



Canadian Nuclear
Safety Commission

Commission canadienne
de sûreté nucléaire

Canada

Perspective canadienne sur la réglementation des petits réacteurs modulaires fondée sur le risque

Sommet international sur les PRM et les réacteurs avancés, Atlanta, GA



Division de l'autorisation des nouvelles installations nucléaires majeures

Direction de l'amélioration de la réglementation et de la gestion des projets majeurs

Commission canadienne de sûreté nucléaire
les 27 et 28 mars 2018

suretenucleaire.gc.ca

Aperçu



- Survol de l'approche réglementaire tenant compte du risque pour les petits réacteurs modulaires (PRM)
- Terminologie
- Application de l'approche graduelle pour aborder les principes fondamentaux de sûreté



Canadian Nuclear
Safety Commission

Commission canadienne
de sûreté nucléaire

Survol de l'approche réglementaire tenant compte du risque pour les PRM

Réglementation tenant compte du risque au Canada



- La Commission canadienne de sûreté nucléaire (CCSN) réglemente le domaine nucléaire en tenant compte du risque
 - La CCSN veille à la proportionnalité en définissant les exigences et en orientant les activités
 - Le cadre de réglementation permet aux demandeurs et aux titulaires de permis de proposer des solutions de rechange en vue de respecter les exigences réglementaires
 - Le demandeur ou le titulaire de permis doit démontrer que sa proposition satisfait aux exigences applicables
- Les données justificatives jouent un rôle majeur dans le processus décisionnel en matière de réglementation
- On établit une approche graduelle en tant que cadre de règles et d'outils associés au processus décisionnel; cette approche est appuyée par le système de gestion de l'organisation
 - L'approche permet de consigner par écrit les analyses soutenant les décisions
 - Elle favorise l'établissement de processus réglementaires robustes et transparents

L'utilisation de l'approche graduelle au Canada respecte les principes de l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA) [SF-1 – Principes fondamentaux de sûreté et Prescriptions générales de sûreté, partie 1]

Facteurs clés à prendre en compte dans le processus décisionnel en matière de réglementation



Paragraphe 24(4) de la *Loi sur la sûreté et la réglementation nucléaires*

La Commission ne délivre, ne renouvelle, ne modifie ou ne remplace une licence ou un permis ou n'en autorise le transfert que si elle est d'avis que l'auteur de la demande ou, s'il s'agit d'une demande d'autorisation de transfert, le cessionnaire, à la fois:

- a) est **compétent** pour exercer les activités visées par la licence ou le permis
- b) **prendra**, dans le cadre de ces activités, **les mesures voulues** pour préserver la santé et la sécurité des personnes, pour protéger l'environnement, pour maintenir la sécurité nationale et pour respecter les obligations internationales que le Canada a assumées

Le titulaire de permis est responsable de la sûreté et est redevable par l'intermédiaire de son permis

Processus décisionnel en matière de réglementation



- Au moment de rendre une décision, la Commission tient compte:
 - des exigences réglementaires
 - des analyses et des recommandations du personnel de la CCSN, qui sont fondées sur l'évaluation des mémoires présentés à la Commission par les titulaires de permis et les parties intéressées
 - de la meilleure information disponible provenant des recherches de nature réglementaire ou des recherches crédibles réalisées par des tiers
 - des commentaires du public recueillis lors du processus d'audience publique

La compréhension des risques et l'atténuation de ceux-ci jouent un rôle important dans le processus décisionnel

Approche graduelle – Définition



- L'**approche graduelle** est une méthode ou un processus dans le cadre duquel les divers volets pertinents, comme le niveau d'analyse, l'exhaustivité de la documentation et la portée des mesures nécessaires pour se conformer aux exigences, s'harmonisent avec :
 - les risques relatifs pour la santé, la sûreté, la sécurité, l'environnement et le respect des obligations internationales que le Canada a assumées
 - les caractéristiques de l'installation ou de l'activité en question (selon le réacteur):
 - la puissance du réacteur, les caractéristiques de sûreté du réacteur, la conception du combustible, le terme source
 - la quantité et l'enrichissement des matières fissiles et fissionables
 - la présence de sources à haute énergie et d'autres sources radioactives et dangereuses
 - les incertitudes associées au niveau de connaissance actuel
 - les caractéristiques du site (p. ex. les dangers externes)

