
4.9	Modification à la conception .....	10
4.10	Documentation.....	10
<b>5.</b>	<b>Processus de qualification du combustible .....</b>	<b>10</b>
5.1	Objectif de qualification .....	10
5.2	Fondement technique.....	11
5.3	Système de gestion et assurance de la qualité.....	11
5.4	Attestation de la qualification .....	11
<b>6.</b>	<b>Documents soumis relatifs à la conception de combustible.....</b>	<b>12</b>
<b>7.</b>	<b>Aptitude fonctionnelle du combustible .....</b>	<b>12</b>
7.1	Critères d'aptitude fonctionnelle du combustible .....	13
7.2	Fondement technique.....	13
7.3	Évaluations de l'aptitude fonctionnelle du combustible .....	13
7.4	Tenue des documents.....	14

<b>8.</b>	<b>Programme de surveillance et d'inspection du combustible.....</b>	<b>14</b>
8.1	Programme.....	14
8.2	Capacités.....	14
8.3	Évaluation des constatations.....	15
8.4	Production de rapports.....	16
8.5	Mesures correctives.....	16
8.6	Établissement des tendances.....	16
8.7	Processus d'inspection.....	16
8.8	Inspection.....	17
8.9	Entretien de l'équipement.....	17
8.10	Combustible défectueux et combustible en mauvais état.....	17
8.11	Tenue des documents.....	18
<b>9.</b>	<b>Limites et conditions d'exploitation du combustible .....</b>	<b>18</b>
9.1	Principes d'établissement.....	18
9.2	Aptitude fonctionnelle.....	18
9.3	Modes d'exploitation.....	18
9.4	Transition vers de nouvelles conditions d'exploitation.....	19
9.5	Vieillesse.....	19
9.6	Corrosion.....	19
9.7	Changements en matière d'exploitation.....	20
9.8	Examen périodique.....	20
9.9	Seuils d'intervention et délais d'intervention.....	20
9.10	Documentation du fondement.....	20
	Annexe A : Principaux mécanismes de dégradation.....	21
	Annexe B : Critères d'acceptation visant les accidents de dimensionnement qui mettent en cause des réacteurs CANDU.....	23

## Sûreté et qualification du combustible nucléaire

### 1. Introduction

#### 1.1 Objet

Le présent document d'application de la réglementation précise les exigences réglementaires et fournit de l'orientation visant la conception, l'exploitation, la surveillance, la qualification et les évaluations du rendement relatives au combustible nucléaire.

Il définit un ensemble exhaustif d'exigences réglementaires liées au combustible et fournit de l'orientation fondée sur le risque qui s'aligne sur les pratiques et codes nationaux et internationaux reconnus.

#### 1.2 Portée

Le présent document porte sur la conception, l'exploitation, la surveillance, la qualification et les évaluations du rendement du combustible pour les installations en exploitation, en mettant implicitement l'accent sur les réacteurs CANDU en exploitation, mais demeure aussi neutre que possible sur le plan technologique. Il s'applique principalement aux conceptions de combustible existantes, 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, plus précisément une conception de réacteur à combustible solide, est examinée aux fins d'autorisation au Canada, la conception, la qualification et la surveillance du combustible connexe seront assujetties aux exigences relatives aux objectifs de sûreté, aux concepts de sûreté généraux et à la gestion en matière de sûreté associées au présent document d'application de la réglementation, s'il y a lieu.

Les documents d'application de la réglementation ne s'appliquent que s'ils sont inclus dans le fondement d'autorisation de l'installation, par exemple s'ils sont cités en référence dans le manuel des conditions de permis. Compte tenu du vaste éventail de conceptions de combustible (en particulier pour les réacteurs avancés et les petits réacteurs modulaires), le demandeur ou titulaire de permis peut appliquer une approche tenant compte du risque qui comprend l'application de la méthode graduelle et des solutions de rechange, conformément au REGDOC-3.5.3, *Principes fondamentaux de réglementation*. [1]

Le présent document sera révisé au besoin pour intégrer l'expérience d'exploitation (OPEX) tirée des 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 6b) et 6g)

#### 1.4 Normes nationales et internationales

Les principes et éléments clés utilisés dans l'élaboration du présent document 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* [2]
- Série N299.1, *Exigences des programmes d'assurance de la qualité visant la fourniture de produits et de services destinés aux centrales nucléaires* [3]
- AIEA, SSG-52, *Design of the Reactor Core for Nuclear Power Plants* (en anglais) [4]
- NUREG-2246, *Fuel Qualification for Advanced Reactors* [5]

## 2. Sûreté du combustible

Les principales fonctions de sûreté du combustible sont de confiner tous les radionucléides dans le système de combustible pour limiter ou prévenir les rejets, de maintenir une géométrie permettant le refroidissement ainsi que de favoriser la mise à l'arrêt sûr ou de ne pas y nuire. Des processus rigoureux de conception, d'analyse de la sûreté, de qualification et de fabrication sont respectés en vue de produire le combustible, et une surveillance opérationnelle étroite permet de s'assurer que le combustible fonctionne comme prévu.

