



GUIDE
D'APPLICATION DE LA
RÉGLEMENTATION

**Les programmes
informatiques utilisés
lors de la conception
et des analyses de
sûreté des centrales
nucléaires et des
réacteurs de recherche**

G-149

Octobre 2000

DOCUMENTS D'APPLICATION DE LA RÉGLEMENTATION

La Commission canadienne de sûreté nucléaire (CCSN) fonctionne à l'intérieur d'un cadre juridique constitué de la législation et, à l'appui, de documents d'application de la réglementation. Le terme « législation » renvoie à différents instruments légaux exécutoires : des lois, des règlements, des permis et des ordres. Quant aux documents d'application de la réglementation — des politiques, des normes, des guides, des avis, des procédures et des documents d'information —, ils soutiennent et expliquent davantage ces instruments. Les activités de réglementation de la CCSN reposent sur ces instruments et ces documents.

Les documents d'application de la réglementation de la CCSN relèvent des principales classes suivantes :

Politique d'application de la réglementation : un document qui décrit la doctrine, les principes et les facteurs fondamentaux utilisés par la CCSN dans son programme de réglementation.

Norme d'application de la réglementation : un document qui peut servir à une évaluation de conformité et qui décrit les règles, les caractéristiques ou les pratiques que la CCSN accepte comme conformes aux exigences réglementaires.

Guide d'application de la réglementation : un document qui sert de guide ou qui décrit des caractéristiques ou des pratiques recommandées par la CCSN et qui, d'après elle, permettent de respecter les exigences réglementaires ou d'améliorer l'efficacité administrative.

Avis d'application de la réglementation : un document qui contient des conseils et des renseignements propres à un cas donné et qui sert à alerter les titulaires de permis et d'autres personnes à propos d'importantes questions de santé, de sûreté ou de conformité auxquelles il faut donner suite en temps utile.

Procédure d'application de la réglementation : un document qui décrit les modalités de travail qu'utilise la CCSN pour administrer les exigences réglementaires dont elle est responsable.

Les politiques, normes, guides, avis et procédures d'application de la réglementation ne créent pas d'exigences exécutoires, mais étayent les exigences réglementaires des règlements, des permis et des autres instruments exécutoires. Néanmoins, le cas échéant, un document d'application de la réglementation peut être transformé en instrument exécutoire par son incorporation dans un règlement de la CCSN, dans un des permis qu'elle délivre ou dans un autre instrument exécutoire établi en vertu de la *Loi sur la sûreté et la réglementation nucléaires*.

**GUIDE
D'APPLICATION DE LA
RÉGLEMENTATION**

**Les programmes informatiques utilisés lors
de la conception et des analyses de sûreté
des centrales nucléaires et des réacteurs de recherche**

G-149

Publié par la
Commission canadienne de sûreté nucléaire
Octobre 2000

Les programmes informatiques utilisés lors de la conception et des analyses de sûreté des centrales nucléaires et des réacteurs de recherche
Guide d'application de la réglementation G-149

Publié par la Commission canadienne de sûreté nucléaire

© Ministre des Travaux publics et Services gouvernementaux Canada 2000

La reproduction d'extraits du présent document à des fins personnelles est autorisée à condition d'en indiquer la source 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.

N° de cat. CC173-3/2-149F
ISBN 0-662-85192-7

This document is also available in English.

Disponibilité du présent document

Les personnes intéressées pourront consulter le présent document sur le site Web de la CCSN ou en commander des exemplaires, en français ou en anglais, en communiquant avec la :

Division des communications
Commission canadienne de sûreté nucléaire
Case postale 1046, Succursale B
280, rue Slater
Ottawa (Ontario) K1P 5S9
CANADA

Téléphone : (613) 995-5894 ou 1-800-668-5284 (au Canada)
Télécopieur : (613) 992-2915
Courriel : info@cnscccsn.gc.ca
Site Web : www.suretenucleaire.gc.ca

TABLE DES MATIÈRES

1.0	OBJET	1
2.0	PORTÉE	1
3.0	CONTEXTE	1
3.1	Cadre de réglementation	1
3.2	Processus de délivrance de permis	2
3.3	Dispositions législatives applicables	2
3.4	Engagement à l'égard de la qualité	3
4.0	DÉVELOPPEMENT DES PROGRAMMES INFORMATIQUES	3
4.1	Développement des programmes informatiques par étapes	3
4.2	Étapes de développement	4
4.3	Lignes directrices pour la vérification et la revue de la conception relatives aux étapes de développement	4
4.4	Lignes directrices pour la validation	4
4.5	Aperçu de la vérification et de la revue de la conception	4
4.6	Vérification	5
4.7	Vérification de la spécification des exigences	5
4.8	Vérification de la conception du programme informatique	5
4.9	Vérification du codage	6
4.10	Vérification de l'intégration du programme informatique	6
4.11	Exécution de la revue de la conception	6
4.12	Exécution de la validation	8
5.0	MAINTENANCE	10
5.1	Gestion de la configuration	10
5.2	Contrôle des changements	11
6.0	UTILISATION DES PROGRAMMES INFORMATIQUES	11
6.1	Aperçu	11
6.2	Analyse des incertitudes	12
6.3	Préalables exigés de l'utilisateur	13
6.4	Soutien de l'utilisateur	13
6.5	Options de l'utilisateur	13
6.6	Vérification du processus d'application	14