L'utilisation de l'approche graduelle correspond à une application proportionnelle des exigences et non à un relâchement de celles-ci

Application de l'approche graduelle: Perspective du demandeur



- Du point de vue du demandeur ou du titulaire de permis, la **gradation** est l'application de l'approche graduelle à un aspect donné de sa demande de permis par rapport à des exigences réglementaires en particulier (p. ex. une proposition visant à utiliser uniquement la prévention des rejets plutôt que le confinement).
- Un demandeur ou un titulaire de permis peut:
 - démontrer que les caractéristiques de conception particulières, les analyses ou les autres mesures se rattachant à son dossier de sûreté correspondent au niveau de risque établi
 - faire valoir que, puisqu'une exigence fondamentale globale en matière de sûreté est respectée, il pourrait ne pas être nécessaire de satisfaire à une exigence détaillée
 - proposer des solutions de rechange pour le respect des exigences

L'utilisation de l'approche graduelle correspond à une application proportionnelle des exigences et non à un relâchement de celles-ci

Application de l'approche graduelle: Perspective de l'organisme de réglementation



- Du point de vue de la CCSN, la **gradation** est l'application de l'approche graduelle à l'examen global des documents d'une demande (p. ex. l'acceptabilité d'un dossier de sûreté qui propose la prévention des rejets plutôt que l'emploi du confinement).
- L'organisme de réglementation:
 - applique les exigences techniques d'une façon qui tient compte du risque pour s'assurer que les objectifs fondamentaux en matière de sûreté sont atteints
 - effectue une évaluation technique et réalise des activités de vérification de la conformité en s'appuyant sur le risque, la complexité et le degré de nouveauté

Évaluation des demandes: Principes fondamentaux



- L'évaluation du dossier de sûreté d'une activité proposée vise à s'assurer de ce qui suit:
 - les exigences réglementaires sont respectées
 - les objectifs généraux en matière de sûreté sont atteints
 - les fonctions de sûreté fondamentales de « contrôle, refroidissement et confinement » sont en place
- Tout en démontrant de manière appropriée:
 - la défense en profondeur
 - des marges de sûreté appropriées à la lumière des incertitudes dans le dossier de sûreté et des dangers particuliers qui seront présents tout au long du cycle de vie de l'installation

Il faut démontrer que le niveau de risque est raisonnable

Caractéristiques de l'information pertinente



- Données et faits dégagés par l'intermédiaire de processus d'ingénierie et de processus scientifiques validés et dont la qualité a été démontrée (c.-à-d. identifiables et reproductibles), par exemple :
 - données obtenues sur le terrain ou de façon expérimentale
 - expérience en exploitation
 - modélisation informatique
- Les incertitudes ont été définies et prises en compte
- Il a été démontré que l'information est pertinente à la proposition en question

Plus les caractéristiques du risque sont complexes, plus le fardeau de la preuve nécessaire pour appuyer la proposition est grand

Rôle du système de gestion



- Une organisation a besoin de processus et de procédures pour indiquer à son personnel quels outils il doit utiliser et à quel moment. Voici des exemples d'outils tenant compte du risque:
 - classification en matière de sûreté
 - analyse de sûreté (déterministe et probabiliste)
 - processus d'examen et d'approbation pour des décisions en particulier
 - processus décisionnel tenant compte du risque particulier
 - instructions de travail qui précisent des approches données ou qui orientent le recours aux avis d'experts (p. ex. les codes et les normes)