Le combustible nucléaire doit conserver son intégrité dans des conditions d'exploitation normale, y compris en cas d'incident de fonctionnement prévu (IFP). Dans une certaine mesure, il est possible de tolérer une défaillance du combustible dans des conditions d'accident de dimensionnement (AD) à faible fréquence (c'est-à-dire qui ne devraient pas se produire durant la vie de la centrale). La capacité d'effectuer un arrêt sûr doit être assurée, peu importe le scénario. Par conséquent, il faut établir des critères qui visent à assurer le maintien de la géométrie permettant le refroidissement dans tous les scénarios et veiller à ce que les dommages au système de combustible ne soient jamais si graves qu'ils empêcheraient un apport de réactivité négative suffisant pour maintenir la sous-criticité du réacteur.

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 défense en profondeur à toutes les activités liées au combustible de sorte que le rendement du combustible soit conforme à ses objectifs de sûreté nominaux tant dans des conditions d'exploitation que dans des conditions d'accident.

Pour obtenir des renseignements supplémentaires sur le concept et l'application de la défense en profondeur, voir les documents REGDOC-3.5.3, *Principes fondamentaux de réglementation*, [1] et REGDOC-2.5.2, *Conception d'installations dotées de réacteurs*. [6]

## 3. Conception du combustible

La conception du combustible doit être contrôlée, reflétée avec précision dans l'analyse de la sûreté de l'installation dotée de réacteurs et adéquatement qualifiée pour le sous-ensemble de tous

les états de l'installation pris en compte dans le processus de conception du combustible. Les mesures issues de programmes doivent confirmer que le combustible demeurera conforme à ses limites de sûreté à tous les niveaux applicables de défense en profondeur, pour chaque limite de sûreté explicitement prise en considération dans le dimensionnement du combustible.

### **Exigences**

Les titulaires de permis doivent disposer de mesures issues de programmes qui garantissent que la conception du combustible est :

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 compte dans le processus de conception du combustible
4. conforme à ses limites de sûreté à tous les niveaux applicables de défense en profondeur, pour chaque limite de sûreté explicitement prise en considération dans le dimensionnement du combustible

### **3.1 Conception du combustible et limites connexes**

Le titulaire de permis doit veiller à ce que la conception du combustible et les limites connexes soient établies.

### **Exigences**

En ce qui concerne la conception du combustible, le titulaire de permis doit veiller à ce qui suit :

1. toutes les phases du cycle de vie de l'installation et tous les niveaux de défense en profondeur sont pris en considération
2. le combustible demeure conforme aux limites de sûreté associées aux paramètres de conception de l'installation
3. les paramètres d'entrée de la conception sont définis
4. les exigences relatives à la conception sont définies
5. les codes informatiques relatifs à la conception et à l'analyse de la sûreté sont validés
6. la conception du combustible est qualifiée

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

### **Exigences**

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

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

### **Orientation**

Le titulaire de permis devrait s'assurer que la surveillance et la conception du combustible sont conformes aux exigences relatives au système de gestion établies dans la norme CSA N286-F12, *Exigences relatives au système de gestion des installations nucléaires*. [2]



Les mesures relatives à la conception du combustible devraient comprendre un programme d'assurance de la qualité (AQ) visant la fabrication, qui veille à ce que la chaîne d'approvisionnement du combustible repose sur une norme d'AQ 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*, [3] et qui démontre sa conformité.

Le titulaire de permis qui n'utilise pas les normes CSA N286-F12 ou CSA N299.1 devrait mettre en correspondance son système de gestion et ses mesures de contrôle de l'AQ avec les normes requises afin de démontrer qu'il satisfait aux exigences du processus de conception du combustible. Lorsque des lacunes sont relevées, le titulaire de permis devrait décrire les mesures qui permettent de les combler.

### **3.3 Autorité responsable de la conception du combustible**

#### **Exigences**

Le titulaire de permis doit désigner une autorité responsable de la conception ou un concepteur responsable du combustible, appelé ci-après l'autorité responsable de la conception du combustible, qui est responsable de ce qui suit :

1. établir une base de connaissances sur la conception du combustible qui permet au titulaire de permis de comprendre et de prévoir le comportement du combustible pour tous les états d'exploitation de la centrale comportant des incertitudes établies
2. s'assurer que le processus de conception du combustible a été suivi
3. contrôler la documentation de la conception et de son fondement technique
4. contrôler les changements
5. veiller à la qualification de la conception du combustible en fonction de son application (voir la section 5.4)

#### **Orientation**

Bien que les activités puissent être réalisées par des tiers, le titulaire de permis demeure responsable de la conformité et de la sûreté.

## **4. Processus de conception du combustible**

Dans le cadre du processus de conception du combustible, le concepteur 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 relatives à la conception du combustible ont été respectées. La complexité du processus de conception du combustible, y compris l'étape de la qualification, dépend de la nature novatrice de la conception. Le processus de conception doit tenir compte de tous les états applicables de l'installation.

### **4.1 Exigences relatives à la conception**

#### **Exigences**

Le processus de conception du combustible doit relever ce qui suit :

1. exigences fonctionnelles
2. exigences en matière de rendement

3. exigences en matière de sûreté
4. incidence environnementale
5. exigences en matière 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 normes applicables devraient comprendre le soudage, l'emballage aux fins de transport, la sécurité au travail et la manutention des matières dangereuses.

