



Canadian  
Institute  
of Actuaries

Institut  
canadien  
des actuaires

## Ébauche de note éducative

### Utilisation de modèles

document 215079

La plus récente version : document 217007

**Ce document a été archivé le 11 avril 2023**

**ARCHIVÉ**

## Ébauche de note éducative

### Utilisation de modèles

Groupe de travail sur la modélisation

**ARCHIVÉE**

Octobre 2015

Document 215079

*This document is available in English*  
© 2015 Institut canadien des actuaires

*Les membres devraient connaître les notes éducatives. Les notes éducatives décrivent mais ne recommandent pas une pratique à adopter dans certains cas. Elles ne constituent pas des normes de pratique et sont donc de caractère non exécutoire. Elles ont pour but d'illustrer l'application (qui n'est toutefois pas exclusive) des normes de pratique, de sorte qu'il ne devrait y avoir aucun conflit entre elles. Elles visent à aider les actuaires en ce qui concerne l'application de normes de pratique dans des circonstances spécifiques. Le mode d'application de normes de pratique dans un contexte particulier demeure la responsabilité des membres.*

## NOTE DE SERVICE

**À :** Tous les Fellows, affiliés, associés et correspondants de l'Institut canadien des actuaires

**De :** Pierre Dionne, président  
Direction de la pratique actuarielle  
Bob Howard, président  
Groupe de travail sur la modélisation

**Date :** Le 5 octobre 2015

**Objet :** Ébauche de note éducative – Utilisation de modèles

**Date limite aux fins de commentaires :** Le 8 janvier 2016

La présente ébauche de note éducative donne des conseils à propos de l'utilisation de modèles dans le cadre des travaux des actuaires. Elle complète l'exposé-sondage diffusé en même temps par le Conseil des normes actuariennes sur les modifications apportées à la Section générale des normes pour tenir compte de l'utilisation de modèles.

La présente note est une ébauche pour laquelle nous sollicitons les commentaires des membres et des autres parties intéressées. Conformément à la *Politique sur le processus officiel d'approbation de matériel d'orientation autre que les Normes de pratique*, elle a été préparée par le Groupe de travail et sa diffusion a été approuvée à des fins de commentaires par la Direction de la pratique actuarielle le 3 septembre 2015. Elle n'est pas approuvée comme document d'orientation pour le moment.

Les parties intéressées sont priées de transmettre leurs commentaires au plus tard le 8 janvier 2016, de préférence sous forme électronique, à Bob Howard, à [bob@howardfamily.ca](mailto:bob@howardfamily.ca), avec copie à Chris Fievoli, à [chris.fievoli@cia-ica.ca](mailto:chris.fievoli@cia-ica.ca). Mis à part les commentaires qui seront transmis aux adresses indiquées ci-dessus, nous ne prévoyons pas organiser une tribune pour présenter des commentaires au sujet de la présente ébauche de note éducative.

Le Groupe de travail se compose de Bob Howard (président), Michelle John, Pierre Laurin, Michelle Lindo, Simon Nelson et Brenda Perras.

## Table des matières

1	Contexte.....	4
1.1	Renvoi à l'exposé-sondage .....	4
1.2	Exemples de modèles .....	5
1.3	Utilisation ou élaboration .....	6
1.4	Risque de modélisation et notation du risque d'un modèle .....	6
2	Choix du modèle .....	8
2.1	Modèle nouveau (ou considérablement modifié).....	8
2.2	Modèle existant utilisé d'une nouvelle façon.....	10
2.3	Modèles dont l'utilisation par d'autres est approuvée .....	10
2.4	Modèles ne s'inscrivant pas dans le domaine d'expertise de l'actuaire .....	10
2.5	Analyse de sensibilité.....	11
2.6	Se préparer à utiliser le modèle.....	12
3	Modifications mineures apportées à un modèle .....	13
4	Utilisation des modèles.....	13
4.1	Validation des données d'entrée.....	13
4.2	Validation des hypothèses.....	14
4.3	Validation des résultats .....	14
4.4	Documentation .....	15
4.5	Validation périodique .....	15
4.6	Modèles stochastiques.....	15
5	Production de rapport.....	17
5.1	Si la modélisation est nécessaire au mandat.....	17
5.2	Si le mandat implique la modélisation.....	17
5.3	Limites.....	18
	Annexe 1. Barème de notation des risques.....	19
	Annexe 2. Bibliographie annotée.....	23

## 1 Contexte

### 1.1 Renvoi à l'exposé-sondage

La présente ébauche de note éducative est diffusée en même temps que l'exposé-sondage au sujet des modifications apportées à la Section générale des normes sur l'utilisation de modèles. Elle doit être lue de concert avec l'exposé-sondage. Les normes de pratique porteront sur les grands principes en cause dans l'utilisation de modèles par l'actuaire. La note éducative précisera les principes pour établir plus spécifiquement la manière dont l'actuaire peut s'assurer de l'application de saines pratiques dans l'utilisation de modèles.