7.0	DOCUMENTATION	14
7.1	Aperçu	14
7.2	Création de la documentation de développement	14
7.3	Documentation d'application	15
8.0	PROGRAMMES INFORMATIQUES EXISTANTS	17
9.0	ACQUISITION DE PROGRAMMES INFORMATIQUES	17
	GLOSSAIRE	18

LES PROGRAMMES INFORMATIQUES UTILISÉS LORS DE LA CONCEPTION ET DES ANALYSES DE SÛRETÉ DES CENTRALES NUCLÉAIRES ET DES RÉACTEURS DE RECHERCHE

1.0 OBJET

Le présent guide d'application de la réglementation fournit des orientations aux titulaires de permis qui sont appelés à développer, à maintenir et à utiliser des programmes informatiques servant à la conception et aux analyses de sûreté des centrales nucléaires et des réacteurs de recherche. Il vise à faire en sorte que l'on puisse avoir un haut niveau de confiance tant dans ces programmes eux-mêmes que dans les résultats obtenus lors de leur mise en application.

2.0 PORTÉE

Le présent guide est destiné aux titulaires de permis qui utilisent des programmes informatiques créés pour :

- la conception ou le soutien à la conception des centrales nucléaires et des réacteurs de recherche;
- l'analyse de phénomènes transitoires, d'incidents ou d'accidents.

Il ne s'applique pas aux logiciels des systèmes de contrôle opérationnel.

Pour ce qui est des programmes élaborés avant l'entrée en vigueur du présent guide, leur degré d'applicabilité est précisé à la section 8 du présent guide.

3.0 CONTEXTE

3.1 Cadre de réglementation

La Commission canadienne de sûreté nucléaire (CCSN) est l'organisme fédéral qui réglemente l'utilisation de l'énergie et des matières nucléaires afin de protéger la santé, la sûreté, la sécurité et l'environnement et de respecter les engagements internationaux du Canada à l'égard de l'utilisation pacifique de l'énergie nucléaire.

La *Loi sur la sûreté et la réglementation nucléaires* (« la Loi ») exige des personnes ou des organisations qu'elles détiennent un permis de la CCSN avant de réaliser les activités décrites à l'article 26 de la Loi, à moins d'en être exemptées. Les règlements d'application de la Loi stipulent des préalables pour la délivrance d'un permis de la CCSN, ainsi que les obligations des titulaires de permis et des travailleurs.

3.2 Processus de délivrance de permis

De façon générale, la CCSN applique un processus par étapes pour délivrer les permis applicables aux installations et aux activités nucléaires. Quand il s'agit d'installations importantes, la démarche commence par un examen des incidences environnementales du projet, puis s'oriente progressivement vers les phases subséquentes : préparation du site, construction, exploitation, déclassement et abandon.

En vertu de la *Loi sur la sûreté et la réglementation nucléaires* et de ses règlements, le demandeur de permis doit communiquer certains renseignements à chaque étape du processus de délivrance de permis. Le genre et le degré de détail des renseignements varient en fonction de l'étape et des circonstances.

À toutes les étapes du processus, le demandeur peut communiquer des renseignements nouveaux ou déjà présentés (directement ou par renvoi), conformément aux exigences législatives et selon son bon jugement. Une demande présentée à une étape particulière peut devenir une composante de l'étape suivante.

Quand elle reçoit une demande complète, la CCSN l'examine afin de déterminer si le demandeur est qualifié pour exécuter l'activité proposée. Elle vérifie également si le demandeur a pris des dispositions suffisantes pour protéger l'environnement, ainsi que la santé et la sécurité des personnes, pour assurer le maintien de la sécurité nationale et pour appliquer les mesures requises de manière à se conformer aux obligations internationales du Canada. Si elle juge que le demandeur satisfait à ces critères, la CCSN peut délivrer, renouveler, modifier ou remplacer un permis assorti des conditions pertinentes. Habituellement, le permis énumère les engagements du demandeur et d'autres conditions jugées nécessaires par la CCSN.