Pour obtenir des renseignements supplémentaires, les titulaires de permis devraient consulter la norme CSA N286-F12, *Exigences relatives au système de gestion des installations nucléaires*. [2]

## **4.2 Objectifs de sûreté nominaux**

### **Exigences**

Le processus de conception doit définir les objectifs de sûreté nominaux du combustible.

### **Orientation**

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

1. pour les conditions d'exploitation normale, y compris les effets des IFP :
  - a. les dommages au combustible ou sa dégradation n'invalident pas les hypothèses de l'analyse de la sûreté
  - b. les dimensions des pastilles, éléments et grappes de combustible demeureront conformes aux tolérances opérationnelles
  - c. la grappe de combustible conservera son intégrité structurale
  - d. les capacités fonctionnelles du combustible ne seront pas réduites en deçà de celles sur lesquelles repose 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 fonctionnels
2. pour les conditions d'accident prises en considération dans le rapport de sûreté (AD) :
  - a. la conception du combustible remplit les fonctions de sûreté qui correspondent à la catégorie d'événement
  - b. les défaillances de la gaine de combustible seront maintenues au niveau ALARA
  - c. l'assemblage de combustible et ses composants ne demeureront pas dans une position ni ne présenteront de déformation qui empêcherait un refroidissement efficace du cœur durant ou après un accident

Si la conception du combustible vise un réacteur autre qu'un réacteur CANDU, les objectifs de sûreté nominaux du combustible doivent être définis conformément aux pratiques exemplaires internationales, mais peuvent être considérablement différents de l'orientation fournie à l'égard des réacteurs CANDU actuellement en exploitation.

### 4.3 Défense en profondeur

#### Exigences

Le processus de conception du combustible doit tenir compte des principes fondamentaux de la défense en profondeur de niveau 1.

#### Orientation

La défense en profondeur de niveau 1 devrait être assurée par les moyens suivants :

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

Pour obtenir des renseignements supplémentaires sur la défense en profondeur, consulter le document REGDOC-3.5.3, *Principes fondamentaux de réglementation*. [1]

### 4.4 Analyse de la sûreté

#### Exigences

L'analyse de la sûreté doit être entamée au début du processus de conception du combustible, et comprendre, entre les activités de conception et les activités d'analyse de confirmation, des itérations qui reposent sur des essais expérimentaux et des essais aux fins de qualification. Elle vise à démontrer un élargissement de la portée et du niveau de détail au fil de l'évolution du processus de conception.

### 4.5 Portée des considérations relatives à la conception

#### Exigences

Les conditions du réacteur, de la mise en service à la fin de vie du cœur, doivent être prises en compte dans le processus de conception.

Les considérations relatives à la conception doivent tenir compte de tous les états de l'installation dans les paramètres de conception de celle-ci.

### 4.6 Paramètres d'entrée des considérations relatives au processus de conception

#### Exigences

Le processus de conception doit documenter la façon dont les éléments suivants ont été pris en compte :

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 barrières physiques d'interface (par exemple, les composants du circuit caloporteur primaire [CCP])
  - b. la manutention du combustible
  - c. l'entreposage du combustible
  - d. le transport
5. l'entreposage et la réduction au minimum des déchets
6. l'OPEX

#### **4.7 Mécanismes de dégradation**

##### **Exigences**

Le processus de conception doit déterminer les mécanismes de dégradation du combustible et les limites de rendement connexes qui pourraient remettre en question 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 empêcher, dans la mesure où elles sont respectées et dans le respect des marges, l'endommagement du combustible (élément ou grappe) et des composants des canaux de combustible (c'est-à-dire que les composants du combustible et des canaux de combustible demeurent en état de fonctionner) dans les conditions d'exploitation
5. les mécanismes liés aux dommages et aux défaillances du combustible et les limites connexes doivent refléter une base de connaissances vérifiées et vérifiables

##### **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 substitution mesurable devrait être définie. De telles limites de substitution devraient intégrer des facteurs de sûreté techniques prudents.

L'annexe A présente des exemples de mécanismes de dégradation associés aux réacteurs CANDU.

Pour obtenir des renseignements supplémentaires sur le concept et l'application de la défense en profondeur, voir les documents REGDOC-3.5.3, *Principes fondamentaux de réglementation*, [1] et REGDOC-2.5.2, *Conception d'installations dotées de réacteurs*. [6]

#### **4.8 Avis**

##### **Exigences**

Lorsqu'il envisage d'apporter des modifications à la conception du combustible, le titulaire de permis doit demander au personnel de la CCSN de confirmer que les modifications 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 modifications respectent le fondement d'autorisation.

### **4.9 Modification à la conception**

#### **Exigences**

Le titulaire de permis doit évaluer les modifications proposées aux spécifications de la 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 à la conception.