Plusieurs expressions sont définies dans l'exposé-sondage. Les définitions sont reproduites ici à des fins pratiques.

- .16.01 Exécution<sup>1</sup> d'un modèle : ensemble d'intrants et de résultats correspondants produits par l'implémentation d'un modèle. [«*model run*»]
- .17.1 Implémentation du modèle : un ou plusieurs systèmes développés pour effectuer les calculs relatifs aux spécifications du modèle. À cette fin, un « système » désigne les programmes informatiques, les chiffriers et les bases de données. [«*model implementation*»]
- .25.01 Modèle : représentation concrète de relations entre des entités ou des événements à l'aide de notions statistiques, financières, économiques ou mathématiques. Un modèle utilise des méthodes, des hypothèses et des données pour simplifier un système plus complexe. Un modèle comprend des spécifications du modèle, une implémentation du modèle et une ou plusieurs exécutions du modèle. Des calculs assez simples pour être effectués de façon efficace manuellement ne constituent pas un modèle. [«*model*»]
- .45.1 Risque de modélisation : risque que des conséquences défavorables se produisent ou que des décisions inappropriées soient prises en raison des lacunes ou des limites des spécifications du modèle; d'une implémentation d'un modèle incorrecte; d'une utilisation d'hypothèses ou de données erronées pour l'exécution du modèle; d'une interprétation erronée des résultats d'un modèle; ou d'un choix d'un modèle ne convenant pas au but visé. [«*model risk*»]
- .48.1.01 Spécifications d'un modèle : description des composantes d'un modèle et des relations entre ces composantes, y compris les types de données, les hypothèses, les méthodes, les algorithmes, les entités et les événements. [«*model specification*»]

---

<sup>1</sup> Au R.-U., le terme anglais est « realization », mais le sens est essentiellement le même que « run ».

## 1.2 Exemples de modèles

La plupart du temps, ce qu'est un modèle et ce qui ne l'est pas est évident, mais parfois, ce n'est pas clair. Cependant, la distinction n'est pas nécessairement importante. Un actuairer voit à ce que tous les calculs soient faits avec habileté et diligence raisonnables. Utiliser un programme informatique sans déterminer s'il est suffisamment exact et convenable pour la tâche ne serait pas une saine pratique.

La principale distinction entre un calcul qui n'est pas un modèle et un modèle, c'est qu'un modèle nécessitera une certaine documentation, mais un calcul, habituellement pas. Un modèle très simple pourrait se documenter en un seul paragraphe.

Les deux listes ci-dessous visent à donner des exemples de ce qui constitue ou non un modèle, mais aucune de ces listes n'est définitive et exhaustive. Elles visent à clarifier la définition, mais en bout de ligne, il faudra exercer un jugement pour déterminer s'il s'agit d'un modèle ou non.

### Exemples qui ne sont pas des modèles

1. L'addition d'une colonne de nombres. Il n'existe pas de simplification parce que la somme est en soi la réalité. Cela est vrai peu importe s'il s'agit de quelques nombres ou s'il y en a tellement qu'il serait impossible de les additionner à la main.
2. Le calcul de la ligne de régression des moindres carrés. Une ligne de régression peut être utilisée dans un modèle, mais le calcul de la ligne de régression ne constitue pas un modèle.
3. Les feuilles de calcul utilisées pour résumer et reformater l'information, habituellement à des fins de production de rapports.