3.3 Dispositions législatives applicables

La CCSN utilise le présent guide pour évaluer les renseignements fournis dans la demande de permis. De façon plus précise, le *Règlement général sur la sûreté et la réglementation nucléaires* exige, aux termes de l'alinéa 3 (1) i), que le demandeur de permis fournisse « une description et les résultats des épreuves, analyses ou calculs effectués pour corroborer les renseignements compris dans la demande ». En outre, à l'article 6 du *Règlement sur les installations nucléaires de catégorie I*, il est précisé que la demande de permis pour exploiter une installation nucléaire de catégorie I doit notamment comprendre « b) une description des systèmes et de l'équipement de l'installation nucléaire, y compris leur conception et leurs conditions nominales de fonctionnement; » et « c) un rapport final d'analyse de la sûreté démontrant que la conception de l'installation nucléaire est adéquate; ».

Les titulaires de permis ont la responsabilité de veiller à ce que tant les programmes informatiques servant à la conception et aux analyses de sûreté des centrales nucléaires et des réacteurs de recherche que les résultats obtenus lors de leur mise en application demeurent fiables et conformes au but recherché. Ces objectifs peuvent être atteints en ayant recours :

- a) soit aux méthodes de développement, de maintenance et d'utilisation proposées dans le présent guide;
- b) soit à d'autres méthodes tout aussi efficaces, voire plus efficaces encore.

3.4 Engagement à l'égard de la qualité

L'engagement d'une organisation à l'égard de la qualité de ses logiciels constitue un élément important. Les titulaires de permis ont la responsabilité d'élaborer un programme d'assurance de la qualité pour le développement, la maintenance et l'utilisation des programmes informatiques.

Le respect, le cas échéant, des normes pertinentes mentionnées dans le présent guide représente également un facteur important pour assurer la production et la maintenance de programmes informatiques de haute qualité.

4.0 DÉVELOPPEMENT DES PROGRAMMES INFORMATIQUES

4.1 Développement des programmes informatiques par étapes

Développer les programmes informatiques en plusieurs étapes, les résultats obtenus au terme de chacune contribuant à établir les exigences qui seront recherchées lors d'une ou de plusieurs étapes subséquentes. Ce processus comporte habituellement les étapes suivantes, qui sont définies dans le Glossaire du présent guide :

- la définition du problème;
- la spécification des exigences;
- la conception du programme;
- le codage;
- l'intégration du programme;
- la validation.

4.2 Étapes de développement

Chaque étape de développement devrait comporter les éléments suivants :

- en se fondant sur l'étape précédente, définir les entrées et établir la spécification des exigences — les fonctions à exécuter et les résultats attendus;
- concevoir, développer ou mettre à l'essai le produit selon la spécification des exigences qui a été établie;
- procéder à la vérification et à la revue de la conception, le cas échéant, pour s'assurer que le produit correspond effectivement à la spécification des exigences définie pour l'étape; si l'étape ne peut faire l'objet d'une vérification avant l'achèvement de plusieurs autres étapes, procéder itérativement à la vérification de chacune des étapes.

4.3 Lignes directrices pour la vérification et la revue de la conception relatives aux étapes de développement

Les lignes directrices pour la vérification et la revue de la conception relatives aux étapes de développement — à l'exclusion de l'étape de validation — sont énoncées dans les sections 4.5 à 4.11 du présent guide. Même s'il n'existe pas de lignes directrices explicites pour les autres activités de développement relevant de ces étapes, il est fait état dans les sections susmentionnées des éléments importants qui devront être pris en compte lors de chaque étape.

4.4 Lignes directrices pour la validation

Les lignes directrices pour la validation sont énoncées dans la section 4.12 du présent guide. Même si la validation a été intégrée aux étapes de développement, les activités s'y rapportant pourront se prolonger au-delà des étapes de développement pour s'assurer que le programme informatique est validé aux fins d'applications particulières.

4.5 Aperçu de la vérification et de la revue de la conception

Procéder à la vérification et à la revue de la conception pour établir si le programme informatique correspond ou non à la spécification des exigences. Plus particulièrement, ces activités viseront à démontrer que :

- les équations mathématiques rendent compte adéquatement des phénomènes et des processus du système physique;
- la conception du programme correspond effectivement aux équations mathématiques;
- le programme correspond effectivement à la conception;

- les résultats du programme correspondent à la spécification des exigences, et rendent ainsi compte le plus exactement possible du comportement du système physique.

Préparer le plan des activités de vérification et de revue de la conception dès le début du processus de développement du programme informatique — lors de l'étape de la spécification des exigences, par exemple. Habituellement, ce plan fera notamment état des objectifs poursuivis et de la démarche de vérification et de revue de la conception à adopter, ainsi que de l'échéancier, de l'organisation et de la gestion du projet.

Réviser, suivant un échéancier établi, le plan de la vérification et de la revue de la conception et le mettre à jour au besoin.

4.6 Vérification

Confier les activités de vérification du programme informatique au développeur et à du personnel qualifié indépendant.

Placer les sorties à vérifier sous le contrôle de la configuration (voir la section 5 du présent guide) avant d'amorcer la vérification.