Lorsque le titulaire de permis obtient une conception du combustible d'un concepteur spécialisé, il doit démontrer qu'il dispose des processus et des capacités techniques nécessaires pour évaluer et accepter les exigences et limites que doit respecter le combustible, y compris la façon dont le combustible est produit et dont la conception du combustible est documentée afin de satisfaire aux exigences propres à l'installation du titulaire de permis.

### **4.10 Documentation**

#### **Exigences**

Le processus de conception du combustible doit documenter la conception du combustible et décrire comment celle-ci satisfait aux exigences établies.

## **5. Processus de qualification du combustible**

La qualification du combustible est une activité clé du processus de conception du combustible. Elle vise à s'assurer que la conception définitive satisfait à toutes les exigences relatives à la conception du combustible. La qualification de la conception du combustible est déterminée par une analyse fondée sur des méthodes éprouvées et par des essais de qualification.

### **5.1 Objectif de qualification**

#### **Exigences**

Dans le cadre du processus de qualification, il faut démontrer que la conception satisfait à toutes les exigences et aux limites connexes.

#### **Orientation**

Un processus de qualification devrait reposer sur une analyse systématique de toutes les données disponibles et de l'OPEX afin de cerner les lacunes sur le plan des connaissances ainsi que les nouveaux modes de défaillance possibles. Un programme de R-D devrait servir à combler les lacunes sur le plan des connaissances. Au besoin, des essais distincts des effets ainsi que des essais intégraux devraient être effectués pour confirmer les limites de sûreté et les critères d'acceptation du combustible. Le recours aux essais d'irradiation ou aux assemblages d'essais principaux de concert avec la surveillance est encouragé.

Le processus de qualification devrait comprendre la qualification des spécifications et du processus de fabrication du combustible.

Les conceptions de combustible destinées aux réacteurs avancés devraient établir le processus de qualification du combustible en fonction de l'orientation internationale appropriée, comme le NUREG-2246, *Fuel Qualification for Advanced Reactors* (en anglais). [5]

## 5.2 Fondement technique

### Exigences

Le fondement technique du processus de qualification :

1. repose sur l'OPEX ou est démontré par un programme d'essais et d'analyses expérimentaux, ou une combinaison des deux, où :
  - a. toute l'OPEX citée en référence doit être documentée et vérifiable
  - b. l'OPEX ou des essais expérimentaux visant une conception de combustible identique ou semblable dans une conception de réacteur identique ou semblable; pour tout fondement technique s'appuyant sur ces éléments de « conception semblable », le titulaire de permis doit documenter et évaluer les différences entre les 2 conceptions
2. démontre la pertinence de ce qui suit :
  - a. la modélisation et l'analyse aux fins de qualification
  - b. le régime d'essais de qualification
  - c. les paramètres d'exploitation et de conception documentés du combustible
3. doit refléter une base de connaissances vérifiées et vérifiables

### Orientation

Le fondement technique de la qualification devrait faire la preuve que le combustible est qualifié aux fins d'utilisation en démontrant que les modèles et codes d'évaluation utilisés ainsi que les données expérimentales sont appropriés et fondés sur des données probantes et des techniques rigoureuses. Il devrait démontrer que les incertitudes, lacunes et limites des modèles et des expériences sont comprises et que les effets de falaise ont été repérés.

Dans la mesure du possible, les modèles et codes devraient être vérifiés et validés par rapport aux normes nationales appropriées, comme la norme CSA N286.7, *Assurance de la qualité des programmes informatiques scientifiques, d'analyse et de conception des centrales nucléaires*, [7] et devraient s'appliquer à l'ensemble des paramètres visés de rendement du combustible.

## 5.3 Système de gestion et assurance de la qualité

### Exigences

Le processus de qualification doit respecter les exigences relatives au système de gestion et à l'AQ du titulaire de permis.

## 5.4 Attestation de la qualification

### Exigences

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

### Orientation

L'attestation de la qualification du combustible est une attestation écrite qui affirme que l'autorité responsable de la conception du combustible a examiné la conception, a accepté la qualification

et a approuvé l'utilisation de la conception du combustible pour le compte du titulaire de permis. Elle devrait démontrer que l'autorité responsable de la conception du combustible est qualifiée à cette fin sur le plan professionnel et qu'elle a assumé la responsabilité professionnelle de s'assurer que la conception du combustible peut être utilisée en toute sûreté à l'installation autorisée.

## 6. Documents soumis relatifs à la conception de combustible

### Exigences

Avant de charger une conception nouvelle ou modifiée de combustible 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 qualifiée :

1. dans le cas d'une conception de combustible modifiée, une évaluation visant à déterminer si le changement constitue ou non une modification du fondement d'autorisation
2. les exigences relatives à la conception du combustible
3. une description détaillée de la conception du combustible
4. le dossier de sûreté actuel/mis à jour
5. le fondement technique en vue de la qualification
6. les paramètres de qualification documentés
7. un résumé des résultats de la qualification
8. l'attestation de la qualification par l'autorité responsable de la conception du combustible du titulaire de permis (voir la section 5.4)

Des renseignements supplémentaires doivent être fournis sur demande au personnel de la CCSN.

### Orientation

La CCSN encourage une mobilisation tôt dans le processus en vue de l'évaluation des conceptions de combustible nouvelles ou modifiées.