### Exemples qui sont des modèles

1. Les calculs s'appuyant sur la méthode de la valeur actuarielle, selon la définition dans les normes. La méthode en soi n'est pas un modèle. Néanmoins, en appliquant la méthode dans une situation réelle, l'actuaire formule des hypothèses au sujet des événements futurs qui sont une simplification de la réalité.
2. Une rente pour représenter les futurs gains d'une personne. Il s'agit d'un modèle parce que plusieurs simplifications de la réalité sont en cause et que de nombreuses hypothèses sont formulées au sujet de l'avenir.
3. L'examen dynamique de suffisance du capital. Il s'agit d'un modèle très complexe pouvant contenir plusieurs sous-modèles.
4. La production d'une série d'événements aléatoires. La production d'une série de nombres pseudo-aléatoires correspond à l'application d'un algorithme et non d'un modèle, mais quand ces nombres sont utilisés pour représenter la réalité, l'ensemble est réputé être un modèle.
5. La création de facteurs de matérialisation des pertes (FMP) (aussi désignés méthode du triangle (chain ladder)) pour estimer les sinistres encourus ultimes. Bien qu'un

modèle simple, l'estimation de facteurs d'âge-en-âge et l'application des facteurs ultimes sont réputées être un modèle.

6. Les techniques de modèle linéaire généralisé (MLG) utilisées pour segmenter le volume d'affaires en assurance automobile.

### 1.3 Utilisation ou élaboration

La présente ébauche de note éducative et l'exposé-sondage connexe portent sur l'utilisation de modèles, mais non sur l'élaboration de modèles. Il y a tout un bagage de connaissances au sujet des pratiques de codage, de la gestion du changement et de la gestion des processus auxquelles on a habituellement recours pour élaborer des systèmes (y compris des modèles) ou les modifier et les actuaires voudront s'assurer que de saines pratiques ont été appliquées à cette fin. La présente note met toutefois l'accent sur les tâches, par exemple, ce qui constitue un modèle pertinent dans une situation en particulier, l'assurance que les résultats du modèle ne contiennent aucune erreur importante et la meilleure façon de communiquer à l'utilisateur les connaissances découlant du modèle.

### 1.4 Risque de modélisation et notation du risque d'un modèle

Le concept de modélisation du risque est indispensable pour utiliser un modèle efficacement. Puisque le modèle est une simplification de la réalité, l'utilisation d'un modèle présente toujours un risque. Le risque de modélisation ne porte pas tant sur le résultat du modèle que sur les inférences, les opinions et les décisions qui découlent de la modélisation.

Diverses stratégies seraient appliquées pour atténuer le risque de modélisation. Les actuaires ont recours à diverses stratégies pour :

- choisir un modèle en vue de la réalisation d'une tâche;
- utiliser le modèle (de façon ponctuelle ou permanente) ou en superviser l'usage;
- communiquer les résultats de ce modèle.

Pour définir les éventuelles activités d'atténuation, l'actuaire tiendrait compte du niveau de risque que pose le modèle, c.-à-d., une approche fondée sur le risque. L'exposition au risque de modélisation peut être envisagée sous deux angles, soit la gravité et la probabilité d'une défaillance du modèle.

Le premier correspond à la gravité potentielle d'une défaillance du modèle ou l'ampleur possible de la défaillance. Bien qu'il soit difficile de quantifier cet élément, nous pouvons donner des pistes.

- L'importance financière des résultats produits par le modèle. La gravité est plus grande pour un modèle qui est utilisé à l'égard d'un poste majeur au bilan que pour un modèle servant à décider si une stratégie donnée est correctement orientée.

- L'importance des décisions prises à l'aide de ce modèle et la mesure dans laquelle les résultats de ce modèle contribuent à cette décision. Par exemple, on pourrait avoir recours à plusieurs modèles pour prendre une décision clé et, dans ce cas, chaque modèle contribue moins à l'exposition.
- La fréquence de l'utilisation. L'éventuelle gravité d'un modèle qui est souvent utilisé sera beaucoup plus grande que celle d'un modèle très peu souvent utilisé parce que la même défaillance pourrait se reproduire plusieurs fois avant d'être repérée. Par ailleurs, un modèle qui n'est pas souvent utilisé risque davantage d'être mal compris ou mal utilisé qu'un modèle qui est souvent utilisé.
- Les répercussions non financières. Il peut y avoir des conséquences au chapitre de l'atteinte à la réputation et(ou) un coût d'opportunité de mal interpréter. Même s'il n'y a aucune retombée financière immédiate, la défaillance d'un modèle peut mener une société à mettre sa situation en péril auprès des organismes de réglementation, des concurrents et des clients. En raison d'une défaillance dans un système, la société peut rater une occasion.