Les raisons qui sous-tendent les décisions tenant compte du risque doivent être claires et documentées



Canadian Nuclear
Safety Commission

Commission canadienne
de sûreté nucléaire

Terminologie

Exigences réglementaires



Éléments du cadre de réglementation	Approche
<ul style="list-style-type: none">• <i>Loi sur la sûreté et la réglementation nucléaires</i> (LSRN) et ses règlements• Lois et règlements fédéraux et provinciaux• Obligations internationales	<ul style="list-style-type: none">• Toutes les clauses de la LSRN et de ses règlements d'application doivent être prises en compte• Certaines sont normatives, mais la majorité ne le sont pas – il y a une souplesse permise dans la façon de satisfaire aux clauses

Exigences réglementaires



Éléments du cadre de réglementation	Approche
<ul style="list-style-type: none">• Les documents d'application de la réglementation (REGDOC) de la CCSN et les normes de l'industrie	<ul style="list-style-type: none">• Exigences : « Le demandeur ou le titulaire de permis peut soumettre un dossier démontrant que l'intention d'une exigence est prise en compte par d'autres moyens et démontrée à l'aide de <u>preuves justificatives</u>. »• Orientation: « ...expliquer plus en détail des exigences ou fournir de l'orientation aux demandeurs et aux titulaires de permis sur la façon de répondre aux exigences... Les titulaires de permis doivent examiner cette orientation et en tenir compte. S'ils adoptent des approches différentes, ils devraient alors démontrer que celles-ci répondent aux exigences réglementaires. »• Il est possible de présenter des arguments pour ne pas tenir compte de dispositions particulières incluses dans les REGDOC de la CCSN ou les normes de l'industrie.

Objectifs généraux en matière de sûreté



- Objectifs qualitatifs en matière de sûreté
 - Section 3.1, y compris toutes les sous-sections et la section 4.3.1 du document [RD-367, Conception des installations dotées de petits réacteurs – Commission canadienne de sûreté nucléaire](#)
 - Section 4.1, y compris toutes les sous-sections et les objectifs qualitatifs en matière de sûreté à la section 4.2.2 du document [REGDOC-2.5.2, Conception d'installations dotées de réacteurs: Centrales nucléaires – Commission canadienne de sûreté nucléaire](#)
- Principes fondamentaux de sûreté
 - Contrôle, refroidissement, confinement
 - Indépendance, diversité, séparation, redondance
 - Principe ALARA

Défense en profondeur



- Niveau 1: Prévenir les écarts par rapport à l'exploitation normale ainsi que les défaillances des systèmes, des structures et des composants (SSC) importants pour la sûreté.
- Niveau 2: Détecter les écarts par rapport à l'exploitation normale et y réagir afin d'empêcher les incidents de fonctionnement prévus (IFP) de dégénérer en conditions d'accident, et puis remettre la centrale dans un état d'exploitation normale.
- Niveau 3: Atténuer les conséquences des accidents en mettant en place des caractéristiques inhérentes de sûreté, des caractéristiques de sûreté intégrée, de l'équipement additionnel et des procédures d'atténuation.
- Niveau 4: Veiller à ce que les rejets de matières radioactives causés par des accidents graves demeurent au niveau le plus bas qu'il soit possible d'atteindre.
- Niveau 5: Atténuer les conséquences radiologiques de tout rejet possible de matières radioactives pouvant découler de conditions d'accident.



Canadian Nuclear
Safety Commission

Commission canadienne
de sûreté nucléaire

Application de l'approche graduelle pour aborder les principes fondamentaux de sûreté

Études de cas



- Pour ce qui suit:
 - Étude de cas 1 – Contrôle
 - Étude de cas 2 – Refroidissement
 - Étude de cas 3 – Confinement
- De quoi a-t-on besoin pour démontrer que l'intention d'une exigence est respectée?