4.7 Vérification de la spécification des exigences

Démontrer que la spécification des exigences :

- respecte les normes adoptées pour le développement du programme informatique, de sorte que l'on y reprend, par exemple, toutes les sections exigées, et que chaque section contient toute l'information voulue;
- comporte les éléments suivants :
 - toutes les fonctions requises;
 - toutes les exigences relatives aux entrées et aux sorties du programme, décrites suffisamment en détail pour permettre la conception du programme;
 - l'identification des normes de développement;
 - les critères d'acceptation;
- est claire et sans ambiguïté.

4.8 Vérification de la conception du programme informatique

Démontrer que la conception du programme informatique :

- respecte les normes adoptées pour le développement du programme, de sorte que l'on y reprend, par exemple, toutes les sections exigées, et que chaque section contient toute l'information voulue;

- peut être rattachée à la spécification des exigences, de sorte qu'elle respecte toutes les exigences relatives à la conception et que toutes les caractéristiques de conception découlent de ces exigences;
- est complète, de sorte qu'elle décrit non seulement les fonctions requises mais encore les entrées et les sorties du programme, l'environnement opérationnel et les étapes de traitement;
- est cohérente d'une section à l'autre;
- est claire et sans ambiguïté.

4.9 Vérification du codage

Démontrer que le programme source :

- respecte les normes de programmation et de langage adoptées pour le développement du programme;
- ne comprend pas de codage inutilement complexe;
- peut détecter les erreurs;
- comporte une logique correspondant à la spécification des exigences de conception.

4.10 Vérification de l'intégration du programme informatique

Démontrer que le programme informatique intégré :

- est conforme aux caractéristiques du système d'exploitation;
- interface de façon appropriée avec les fichiers externes;
- établit correctement des liens — tous les modules et sous-programmes sont reliés de façon appropriée, par exemple;
- utilise un langage de commande correct;
- traite et transmet correctement les données entre les modules.

4.11 Exécution de la revue de la conception

Procéder à une revue de la conception au moins lors des étapes suivantes :

- la spécification des exigences;
- la conception du programme informatique.

Inclure dans l'équipe de revue de la conception des représentants des groupes suivants :

- les développeurs;
- les programmeurs;
- les utilisateurs finaux;
- les membres de l'équipe d'assurance de la qualité.

Intégrer à l'équipe de revue de la conception des membres indépendants qui ont une compétence reconnue dans les domaines à l'étude — des experts dans les sciences physiques, en mathématique, en informatique et en programmation logicielle, par exemple.

Au cours de la revue de la conception visant la spécification des exigences, démontrer que :

- la description technique du problème à résoudre est correcte, complète et conforme à l'énoncé du problème;
- les méthodes envisagées pour le résoudre sont appropriées et fondées sur les connaissances les plus récentes.

Au cours de la revue de la conception visant la spécification des exigences, vérifier les éléments suivants :

- la portée du problème, la spécification des exigences relatives au système physique et l'identification des conditions, initiales et aux limites, du phénomène à modéliser;
- la connaissance du système physique;
- l'identification et la compréhension du phénomène;
- le concept de modélisation et les modèles du système physique et des phénomènes, y compris les hypothèses et les méthodes d'approximation et de simplification;
- les limitations inhérentes aux modèles et leurs incidences;
- les techniques de solution analytiques et numériques, y compris les algorithmes et techniques numériques;
- la spécification des exigences et les instructions de codage du programme informatique.

La revue de la conception du programme informatique a pour but de démontrer que toutes les exigences du programme sont correctement mises en œuvre dans la conception, que tous les aspects de la conception peuvent être rattachés à la spécification des exigences et que la conception est faisable, cohérente et fondée sur les connaissances les plus récentes.

Au cours de la revue de la conception du programme informatique, vérifier les éléments suivants :

- l'étude conceptuelle du programme;
- la logique de base;
- les organigrammes du système;
- les algorithmes et techniques numériques;
- l'environnement opérationnel et l'interface du programme.

Au cours de la revue de la conception du programme informatique, démontrer que :

- les techniques numériques sont appropriées pour les types de problèmes à résoudre, ainsi que pour le traitement des conditions aux limites ou entre les étapes et des situations spéciales — les singularités, par exemple;
- les équations mathématiques ont été transformées correctement en un schéma numérique de solutions et les étapes de conception de la solution sont dans la séquence appropriée;
- les options de l'utilisateur, de même que leurs restrictions, sont clairement décrites.

4.12 Exécution de la validation

Procéder à une validation pour déterminer l'exactitude des prédictions du programme informatique et pour aider à déterminer les incertitudes abordées dans la section 6.2 du présent guide.