Le deuxième critère dont il faut tenir compte est la probabilité d'une défaillance du modèle. À cette fin, il faut habituellement se pencher sur ce qui suit :

- Complexité du modèle. Les modèles plus complexes risquent davantage d'être mal utilisés et les résultats mal compris et il y a beaucoup plus de calculs à vérifier.
- Niveau de connaissances et d'expertise requis des utilisateurs. Un manque de connaissances et de formation des utilisateurs pourraient contribuer à des lacunes dans le traitement du modèle, p. ex., mauvaises données d'entrée ou incapacité de bien composer avec les limites définies. Il pourrait aussi arriver que les utilisateurs comprennent mal l'objet du modèle et essaient de l'utiliser pour une fin autre que celle pour laquelle il a été testé.
- Documentation suffisante.
- Suffisance de la mise à l'essai.
- Caractère adéquat de l'examen par les pairs.

En règle générale, l'actuaire a peu de contrôle sur la gravité et il peut également exercer un grand contrôle sur la probabilité, notamment en choisissant de meilleurs modèles, en validant avec plus d'attention et en appliquant des contrôles plus rigoureux dans le cadre de l'exécution des modèles.

La gravité et la probabilité des éventuelles erreurs de modèle seraient prises en compte dans la notation du risque de modélisation.

L'Annexe 1 présente deux approches pour noter le risque d'un modèle parmi de nombreuses qui sont acceptables. L'actuaire est invité à appliquer une approche qui convienne à ses activités. Il importe que l'approche à l'égard de la notation du risque



soit uniforme. L'ampleur des travaux effectués pour choisir, tester, valider, documenter et contrôler un modèle tiendrait compte de la cote du risque. Pour s'assurer que les modèles sont utilisés de manière appropriée et exacte, il faut effectuer certains travaux; les modèles dont la cote de risque est plus élevée exigent des travaux plus approfondis afin d'atténuer le risque de modélisation.

Il conviendrait habituellement de prévoir un protocole de mise à jour périodique de la cote de risque dans l'approche à l'égard de la notation du risque. Les considérations que voici peuvent servir de guide à la décision de mettre à jour la notation de risque :

- réévaluer si le modèle est défaillant;
- réévaluer selon un cycle périodique, p. ex., aux cinq ans;
- réévaluer si l'utilisation du modèle change;
- réévaluer si l'incidence des résultats varie au-delà d'un certain seuil de tolérance établi au préalable.

## 2 Choix du modèle

### 2.1 Modèle nouveau (ou considérablement modifié)

Avant d'utiliser un modèle, l'actuaire s'assurerait qu'il convient à l'utilisation qu'il vise, que le modèle fonctionne correctement, que les données disponibles sont conformes aux exigences du modèle et que les résultats sont générés dans une forme qu'il peut utiliser. L'actuaire serait conscient des limites du modèle qui pourraient nuire à la production de résultats fiables dans certaines circonstances. La notation du risque d'un modèle est un facteur clé dans la détermination de l'ampleur des travaux effectués afin de décider si un modèle est acceptable.

#### *Spécification de l'examen*

L'actuaire voudra comprendre les spécifications du modèle afin de vérifier si les méthodes utilisées sont rigoureuses, si les hypothèses intégrées sont appropriées, si les données peuvent être générées dans la forme requise et si la conception du modèle tient compte des hypothèses nécessaires. Par exemple, pour évaluer les régimes de retraite, le modèle doit permettre de tenir compte de toute une gamme de formes de prestations, tant immédiates que différées, et appuyer la méthode d'évaluation souhaitée. Il nécessiterait un dispositif pour ajuster la table de mortalité de base et il est souhaitable d'appuyer une échelle d'amélioration bidimensionnelle.

S'il utilise un modèle d'une tierce partie, l'actuaire pourrait ne pas avoir accès à toutes les spécifications. Le cas échéant, l'actuaire voudra procéder aux tests appropriés pour évaluer les aspects importants non couverts dans la documentation de l'utilisateur.

Il importe de veiller à ce que le format et l'interprétation des données disponibles aux fins d'utilisation avec le modèle coïncident avec ce qui est envisagé dans les spécifications du modèle ou qu'elles puissent être adaptées à cette fin. Par exemple,

certains systèmes utilisent les codes de sexe 1= homme et 2= femme, mais d'autres 1= femme et 2= homme. Certains taux d'intérêt peuvent être supposés annuels effectifs et d'autres, composés semestriels.