Étude de cas 1: Exigences en matière d'arrêt d'urgence pour les PRM (Contrôle)



- Pour certaines nouvelles conceptions de PRM, les fournisseurs allèguent que le système d'arrêt d'urgence automatique n'est pas nécessaire pour prévenir la défaillance du combustible en raison des caractéristiques de sûreté inhérente et des nouvelles caractéristiques de sûreté
- En conséquence, aucun système d'arrêt d'urgence « de sûreté » n'est prévu (mais est pris en compte en tant que système fonctionnel)
- Puisque certains fournisseurs allèguent que le système d'arrêt d'urgence automatique n'est pas nécessaire pour prévenir la défaillance du combustible:
 - De quoi a-t-on besoin pour démontrer que l'intention des exigences en matière d'arrêt d'urgence sont respectées?



Étude de cas 2: Exigences concernant le refroidissement d'urgence du cœur pour les PRM (Refroidissement)

- Pour certaines conceptions de PRM, les fournisseurs allèguent que la chaleur résiduelle d'une tranche de réacteur peut être retirée passivement (par conduction thermique, par rayonnement thermique ou par convection naturelle) pendant l'exploitation normale, et en cas d'IFP, d'accident de dimensionnement et d'accident hors dimensionnement
- Certains fournisseurs allèguent que le système de refroidissement d'urgence du cœur (SRUC) au sens des réacteurs traditionnels refroidis à l'eau n'est pas requis pour assurer la sûreté nucléaire de la centrale
- Puisque certains fournisseurs allèguent qu'un SRUC n'est pas nécessaire pour prévenir la défaillance du combustible:
 - De quoi a-t-on besoin pour démontrer que l'intention des exigences en matière de conception du SRUC sont respectées?

Étude de cas 3: Exigences en matière de confinement pour les PRM (Confinement)



- Pour certaines conceptions de PRM, les fournisseurs allèguent que les structures de confinement traditionnelles en béton ne sont pas nécessaires pour atteindre les objectifs de sûreté et les limites de dose en cas d'IFP, d'accident de dimensionnement ou d'accident hors dimensionnement
- Certains fournisseurs allèguent que les caractéristiques de conception novatrices fournissent une fonction de confinement. D'autres allèguent que seule la prévention des rejets est nécessaire pour respecter les exigences réglementaires.
- Puisque certains fournisseurs allèguent que les structures de confinement traditionnelles ne sont pas nécessaires:
 - De quoi a-t-on besoin pour démontrer que l'intention des exigences en matière de conception du confinement sont respectées?

Résultats des études de cas: Information requise pour démontrer que l'intention d'une exigence est respectée



- Les demandeurs doivent démontrer que la conception et l'exploitation du réacteur sont telles que:
 - la probabilité d'une perte de contrôle, de refroidissement et de confinement est si faible et les conséquences si négligeables, qu'aucun travailleur nucléaire ou membre du public ne recevrait une dose supérieure aux niveaux normaux
 - il n'y aurait aucune contamination hors site

Résultats des études de cas: Information requise pour démontrer que l'intention d'une exigence est respectée (2)



- Les demandeurs doivent:
 - identifier tous les phénomènes ou dangers, définir les modes de défaillance et tous les scénarios d'accident hypothétique et prendre en considération les phénomènes potentiellement inconnus
 - procéder à une analyse déterministe et probabiliste de tous les phénomènes et dangers identifiés
 - L'analyse pourrait être validée au moyen de la recherche et développement, de la modélisation, d'expérimentation à petite échelle ou de prototypes
- Les parties intéressées ont suggéré que la CCSN pourrait considérer que les exigences de contrôle, de refroidissement et de confinement sont respectées si le demandeur peut justifier que les risques associés à un phénomène sont très faibles

Résultats des études de cas: Information requise pour démontrer que l'intention d'une exigence est respectée (3)