En ce qui concerne les essais d'irradiation, si le nombre de grappes à irradier est faible, la méthode graduelle peut être utilisée.

Pour les nouvelles conceptions de réacteur, les renseignements relatifs au combustible devraient faire partie de la demande de permis de construction de l'installation.

## 7. Aptitude fonctionnelle du combustible

Pour que le combustible soit utilisé en toute sûreté, l'état du combustible doit être conforme aux critères d'aptitude fonctionnelle pertinents. Dans ce contexte, l'aptitude fonctionnelle est l'état physique nécessaire pour que les barrières qui protègent le combustible demeurent intactes, les dimensions du système de combustible demeurent conformes aux tolérances opérationnelles, l'intégrité structurale soit maintenue, les paramètres du combustible demeurent conformes aux 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 général, les évaluations de l'aptitude fonctionnelle sont réalisées au moyen d'une surveillance et d'une inspection continues durant l'exploitation normale, ainsi qu'au moyen d'examen des événements après un IFP ou un AD.

### **7.1 Critères d'aptitude fonctionnelle du combustible**

#### **Exigences**

Le titulaire de permis doit s'assurer que les critères d'aptitude fonctionnelle du combustible sont définis et consignés, dans la mesure du possible.

#### **Orientation**

Le titulaire de permis devrait tenir compte des éléments suivants, sur lesquels devraient reposer les critères :

1. les exigences que doit respecter le combustible dans le cadre des processus de conception et de qualification
2. les limites d'autorisation
3. l'OPEX
4. les problèmes que posent les IFP pour le combustible
5. les exigences relatives à la remise en service après un IFP ou un AD

### **7.2 Fondement technique**

#### **Exigences**

Le titulaire de permis doit disposer d'un fondement technique documenté pour l'ensemble des critères d'aptitude fonctionnelle du combustible ainsi que d'une méthode visant à 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 il faut procéder à des évaluations de l'aptitude fonctionnelle du combustible
2. évalue l'aptitude fonctionnelle du combustible

#### **Orientation**

L'aptitude fonctionnelle devrait être évaluée dans le but de comprendre les mécanismes de dégradation et leurs taux de dégradation respectifs.

Les codes informatiques qui servent aux évaluations de l'aptitude fonctionnelle du combustible devraient être validés pour l'application visée et 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 documents

### Exigences

Le titulaire de permis doit tenir des documents sur l'état du combustible déterminé ou inféré au moyen des données d'exploitation, des inspections ou des évaluations.

## 8. Programme de surveillance et d'inspection du combustible

Le programme de surveillance et d'inspection du combustible permet d'établir l'état du combustible et l'ampleur des dégradations qualitatives ou quantitatives selon leur gravité 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 des titulaires de permis en matière de sûreté 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 déceler rapidement les événements qui sont importants pour la sûreté et qui se produisent à divers niveaux de défense en profondeur, laissant ainsi suffisamment de temps pour mettre en œuvre des mesures correctives efficaces afin d'éviter que ces événements se reproduisent.

### 8.1 Programme

#### Exigences

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

#### Orientation

Le programme de surveillance et d'inspection devrait permettre ce qui suit :

1. confirmer que l'état du combustible frais est acceptable avant l'irradiation, par exemple en confirmant l'absence de corps étrangers ou de dommages mécaniques
2. surveiller l'état du combustible dans le cœur pour déceler la dégradation ou la défaillance, par exemple en surveillant la présence de radionucléides dans le caloporteur
3. s'assurer que le combustible remanié est en bon état, soit en fonction des limites d'analyse, soit par une inspection
4. inférer l'état du combustible dans le cœur en effectuant des inspections après l'irradiation
5. surveiller les taux de dégradation du combustible

La surveillance et l'inspection du combustible utilisé dans le cadre de la gestion des déchets dépassent la portée du présent document.

### 8.2 Capacités

#### Exigences

Le titulaire de permis doit veiller à ce que le programme de surveillance et d'inspection comprenne la surveillance du combustible dans le cœur de même que des inspections sur le site

du combustible frais ainsi que du combustible usé en piscine et, au besoin, des examens en cellules chaudes.

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

1. comprendre des capacités d'échantillonnage chimique ou d'instrumentation permettant de déceler la dégradation ou la défaillance du combustible
2. exiger que seul le personnel formé effectue des inspections
3. comprendre des procédures et de l'orientation sur la façon d'effectuer des inspections
4. exiger que de l'équipement d'essai, de mesure et d'inspection étalonné et en bon état soit disponible
5. assurer la capacité d'effectuer le nombre d'inspections requises
6. 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
7. créer et tenir à jour un répertoire pour consigner les résultats de l'inspection du combustible

### **Orientation**

Les inspections du combustible frais visent à s'assurer que le combustible entrant a été fabriqué conformément à la norme de qualité appropriée et qu'il n'a pas été endommagé ni contaminé durant 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 son chargement.

Les inspections du combustible usé visent à inférer l'état actuel du combustible dans le cœur et à déclencher la prise de mesures d'atténuation au besoin.