Élaborer un plan de validation dès le début du processus de développement du programme informatique. Inclure dans le plan de validation :

- les objectifs et la portée de la validation;
- la démarche de validation, y compris la méthode de validation, les exigences à valider, les critères d'acceptation pour chacune de ces exigences et la méthode d'évaluation des résultats de la validation;
- le fondement présidant au choix des cas de validation et la spécification des exigences rattachées à chacun de ces cas;
- la base de données de validation;
- la procédure de validation, y compris la procédure de compte rendu des résultats de la validation.

Réviser, suivant un échéancier établi, le plan de validation et le mettre à jour au besoin.

Confier les activités de validation du programme informatique à du personnel qualifié, et plus particulièrement aux développeurs et aux personnes qui connaissent le programme, les sources des données utilisées pour la validation et l'usage prévu.

Les essais de validation visent à vérifier :

- l'exactitude du programme informatique;
- le niveau suivant lequel le programme et ses modèles conceptuels réussissent à rendre compte des processus ou systèmes physiques;
- les capacités et limitations du programme, y compris ses domaines d'applicabilité.

Dans le cours de la validation, il faut mettre systématiquement à l'essai la performance des modèles conceptuels, des corrélations empiriques et du programme intégré. Au nombre des essais pertinents, figurent ceux qui portent sur les solutions analytiques, sur les données opérationnelles et sur les données résultant d'essais axés sur des effets distincts et sur l'effet intégral. Le programme peut en outre être comparé à des programmes déjà validés.

Pour effectuer de tels essais systématiques, il faut :

- établir un plan d'essais;
- identifier et classer les phénomènes et les paramètres importants;
- identifier les modèles, les corrélations empiriques ou les éléments du programme informatique qui doivent faire l'objet d'essais;
- identifier les données expérimentales existantes appropriées, ainsi que les données qui doivent provenir de nouvelles expériences;
- évaluer le programme grâce à des essais portant sur des effets distincts et sur l'effet intégral, à des mesures opérationnelles, à des solutions analytiques ou aux résultats d'un ou de plusieurs programmes déjà validés;
- évaluer la sensibilité aux options d'entrée;
- évaluer les résultats de la validation.

Dans le cours de la validation, examiner les éléments clés suivants, le cas échéant :

- les hypothèses qui ont été posées pour simplifier le système physique;
- les bases théoriques et expérimentales des modèles et des corrélations empiriques, ainsi que leurs domaines d'applicabilité;
- la compatibilité des gammes de paramètres, ainsi que les ressemblances géométriques et phénoménologiques entre le système simulé et les expériences;
- la capacité du code à prédire le comportement pendant les essais intégrés, en montrant (1) qu'il n'y a aucune interaction injustifiée entre les divers modèles et (2) que le code arrive effectivement à simuler avec précision la façon dont les éléments du système interagissent entre eux;
- la sensibilité des modèles individuels et des corrélations empiriques, ainsi que du code intégré, aux variations de paramètres ou de facteurs clés, particulièrement près des limites de leurs gammes admissibles et près des valeurs critiques — celles des singularités ou des discontinuités, par exemple;
- les erreurs éventuelles dues à l'utilisation de modèles et de corrélations empiriques au-delà des limites prévues;
- la variation dans les prédictions du code lorsque sont utilisées diverses options relatives aux corrélations empiriques et modèles de substitution recommandés dans la documentation du code (voir la section 7 du présent guide).

Noter tous les résultats de la validation, et identifier clairement les capacités, les limitations et les domaines d'applicabilité du programme informatique.

Dans le cours de la validation, identifier les améliorations qui doivent être apportées au programme informatique. Déterminer également s'il faut améliorer les données de validation, y compris les données expérimentales.

Rédiger un rapport, établi d'après les résultats de la validation, qui montre l'utilisation correcte et appropriée du programme informatique.

Vérifier que le processus de validation a été effectué conformément au plan de validation et que les résultats de la validation sont signalés avec précision.

5.0 MAINTENANCE

5.1 Gestion de la configuration

Établir les procédures relatives à la maintenance du programme informatique et au contrôle des changements.

Adopter des pratiques qui protègent l'intégrité du programme informatique. Définir clairement les rôles et responsabilités des personnes qui sont chargées de veiller à l'intégrité du programme, ainsi que de celles qui en assurent la maintenance et l'utilisent.

Avoir un système de gestion de la configuration qui contribue à garantir l'intégrité du programme informatique et à tenir registre des versions et des éléments du programme.

Au nombre des éléments-types d'un programme informatique, figurent :

- le programme source;
- le programme objet;
- le programme exécutable;
- les processeurs et les systèmes d'exploitation;
- les fichiers servant à contrôler la génération de code exécutable à partir du code source;
- les fichiers de données d'entrée;
- la documentation;
- les outils utilisés à des fins de soutien au développement ou à la maintenance du programme.