- Les participants ont indiqué que le même type d'information était nécessaire pour les trois études de cas:
 - données et faits dégagés par l'intermédiaire de processus d'ingénierie et de processus scientifiques validés et dont la qualité a été démontrée (c.-à-d. identifiables et reproductibles), par exemple :
 - données obtenues sur le terrain ou de façon expérimentale
 - expérience en exploitation
 - modélisation informatique
 - les incertitudes ont été définies et prises en compte
 - il a été démontré que l'information est pertinente à la proposition en question

Résumé



- L'évaluation du dossier de sûreté d'une activité proposée vise à s'assurer de ce qui suit:
 - les exigences réglementaires sont respectées
 - les objectifs généraux en matière de sûreté sont atteints
 - les fonctions de sûreté fondamentales de « contrôle, refroidissement et confinement » sont en place
- Tout en démontrant de manière appropriée:
 - la défense en profondeur
 - des marges de sûreté appropriées à la lumière des incertitudes dans le dossier de sûreté et des dangers particuliers qui seront présents tout au long du cycle de vie de l'installation

Des renseignements pertinents doivent appuyer le dossier de sûreté



Canadian Nuclear
Safety Commission

Commission canadienne
de sûreté nucléaire

Renseignements supplémentaires: Défense en profondeur

Défense en profondeur

(Implementation of Defence in Depth at Nuclear Power Plants: Lessons Learnt from the Fukushima Daiichi Accident, AEN 7248, 2016)



NIVEAU	MISE EN ŒUVRE
<p>1. Exploitation normale: Prévenir les écarts par rapport à l'exploitation normale et prévenir la défaillance des systèmes, des structures et des composants (SSC) importants pour la sûreté.</p>	<ul style="list-style-type: none">• Conception conservatrice• Construction, fabrication et matériaux de qualité supérieure (p. ex. codes de conception et matériaux appropriés, procédures de conception, qualification de l'équipement, contrôle de la fabrication des composants et de la construction de la centrale, expérience en exploitation)• On a choisi un emplacement approprié pour la centrale en tenant compte de tous les risques externes (p. ex. tremblements de terre, écrasements d'avion, ondes de souffle, incendies, inondations) dans le cadre de la conception• Qualification du personnel et formation pour améliorer les compétences• Culture de sûreté rigoureuse• Fonctionnement et entretien des SSC conformément au dossier de sûreté

Les dispositions pour le niveau 1 sont proportionnelles aux dommages potentiels causés par les accidents

Défense en profondeur

(Implementation of Defence in Depth at Nuclear Power Plants: Lessons Learnt from the Fukushima Daiichi Accident, AEN 7248, 2016)



NIVEAU	MISE EN ŒUVRE
<p>2. Incident de fonctionnement : Détecter les écarts par rapport à l'exploitation normale, empêcher les IFP de dégénérer en conditions d'accident et puis, remettre la centrale dans un état d'exploitation normale.</p>	<ul style="list-style-type: none">• Caractéristiques de conception inhérentes et techniques pour réduire ou exclure le plus possible les perturbations intempestives• Systèmes de surveillance pour détecter les écarts par rapport à l'exploitation normale• Formation de l'opérateur pour intervenir en cas de transitoires du réacteur
<p>3. Accident de dimensionnement : Réduire les conséquences des accidents et empêcher que surviennent des accidents hors dimensionnement.</p>	<ul style="list-style-type: none">• Redondance, diversité, ségrégation, séparation physique, autonomie du circuit du système de sûreté, protection contre les pannes centralisée• Mesures de sûreté inhérentes• Conception à sûreté intégrée• Caractéristiques de conception techniques et procédures qui réduisent les conséquences d'accidents de dimensionnement• Instrumentation appropriée aux conditions d'accident• Formation des opérateurs pour intervenir en cas d'accident hypothétique

Les dispositions pour les niveaux 2 et 3 sont proportionnelles aux dommages potentiels dans des conditions d'accident

Défense en profondeur

(Implementation of Defence in Depth at Nuclear Power Plants: Lessons Learnt from the Fukushima Daiichi Accident, AEN 7248, 2016)