Les données obtenues lors des inspections du combustible usé peuvent également servir à déterminer si le combustible, dans des conditions d'accident, fonctionnera conformément aux objectifs de sûreté nominaux et si les exploitants pourront prendre les mesures voulues dans les conditions d'accident hypothétiques.

## **8.3 Évaluation des constatations**

### **Exigences**

Dans le cadre du programme de surveillance et d'inspection du combustible, le titulaire de permis doit évaluer régulièrement les constatations, tendances et causes ainsi que leurs répercussions potentielles, et confirmer que le combustible demeure fonctionnel et conforme à l'état analysé.

### **Orientation**

Le titulaire de permis devrait s'assurer que l'expertise d'un vaste 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 d'expertise 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-3.1.1.1, *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 permet de relever les constatations qui pourraient avoir des répercussions sur l'aptitude fonctionnelle du combustible ou sur l'état analysé ainsi que de prendre des mesures correctives ou des mesures d'atténuation proportionnelles au niveau de risque connexe.

## **8.6 Établissement des tendances**

### **Exigences**

Le titulaire de permis doit définir les niveaux associés aux conditions et états dégradés prévus du combustible afin de cerner les tendances négatives.

### **Orientation**

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

## **8.7 Processus d'inspection**

### **Exigences**

Lors du recours à l'échantillonnage, le titulaire de permis doit s'assurer qu'il existe un processus documenté de sélection des échantillons aux fins d'inspection.

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

### **Orientation**

Aux fins de surveillance générique, la majorité des inspections devraient reposer sur des échantillons choisis de manière aléatoire.

Aux fins de surveillance ciblée, il faudrait choisir des échantillons de combustible 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 relevé est de 20 grappes par année d'exploitation normale par réacteur. Pour les réacteurs de conception différente, le titulaire de permis doit obtenir l'approbation du personnel de la CCSN à l'égard d'un niveau minimum acceptable d'inspections.

Des inspections supplémentaires doivent être effectuées lorsque des mécanismes de dégradation active ou d'autres problèmes sont relevés.

### **Orientation**

Le combustible enlevé du cœur parce qu'il n'est pas, ou pourrait ne pas être, en bon état devrait faire l'objet d'une inspection afin de comprendre, de documenter et de traiter la cause fondamentale de la préoccupation liée à l'aptitude fonctionnelle.

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

Une année d'exploitation normale représente la durée d'exploitation à pleine puissance prévue pour un réacteur de cette technologie, compte tenu de son facteur de capacité typique. Le nombre d'inspections requises peut être calculé au prorata pour tenir compte des arrêts prolongés ou des activités de réfection.

## **8.9 Entretien de l'équipement**

### **Exigences**

Le titulaire de permis doit s'assurer que l'équipement qui sert à surveiller, localiser et enlever le combustible en mauvais état est correctement entretenu et fonctionne lorsqu'il est requis.

### **Orientation**

L'équipement de surveillance devrait fonctionner en tout temps lorsque le réacteur est en exploitation. L'équipement de localisation et d'enlèvement n'est requis que lorsque des défauts du combustible sont détectés.

## **8.10 Combustible défectueux et combustible en mauvais état**

### **Exigences**

Le titulaire de permis doit enlever le combustible qui a été jugé défectueux ou qui ne satisfait pas aux critères d'aptitude fonctionnelle. Si le combustible ne peut pas être enlevé rapidement, le titulaire de permis doit prendre des mesures d'atténuation appropriées entre-temps.

### **Orientation**

Le titulaire de permis devrait 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 les conduites du CCP peuvent entraîner une hausse des doses aux travailleurs.

Le titulaire de permis devrait appliquer le principe ALARA lorsqu'il détermine les ressources et efforts déployés pour repérer et enlever le combustible défectueux ou prendre les mesures d'atténuation voulues. Les doses de rayonnement reçues par le personnel à la suite de ces efforts doivent être maintenues au niveau ALARA.

### **8.11 Tenue des documents**

#### **Exigences**

Le titulaire de permis doit tenir des registres des résultats de la surveillance et de l'inspection du combustible de manière à permettre leur utilisation aux fins d'analyse et d'établissement des tendances.

## **9. Limites et conditions d'exploitation du combustible**

Les mesures issues de programmes doivent permettre de s'assurer que le combustible est exploité conformément à ses paramètres d'exploitation et de conception.

Des limites et conditions d'exploitation (LCE) visant à s'assurer que le combustible n'est pas endommagé ou ne cause pas de dommages aux autres barrières durant l'exploitation normale ou les conditions d'IFP doivent être établies. Les LCE établissent également une limite documentée relative à la dégradation du combustible pour s'assurer que celui-ci demeure conforme aux paramètres 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 ainsi qu'aux paramètres d'exploitation et de qualification. Les LCE du combustible doivent comprendre les limites dans lesquelles l'exploitation sûre du combustible a été démontrée.

### **9.2 Aptitude fonctionnelle**

#### **Exigences**

Dans la mesure du possible, les LCE doivent reposer sur les critères d'aptitude fonctionnelle qui sont définis à la section 7.1, durant toutes les conditions d'exploitation et par la suite.