#### *Validation de la mise en œuvre*

L'actuaire ne peut se contenter de supposer que le modèle met en œuvre correctement les spécifications. Il met le modèle à l'essai et, idéalement, le compare à d'autres modèles testés pour vérifier les calculs. Plus l'importance financière des travaux pour lesquels le modèle sera utilisé est grande, plus la mise à l'essai sera approfondie. Il est recommandé de conserver la documentation sur les essais effectués. Il est aussi recommandé de tenir à jour une série de cas d'essai qui peuvent être exécutés par l'intermédiaire du modèle ou une nouvelle version du modèle afin de vérifier si le modèle est toujours correct. Si la cote de risque du modèle est plus élevée, il pourrait s'avérer avisé d'exécuter tout un fichier vivant par l'entremise de versions successives du modèle.

De nombreuses techniques peuvent être utilisées pour valider, mais ce ne sont pas toutes les techniques qui conviennent à tous les modèles. La question de la sensibilité est abordée plus en détail à la sous-section 2.5. Le contrôle ex-post peut parfois être utile. Il est utile de comparer avec d'autres modèles si c'est possible.

L'actuaire veillerait à ce que le code et les paramètres du modèle utilisés dans l'implémentation aient été assujettis à un examen suffisant.

L'actuaire qui valide un modèle pour envisager la possibilité de demander à un autre actuaire d'examiner ses travaux.

#### *Composer avec les limites*

Il est important, mais rarement facile, de comprendre les limites du modèle.

Les actuaires seraient au courant des événements indépendants les uns des autres et de ceux qui sont corrélés. Par exemple, la mortalité des particuliers est habituellement indépendante, mais les taux de déchéance peuvent être corrélés aux taux d'intérêt.

Les actuaires seraient au courant des hypothèses qui sont fixées ou intégrées dans un modèle. Par exemple, si le taux d'impôt sur le revenu est fixe, le modèle ne peut alors pas être utilisé pour évaluer la sensibilité aux modifications apportées aux lois fiscales.

Certaines approximations ne sont pas robustes sur l'éventail complet des résultats éventuels. Par exemple, si l'échelle d'amélioration de la mortalité, CPM-B, est approximée par une échelle d'amélioration unidimensionnelle, l'approximation pourrait ne pas être suffisamment bonne pour un régime de retraite visant surtout des jeunes avec de longues périodes de différé, mais pourrait l'être si la majeure partie du passif est pour des retraités.

L'actuaire comprendrait la gamme de circonstances et d'utilisations pour lesquelles le modèle a été conçu et testé. Le modèle pourrait donner l'impression de fonctionner correctement pour tous les cas de test, mais pourrait ne pas convenir à toute la gamme

de situations en pratique. Un modèle pourrait convenir pour tarifier, mais ne pas être en mesure de traiter tous les cas nécessaires dans le cadre de l'évaluation.

### *Documenter<sup>2</sup> le choix du modèle*

Il est recommandé à l'actuaire de conserver la documentation à propos de la raison pour laquelle il a décidé qu'un modèle en particulier convenait et qu'il était suffisamment exact et des limites du modèle, le cas échéant.

## **2.2 Modèle existant utilisé d'une nouvelle façon**

Dans cette sous-section, on suppose que les étapes à la sous-section 2.1 avaient déjà été suivies pour le modèle.

Dans cette situation, l'actuaire peut avoir confiance que les calculs sont exacts, mais la nouvelle application peut être assujettie à des limites du modèle qui n'étaient pas pertinentes dans l'application initiale. L'actuaire tiendrait donc compte des limites, le cas échéant, qu'il conviendrait d'examiner, effectuerait les tests appropriés et documenterait ces travaux. L'actuaire déterminerait aussi si la note du risque a changé et, si elle est plus élevée, il faudrait peut-être valider davantage. La réalisation de ces travaux élargit efficacement la gamme des applications types du modèle.

## **2.3 Modèles dont l'utilisation par d'autres est approuvée**

Il arrive habituellement qu'une équipe valide un modèle que d'autres équipes utiliseront. Un actuaire qui utilise un modèle peut habituellement avoir recours aux travaux des autres qui ont validé le modèle, pourvu qu'il convienne que le processus de validation était adéquat.