NIVEAU	MISE EN ŒUVRE
<p>4. Accident hors dimensionnement: Veiller à ce que les rejets de matières radioactives causés par des accidents hors dimensionnement, y compris des accidents graves, demeurent au niveau le plus bas qu'il soit possible d'atteindre.</p>	<ul style="list-style-type: none">• Orientation relative aux accidents hors dimensionnement en vue de leur gestion et de la meilleure atténuation possible de leurs conséquences• Conception robuste de l'enceinte de confinement avec caractéristiques pour la résolution des problèmes de confinement (p. ex. combustion de l'hydrogène, protection contre la surpression, interactions entre le béton et le cœur, étalement et refroidissement du cœur en fusion)• Caractéristiques de conception complémentaires pour la prévention de la progression des accidents et l'atténuation des conséquences• Caractéristiques visant à atténuer les rejets radiologiques (p. ex. ventilation filtrée)
<p>5. Atténuation des conséquences radiologiques : Atténuer les conséquences radiologiques de tout rejet possible de matières radioactives pouvant découler d'accidents.</p>	<ul style="list-style-type: none">• Installations de soutien d'urgence• Dispositions et plans d'intervention d'urgence sur le site et hors site• Formation du personnel de la centrale pour la préparation et l'intervention en cas d'urgence

Les dispositions pour les niveaux 4 et 5 sont proportionnelles aux dommages potentiels dans des conditions d'accident



Canadian Nuclear
Safety Commission

Commission canadienne
de sûreté nucléaire

Renseignements supplémentaires: Exigences applicables aux études de cas Contrôle, Refroidissement et Confinement

Canada 

Étude de cas 1: Exigences en matière d'arrêt d'urgence pour les PRM (Contrôle)



- Exigences en matière d'arrêt d'urgence sélectionnées dans les documents REGDOC-2.5.2 et RD-367:
 - Le système d'arrêt d'urgence est un système de sûreté
 - Deux systèmes d'arrêt d'urgence: SAU1 et SAU2 pour les CANDU
 - Fiabilité: défaillance en demande de toutes les causes $< 1,0^{E-3}$ pour chaque système
 - Diversité: barres de commande (SAU1) et injection de poison (SAU2) pour les CANDU
 - Indépendance: les deux systèmes d'arrêt d'urgence sont entièrement indépendants l'un de l'autre ainsi que des systèmes fonctionnels dans un réacteur CANDU
 - Séparation: séparation physique entre les deux systèmes d'arrêt
 - Critère de défaillance unique
 - Conception à sûreté intégrée

Étude de cas 2: Exigences concernant le refroidissement d'urgence du cœur pour les PRM (Refroidissement)



- Exigences en matière de refroidissement d'urgence du cœur sélectionnées dans les documents REGDOC-2.5.2 et RD-367:
 - Le SRUC est un système de sûreté
 - Fiabilité: défaillance en demande de toutes les causes $< 1,0^{E-3}$
 - Indépendance: le SRUC est indépendant des autres systèmes de sûreté et des systèmes fonctionnels
 - Séparation: séparation physique suffisante entre les divisions redondantes du SRUC et d'autres divisions redondantes des systèmes de sûreté ou des systèmes fonctionnels
 - Critère de défaillance unique
 - Conception à sûreté intégrée

Étude de cas 3: Exigences en matière de confinement pour les PRM (Confinement)



- Exigences en matière de confinement sélectionnées dans les documents REGDOC-2.5.2 et RD-367:
 - L'enceinte de confinement est un système de sûreté
 - En cas d'accident, l'enveloppe de confinement est en mesure d'accorder suffisamment de temps pour permettre la mise en œuvre de procédures d'urgence hors site
 - Séparation: séparation physique suffisante entre les composants du confinement
 - Critère de défaillance unique
 - Conception à sûreté intégrée