### **9.3 Modes d'exploitation**

#### **Exigences**

Le titulaire de permis doit établir les exigences opérationnelles applicables à chaque mode d'exploitation en fonction des LCE du combustible, avant la transition vers ce mode.

La planification et l'exécution des activités de mise en service et de réfection ainsi que des activités post-réfection des nouvelles constructions doivent comprendre la mise en œuvre de

mesures préventives qui tiennent dûment compte des conditions potentielles qui pourraient entraîner des défauts ou des dommages au combustible.

### **Orientation**

Les modes d'exploitation dans des conditions d'exploitation normale pourraient comprendre ce qui suit :

- arrêt à froid
- arrêt à chaud
- exploitation aux fins de production d'électricité
- rechargement en combustible
- mise à l'arrêt
- démarrage
- mise en service
- états transitoires (transition de l'arrêt à la pleine puissance)
- entretien ou arrêt
- prolongation de la durée de vie ou réfection
- mise à l'essai

Dans le cadre des activités de mise en service et de réfection ainsi que des activités post-réfection, le titulaire de permis devrait tenir compte des situations où le combustible peut se trouver dans le cœur du réacteur et être soumis à des conditions inhabituelles, comme des essais de pression du CCP ou des traitements thermiques.

Le contrôle chimique et les pratiques d'exclusion des corps étrangers constituent des exemples de mesures préventives.

## **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.

## **9.5 Vieillesse**

### **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**

Le titulaire de permis doit définir les paramètres d'exploitation afin de réduire au minimum, dans le respect de 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 considérables sur le plan de l'exploitation et de la manutention du combustible par rapport aux LCE, puis mettre à jour les LCE au besoin.

### **Orientation**

Les changements considérables sont ceux qui pourraient avoir une incidence sur les hypothèses, les paramètres d'entrée ou les limites associés à la neutronique, à la thermohydraulique ou à l'analyse de la sûreté.

Voici des exemples de changements considérables :

- une augmentation de la puissance nominale de la centrale
- une augmentation du taux de combustion
- des changements importants apportés au CCP de l'installation
- des changements sur le plan de l'emplacement/du déplacement du combustible ou de 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 Seuils d'intervention et délais d'intervention**

### **Exigences**

Le titulaire de permis doit définir les mesures à prendre et les délais connexes lorsque le combustible n'est pas, ou pourrait ne pas être, en bon état, et il doit y donner suite.

## **9.10 Documentation du fondement**

### **Exigences**

Le titulaire de permis doit s'assurer que le fondement sur lequel les LCE sont établies est facilement accessible afin de renforcer la capacité du personnel de la centrale à interpréter, observer et appliquer les LCE.

## Annexe A : Principaux mécanismes de dégradation

La présente annexe dresse la liste des principaux mécanismes de dégradation dans des conditions d'exploitation normale et, le cas échéant, en cas d'IFP. Pour d'autres conceptions et configurations de réacteurs, les mécanismes de dégradation peuvent être semblables ou propres à la conception du combustible.

**Tableau A-1 : Principaux mécanismes de dégradation associés au combustible CANDU**

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"> <li>Affaissement et plissement de la gaine</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pression du caloporteur</li> <li>Température</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Résistance mécanique</li> <li>Transfert de chaleur</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ballonnement (uniforme) ou gonflement (non uniforme) de la gaine</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pression du gaz interne</li> <li>Température</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Résistance mécanique</li> <li>Transfert de chaleur</li> <li>Perte d'intégrité de la gaine</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Interaction mécanique entre les pastilles et la gaine</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Montées en puissance</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Perte d'intégrité de la gaine</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Déformation en arc de l'élément</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Charges</li> <li>Température</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Résistance mécanique</li> <li>Transfert de chaleur</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Déformation de la plaque d'extrémité</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Charges</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Résistance mécanique</li> <li>Transfert de chaleur</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Affaissement, effondrement de la grappe</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Charges</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Résistance mécanique</li> <li>Transfert de chaleur</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Déformation athermique de la gaine</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Charges</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Perte d'intégrité de la gaine</li> </ul>
Déformation avec perte de matériau	<ul style="list-style-type: none"> <li>Frottement</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Interaction avec les débris</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Perte d'intégrité de la gaine</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Usure des patins</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Interaction avec les tubes de force</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Transfert de chaleur</li> <li>Incidence sur l'état du tube de force</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Usure des bagues d'espacement</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Interaction avec les tubes de force</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Transfert de chaleur</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Usure de la plaque d'extrémité</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Interaction entre les grappes de combustible</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Intégrité structurale de la grappe de combustible</li> </ul>