L'équipe qui valide indique d'habitude, au moins de façon sommaire, que les étapes de la section 2.1 ont été suivies. L'actuaire qui utilise le modèle passerait en revue le rapport sur la validation et conserverait des preuves pour montrer qu'il est au courant des travaux effectués et persuadé qu'ils étaient suffisants.

Un actuaire peut parfois choisir de s'en remettre à la validation faite par d'autres parties de l'extérieur de l'entreprise. À moins qu'il n'ait accès à la documentation de la validation, le fardeau de la preuve pour accepter la validation serait plus lourd que pour une validation faite à l'intérieur de l'entreprise.

## **2.4 Modèles ne s'inscrivant pas dans le domaine d'expertise de l'actuaire**

Les actuaires peuvent devoir utiliser des modèles qui ne s'inscrivent pas dans leur domaine d'expertise et(ou) y avoir recours, par exemple, à des modèles d'évaluation du

---

<sup>2</sup> Documentation s'entend des documents de travail de l'actuaire et non des rapports destinés à un utilisateur interne ou externe. Même si la documentation peut ne pas être rendue disponible, il importe qu'elle soit disponible pour ceux qui examinent les travaux de l'actuaire et pour ceux qui en assument par la suite la responsabilité.

crédit, des modèles de capital économique et des modèles de gestion du risque d'entreprise qui comportent des caractéristiques et des composantes pour lesquelles l'actuaire qui utilise les modèles n'a pas l'expertise.

Dans ces situations, l'actuaire déterminerait la mesure dans laquelle il peut avoir recours aux autres experts. Ce faisant, l'actuaire examinerait ce qui suit :

- si la personne à laquelle s'en remet l'actuaire est réputée être un spécialiste dans son domaine de pratique;
- la mesure dans laquelle le modèle a été examiné par les spécialistes du domaine pertinent;
- l'importance financière du modèle et la cote de risque qui y est associée.

L'actuaire ferait un effort raisonnable pour comprendre :

- les rouages de base du modèle, notamment ses données d'entrée, ses résultats et son approche générale;
- les travaux d'essai et de validation qui ont été effectués;
- la complexité du modèle et le cadre de contrôle utilisé.

En outre, l'actuaire indiquerait, dans les documents et les renseignements pertinents, tout recours à des modèles créés par d'autres spécialistes.

Si l'actuaire doit utiliser un modèle bâti à l'aide d'un logiciel à l'égard duquel il n'est pas spécialiste, il tenterait d'en comprendre suffisamment pour se convaincre que le cadre de validation et de contrôle appliqué est suffisant pour donner de l'assurance dans les résultats produits par le modèle.

## 2.5 Analyse de sensibilité

L'analyse de sensibilité est utilisée pour valider un modèle, comprendre les rapports entre les intrants et les extrants et développer un sentiment de sécurité face au modèle.

L'actuaire tiendrait compte des hypothèses qui seront des intrants au modèle. Il testerait ces hypothèses et observerait l'impact de varier ces hypothèses pour valider le modèle.

L'actuaire envisagerait aussi la possibilité de mettre à l'essai diverses hypothèses pouvant ne pas s'inscrire dans la fourchette prévue ou actuellement observable. Il pourrait ainsi déterminer si le modèle se comporte toujours sainement dans ces conditions simulées. Par exemple, on pourrait simplement utiliser des taux d'intérêt de zéro ou négatifs et s'assurer que le résultat du modèle est, en théorie, correct.

L'actuaire veillerait également à ce que l'interaction entre les hypothèses connexes soit prise en compte. Par exemple, dans un modèle d'évaluation du secteur de l'assurance-vie, une variation des taux de décès influe sur les frais de mortalité, mais aussi sur la persistance du bloc et peut donc générer des conséquences de deuxième ordre sur la valeur actualisée actuarielle des flux monétaires des frais de maintien.

L'actuaire envisagerait la possibilité d'analyser la sensibilité des hypothèses individuellement et collectivement pour s'assurer que le modèle fonctionne correctement et qu'il comprend ces interactions.

Dans les analyses de la sensibilité, l'actuaire porterait attention aux cas pour lesquels le rapport entre les intrants et les extrants n'est pas linéaire ou linéaire pour une fourchette limitée. Dans l'un ou l'autre des cas, l'actuaire testerait une fourchette d'intrants plus large afin de mieux comprendre l'impact sur le résultat.