La gestion de la configuration porte sur les points suivants :

- utiliser des règles d'affectation des noms pour identifier de façon unique les caractéristiques fonctionnelles et physiques de chaque élément de la configuration;
- contrôler les changements apportés aux éléments de la configuration;
- noter et signaler l'état de la mise en œuvre et du traitement des changements;
- vérifier la conformité avec les exigences relatives à la configuration.

5.2 Contrôle des changements

Établir un système de contrôle des changements qui permette de gérer les changements apportés à chaque élément de la configuration. Le système de contrôle des changements devrait comprendre les éléments suivants :

- une personne désignée qui est responsable de tous les changements apportés au programme informatique;
- un groupe d'approbation des changements, formé de représentants des développeurs, des utilisateurs et des personnes qui procèdent à la vérification et à la validation du programme;
- des procédures pour :
 - examiner les changements proposés pour un élément de la configuration;
 - approuver les changements;
 - mettre en œuvre les changements;
 - documenter les changements et leur raison d'être;
 - s'assurer que les changements ont été mis en œuvre correctement;
 - évaluer l'incidence de chaque changement sur l'utilisation du programme et sur la qualité de ses prédictions;
 - apporter toute révision jugée nécessaire à la documentation déjà établie.

6.0 UTILISATION DES PROGRAMMES INFORMATIQUES

6.1 Aperçu

Établir des lignes directrices et des procédures pour l'utilisation des programmes informatiques. Elles devraient comprendre des lignes directrices sur les préalables exigés de l'utilisateur et sur la désignation des personnes chargées de s'assurer de l'utilisation correcte et appropriée des programmes.

N'appliquer un programme informatique qu'à un problème ou qu'à un ensemble de problèmes pour lequel (lesquels) il a été validé et qu'il vise à résoudre — et ce, seulement si les domaines d'applicabilité identifiés dans le rapport de vérification et de validation peuvent être respectés. Si le programme est utilisé à l'extérieur de ces domaines de validation, la validité de l'extrapolation devrait être justifiée.

Dans la mesure du possible, réduire au minimum les effets du programme informatique attribuables à l'utilisateur. Il y aura lieu de dire que de tels effets se sont effectivement produits si, par exemple, deux utilisateurs expérimentés qui emploient la même version d'un programme effectuent un test ou analysent un problème et obtiennent des résultats assez différents. Ces différences peuvent être attribuables aux options d'entrée qui ont été utilisées — le contrôle des intervalles de temps, les schèmes de nodalisation, les corrélations, les coefficients ou les paramètres retenus, par exemple.

Signaler toute erreur ou lacune du programme informatique ou de son application à la personne responsable de la maintenance de ce programme. Corriger les erreurs et les lacunes en suivant les procédures de contrôle des changements (voir la section 5.2 du présent guide).

6.2 Analyse des incertitudes

Évaluer les résultats du programme informatique pour déterminer les incertitudes rattachées à chacun de ses divers types d'application.

Tenir compte des incertitudes éventuelles relevées lors du développement et de l'utilisation du programme informatique, y compris celles qui résultent :

- des simplifications et hypothèses qui ont été faites pour compenser le manque de connaissances ou pour permettre la solution d'un problème, y compris les hypothèses ayant servi à simplifier les équations, les corrélations empiriques, les modèles physiques et les modèles du système;
- d'une connaissance insuffisante du problème que le programme informatique vise à analyser, à savoir les phénomènes complexes, les effets d'échelle et les conditions initiales et aux limites;
- des limitations inhérentes à la capacité de représenter un système physique — celles qui sont attribuables aux techniques de nodalisation, par exemple;
- des limitations inhérentes aux données servant à valider le programme — celles qui sont attribuables à des erreurs d'instrumentation ou qui tiennent à la répétabilité des essais;
- de la compensation des erreurs ou des incertitudes;
- de la propagation des incertitudes — celles qui sont attribuables au fait que l'incertitude des résultats augmente au fur et à mesure que s'accroît le nombre des phénomènes transitoires.

6.3 Préalables exigés de l'utilisateur

Prendre des mesures pour s'assurer que chaque utilisateur d'un programme informatique possède l'expérience qui correspond au profil de sûreté de l'application, voire qui le dépasse.

Les facteurs importants pour ce qui est des connaissances et de l'expérience exigés de l'utilisateur sont les suivants :

- une bonne connaissance et une bonne compréhension de l'information contenue dans tous les documents d'application et dans le rapport de vérification et de revue de la conception; une connaissance sommaire des domaines desquels relèvent les autres renseignements figurant dans les documents de conception;
- une expérience suffisante de l'utilisation du programme informatique pour l'application prévue, et pour d'autres de même nature, avec une bonne connaissance des réponses du programme (1) à divers modèles de phénomènes et de systèmes et (2) aux hypothèses et changements apportés à des paramètres importants;
- une connaissance étendue du problème à analyser — le système physique et les phénomènes modélisés qui s'y rattachent, par exemple.