Catégorie de dégradation	Effet observable	Principaux paramètres ayant une influence	Répercussions sur la sûreté
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Égratignures, entailles</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Interaction avec les composants internes du réacteur</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Perte d'intégrité de la gaine</li> </ul>
Changement sur le plan des propriétés des matériaux	<ul style="list-style-type: none"> <li>Oxydation de la gaine</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Température</li> <li>Chimie du fluide caloporteur</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Résistance mécanique</li> <li>Transfert de chaleur</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Dépôts d'oxyde ou d'impuretés</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Température</li> <li>Chimie du fluide caloporteur</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Transfert de chaleur</li> <li>Accumulation cachée de poison</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Hydruration</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Chimie du fluide caloporteur</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Résistance mécanique</li> <li>Température de la gaine</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Corrosion sous contrainte</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Montées en puissance</li> <li>Composition du gaz interne</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Perte d'intégrité de la gaine</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Corrosion caverneuse</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Chimie du fluide caloporteur</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Incidence sur l'état du tube de force</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Transitions de phase de la matière</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Température</li> <li>Irradiation</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Résistance mécanique</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Croissance du grain de combustible</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Température</li> <li>Irradiation</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Transfert de chaleur</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Variation de la pression et de la composition du gaz interne</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Taux de combustion</li> <li>Température</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Transfert de chaleur</li> <li>Corrosion sous contrainte</li> </ul>
Pertes d'intégrité	<ul style="list-style-type: none"> <li>Défaillances de la soudure du bouchon d'extrémité à la gaine</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Défauts de fabrication</li> <li>Charges</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Perte d'intégrité de la gaine</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ruptures de la soudure du bouchon d'extrémité à la plaque d'extrémité</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Défauts de fabrication</li> <li>Charges</li> <li>Fatigue</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Résistance mécanique</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fissuration de la plaque d'extrémité</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Vibrations</li> <li>Charges</li> <li>Fatigue</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Résistance mécanique</li> </ul>

## **Annexe B : Critères d'acceptation visant les accidents de dimensionnement qui mettent en cause des réacteurs CANDU**

La présente annexe montre des exemples de critères d'acceptation visant les accidents de dimensionnement (AD). Pour les autres conceptions et configurations de réacteur, le concepteur et le titulaire de permis doivent dériver les critères d'acceptation et les justifier, le cas échéant, en fonction des données probantes disponibles.

**Tableau B-1 : Exemples de critères d'acceptation des systèmes de combustible CANDU visant les accidents de dimensionnement**

<b>Barrière contre le rejet de produits de fission ou fonction de sûreté fondamentale</b>	<b>Critères d'acceptation qualitatifs en tant que critères d'acceptation dérivés</b>
Matrice de combustible	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pas de fusion au centre du combustible</li> <li>• Pas de rupture du combustible</li> <li>• Pas de dépôt excessif d'énergie</li> </ul>
Gaine de combustible	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aucune déformation excessive de la gaine de combustible</li> <li>• Les éléments de combustible doivent respecter les limites applicables pour :               <ul style="list-style-type: none"> <li>○ la température de la gaine</li> <li>○ l'oxydation locale de la gaine</li> <li>○ la fragilisation de la gaine par l'oxygène</li> </ul> </li> </ul>
Assemblage de combustible	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Maintien de la capacité de refroidissement du combustible</li> <li>• Conservation d'une géométrie barres-grappes ou d'un assemblage de combustible doté de suffisamment de canaux de caloporteur pour permettre d'évacuer la chaleur résiduelle</li> <li>• Pas d'entrave aux mécanismes d'arrêt du réacteur attribuable au changement de géométrie</li> </ul>

## Glossaire

Les définitions des termes utilisés dans le présent document figurent dans le document [REGDOC-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 document REGDOC-3.6 est fourni à titre de référence et pour information.

Les termes suivants sont soit nouveaux, soit modifiés. À la suite d'une consultation publique, la version définitive des termes et des définitions sera ajoutée à la prochaine version du document REGDOC-3.6, *Glossaire de la CCSN*.

## Documents de 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 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](#) ».

1. Commission canadienne de sûreté nucléaire (CCSN). [REGDOC-3.5.3, Principes fondamentaux de réglementation](#), Ottawa, Canada, 2023.
2. Groupe CSA. CSA N286-F12, *Exigences relatives au système de gestion des installations nucléaires*, Toronto, Canada, 2012.
3. 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.
4. Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA). SSG-52, *Design of the Reactor Core for Nuclear Power Plants*, Vienne, Autriche, 2019.
5. Commission de réglementation nucléaire (NRC) des États-Unis. NUREG-2246, *Fuel Qualification for Advanced Reactors*, Washington (DC), États-Unis d'Amérique, 2022.
6. Commission canadienne de sûreté nucléaire (CNSC). [REGDOC-2.5.2, Conception d'installations dotées de réacteurs](#), Ottawa, Canada, 2023.
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. Commission canadienne de sûreté nucléaire (CCSN). [REGDOC-3.1.1, Rapports à soumettre par les exploitants de centrales nucléaires](#), Ottawa, Canada, 2016.
9. Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA). TECDOC n° 1926, *Technical Review Of Acceptance Criteria For Pressurized Heavy Water Reactor Fuel*, Vienne, Autriche, 2020.

## 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 peuvent être pertinents et utiles pour comprendre les exigences et 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, 2014.
- Commission canadienne de sûreté nucléaire (CCSN). REGDOC-2.5.2, *Conception d'installations dotées de réacteurs*, Ottawa, Canada, 2023.
- Département de la Défense des États-Unis. [Systems Engineering Fundamentals](#), Washington (DC), États-Unis d'Amérique, 2001.

## Séries 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 nucléaires 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.