6.4 Soutien de l'utilisateur

Mettre à la disposition de l'utilisateur des services de soutien qui permettront de le conseiller sur l'utilisation correcte du programme informatique et de modélisations ou simulations appropriées lorsqu'il est aux prises avec des programmes longs et complexes — ceux qui portent sur les systèmes thermohydrauliques, ou encore qui exigent le couplage de plusieurs champs de données, par exemple.

Mettre sur pied, le cas échéant, une équipe de soutien de l'utilisateur, qui sera formée des membres suivants :

- le développeur ou des personnes qui connaissent bien le programme informatique;
- des personnes qui ont procédé à la vérification et à la validation du programme ou qui connaissent bien ces deux processus;
- des personnes qui ont une connaissance approfondie du système à modéliser et du problème à résoudre.

6.5 Options de l'utilisateur

Éviter, dans toute la mesure du possible, que l'utilisateur ait à choisir entre diverses options d'entrée.

Rédiger des lignes directrices pour chaque option de l'utilisateur et les rendre accessibles à tous les utilisateurs.

6.6 Vérification du processus d'application

S'assurer que le processus d'application est correct en démontrant qu'il satisfait aux lignes directrices sur l'utilisation des programmes informatiques énoncées dans l'ensemble de la présente section 6.

Si le processus d'application ne peut être vérifié de manière satisfaisante, identifier les exceptions et fournir une justification pour chacune d'elles.

7.0 DOCUMENTATION

7.1 Aperçu

La documentation du programme informatique et des éléments connexes devrait être conforme aux normes de documentation adoptées pour le développement du programme. Effectuer une vérification des documents du programme pour démontrer qu'ils sont complets, cohérents, clairs et sans ambiguïté.

7.2 Création de la documentation de développement

Dans la documentation de développement, inclure les éléments suivants :

- la définition du problème;
- le plan de développement du programme;
- la spécification des exigences;
- la spécification des exigences de conception;
- le manuel du programmeur;
- le rapport de vérification et de revue de la conception.

Dans le document traitant de la définition du problème, documenter en détail l'énoncé du problème, de même que la raison d'être et les objectifs du programme informatique.

Dans le document traitant du plan de développement du programme informatique, décrire l'organisation, l'échéancier et les activités liées au développement, à la revue de la conception, à la vérification et à la validation du programme. Documenter également les procédures de mise à jour du plan de développement du programme.

Dans le document traitant de la spécification des exigences, identifier clairement toutes les exigences du programme informatique. Faire, en outre, état des éléments de base servant à vérifier la conception du programme et à évaluer, grâce au processus de validation, la performance du programme.

Dans le document traitant de la spécification des exigences de conception, préciser les éléments qui sont nécessaires au codage du programme informatique, dont la structure logique, le flux de l'information, les modèles, les techniques de solution numériques, la méthode de discrétisation, la structure des données, le matériel et les logiciels de soutien et l'environnement opérationnel.

Dans le manuel du programmeur, décrire le déroulement et la structure du programme informatique, la méthode utilisée pour traduire la théorie en codage, les instructions relatives à la maintenance et à la modification du programme et les conventions quant aux pratiques de programmation — la façon de nommer les variables et de consigner des observations dans le programme, par exemple.

Dans le rapport de vérification et de revue de la conception, documenter les activités de vérification, en faisant notamment état de la méthode et des résultats de chaque vérification ou revue de la conception, ainsi que des domaines d'applicabilité du programme informatique et des recommandations destinées aux utilisateurs concernant ses capacités et ses limitations. Mentionner également les données d'entrée utilisées pour chaque vérification.

7.3 Documentation d'application

La documentation d'application devrait comprendre les éléments suivants :

- un sommaire du programme informatique;
- un manuel de théorie;
- un manuel de l'utilisateur comportant notamment des lignes directrices destinées à des utilisateurs particuliers;
- un ou plusieurs rapports de validation;
- le code source;
- des échantillons d'entrées et de sorties.

Dans le sommaire du programme informatique, fournir les renseignements suivants au sujet du programme :

- le nom et la version du programme, ainsi que les éléments de configuration pertinents;
- l'objet, les capacités, les limitations et l'environnement opérationnel du programme;

- un sommaire du ou des problèmes que le programme vise à résoudre;
- le nom de l'organisation et des personnes clés responsables du développement du code, ainsi que du soutien et de la maintenance du programme.

Dans le manuel de théorie, décrire les éléments de base du programme informatique, dont, entre autres :

- les systèmes physiques à modéliser et leurs modèles;
- les phénomènes à modéliser et leurs modèles ou corrélations empiriques;
- les formulations mathématiques du problème et les techniques de solution;
- les hypothèses et les contraintes, de même que leurs incidences sur les capacités du programme, sur ses limitations et sur ses domaines d'applicabilité;
- la liste des documents de référence.

Dans le manuel de l'utilisateur, faire état des renseignements qui permettront d'exécuter le programme informatique. Fournir des détails sur les données d'entrée qui sont exigées, sur les techniques de redémarrage du code, sur les méthodes de diagnostic et sur les options de l'utilisateur, y compris les éléments suivants :

- l'information de base sur la compilation, l'enchaînement et l'exécution du code;
- la description détaillée de tous les paramètres relatifs aux entrées, en indiquant le type et le format voulus;
- une discussion sur le pré-traitement et le post-traitement du code, y compris sur son redémarrage;
- des échantillons de fichiers de données d'entrée et de sortie qui montrent des problèmes représentatifs;
- une description des messages faisant état d'erreurs d'exécution et de la fin de l'exécution du programme.

Pour réduire au minimum le risque d'une utilisation non appropriée du programme informatique, fournir en outre à l'utilisateur des lignes directrices portant sur les sujets suivants :

- l'utilisation correcte et appropriée du programme pour chacune de ses applications;
- les domaines d'applicabilité du programme;
- les capacités et les limitations du programme;
- les options de l'utilisateur, en matière de modèles ou de schèmes de nodalisation notamment.

Dans le rapport de validation, inclure les éléments suivants :

- le plan de validation;
- les résultats de la validation;
- une évaluation des résultats de la validation, où il est notamment fait état de l'exactitude du programme informatique et de la gamme d'incertitudes qui y sont rattachées pour chacun des essais;
- des recommandations quant à l'amélioration du programme;
- des précisions quant à des expériences ultérieures;
- des recommandations quant à l'utilisation correcte et appropriée du programme pour chacune de ses applications, quant à ses domaines d'applicabilité et quant à ses capacités et limitations.

8.0 PROGRAMMES INFORMATIQUES EXISTANTS

Les programmes informatiques existants sont ceux qui étaient utilisés par le titulaire de permis de la CCSN avant l'entrée en vigueur du présent guide.

Évaluer dans quelle mesure les programmes existants sont conformes au présent guide et documenter ces évaluations.

Améliorer, dans la mesure du possible, les domaines qui ne sont pas conformes aux sections pertinentes du présent guide pour faire en sorte que le niveau de confiance envers les programmes informatiques existants soit concomitant à leur incidence sur la sûreté.

Fournir une justification pour tout cas de non-conformité aux lignes directrices du présent guide.

9.0 ACQUISITION DE PROGRAMMES INFORMATIQUES

Établir des procédures pour l'acquisition et la maintenance des programmes informatiques. Veiller à ce que tous les programmes qui, bien qu'élaborés à l'extérieur de l'organisation du titulaire de permis de la CCSN, seront utilisés par le titulaire de permis lui-même satisfassent aux critères du présent guide, voire qu'ils les dépassent.

GLOSSAIRE

codage

Étape au cours de laquelle la conception du programme informatique est transformée en une séquence d'instructions lisibles par machine pouvant être traitées par un ordinateur.

conception du programme informatique

Éléments nécessaires pour le codage du programme informatique, y compris la structure logique, le flux de l'information, les modèles, les techniques de solution numériques, la méthode de discrétisation, la structure des données, le matériel et les logiciels de soutien et l'environnement opérationnel, ainsi que d'autres caractéristiques permettant de satisfaire à la spécification des exigences.

définition du problème

Description détaillée du problème et de la raison qui justifie la décision de développer le programme informatique visant à le résoudre.

développeur

Personne qui rédige le code d'un programme informatique, ou une partie de ce code, et qui participe à l'élaboration des documents connexes.

discrétisation

Méthode d'approximation de la fonction mathématique réelle destinée à être intégrée.

intégration du programme

Intégration du programme source à d'autres éléments, comme les programmes de bibliothèque, la spécification des liens du système, le langage de commande du système d'exploitation, les bibliothèques de données externes et l'environnement matériel, de manière à former un programme exécutable intégré.

programme informatique

Séquence d'instructions lisibles par machine pouvant être traitées par un ordinateur, également parfois désignée sous le simple nom de « programme » dans le présent guide.

programme source

Programme qui doit être compilé, assemblé ou interprété avant d'être exécuté.

spécification des exigences

Description des exigences auxquelles le programme informatique doit satisfaire, lesquelles serviront par la suite de base à la vérification de la conception du programme et à l'évaluation du programme jusqu'à sa validation.

utilisateur

Personne qui utilise le programme informatique.

validation

Analyse comparative des résultats du programme informatique, d'une part, et des mesures opérationnelles, données expérimentales ou solutions analytiques, d'autre part, afin de déterminer le degré d'exactitude et d'incertitude du programme.

vérification

Analyse servant à déterminer si le produit d'une étape donnée du cycle de développement du programme informatique correspond à la spécification des exigences établie pendant l'étape précédente.