L'analyse de sensibilité est parfois utilisée pour rehausser les résultats produits par l'actuaire. Le cas échéant, l'actuaire peut songer à déclarer non seulement l'hypothèse choisie, mais également la sensibilité à l'égard de cette hypothèse. Pour les modèles de risques regroupés, il faut parfois formuler des hypothèses de dépendance pour modéliser l'interaction entre les divers types de risque. L'actuaire ferait habituellement preuve de jugement dans le choix de ces hypothèses afin de tenir compte de la dépendance. L'actuaire pourrait produire des résultats conformes à une matrice de corrélation, mais indiquerait ce qui se produit en vertu d'autres matrices de corrélation.

La fourchette des valeurs testées refléterait la fourchette des hypothèses qu'on s'attendrait raisonnablement à retrouver dans la pratique. En ce qui concerne en particulier les modèles stochastiques, il importe de tester une fourchette suffisamment large pour couvrir les cas qui seraient générés de façon aléatoire.

## 2.6 Se préparer à utiliser le modèle

Après avoir choisi le modèle, l'actuaire suivra habituellement diverses étapes avant de pouvoir l'utiliser.

Il faudra peut-être adapter un peu le modèle en fonction de la situation. L'actuaire consignerait toutes les modifications apportées aux spécifications et testerait les changements au titre de l'implémentation.

En particulier dans le cas d'un modèle utilisé à répétition et présentant un risque très grave, il est recommandé de documenter le processus à suivre. On trouvera des conseils pertinents sur le processus de contrôle à la sous-section 1540. Un document sur un processus peut comprendre ce qui suit :

1. des instructions pour recueillir les données d'entrée;
2. l'autorisation qui est requise pour établir les hypothèses à propos des intrants;
3. des instructions étape par étape sur la façon d'exécuter le modèle;
4. les vérifications à faire pour les intrants et les extrants;
5. les rapprochements nécessaires par rapport aux exécutions antérieures;
6. un diagramme du processus.

### 3 Modifications mineures apportées à un modèle

Quand un modèle est modifié, la section 2 ou la présente section s'appliquera. L'actuaire ferait preuve de jugement pour déterminer celle qui convient le mieux. En cas de doute, ce serait peut-être mieux d'appliquer la section 2.

Les modèles sont rarement statiques avec le temps. On peut les modifier notamment pour corriger un défaut de logiciel, changer un paramètre fixe, faire face à une nouvelle situation et tenir compte des changements réglementaires. Chaque fois qu'un modèle est modifié, il y a un risque que la nouvelle caractéristique ne soit pas correctement mise en œuvre, qu'une chose qui ne devait pas être changée arrête de fonctionner correctement, que la documentation cesse de concorder avec le modèle ou que le changement ne soit pas bien communiqué aux utilisateurs du modèle.

À tout le moins, l'actuaire qui utilise un modèle qui a été révisé aurait intérêt à exécuter des cas de test par l'entremise du modèle initial et du modèle révisé pour vérifier si les différences, le cas échéant, sont raisonnables. Si le modèle révisé peut traiter des cas qui n'étaient pas traités avant, il peut s'avérer utile de comparer un nouveau cas traité par le modèle révisé et un cas semblable traité par le modèle précédent.

L'actuaire peut choisir d'avoir recours aux travaux effectués par d'autres pour valider un modèle révisé (se reporter à la description à la section 2.3).

### 4 Utilisation des modèles

L'actuaire utilise habituellement le même modèle pour divers cas, que ce soit pour une évaluation, la tarification ou d'autres fins. Il utilise ainsi judicieusement son temps et c'est économique pour le client. Pour utiliser les expressions des normes, l'actuaire produit de nombreuses exécutions (peut-être en variant les données d'entrée et les hypothèses) avec les mêmes spécifications et la même implémentation du modèle.

#### 4.1 Validation des données d'entrée

Les données doivent être suffisantes, complètes et fiables. On suppose qu'un processus de contrôle adéquat permet d'obtenir les données que le modèle utilisera. La sous-section 1530 est directement pertinente pour les données utilisées dans un modèle. La présence de défauts dans les données d'entrée correspond à une limite du modèle qu'il conviendra peut-être de divulguer. Si l'actuaire n'assume pas la responsabilité des données, il doit l'indiquer. Le risque de modélisation augmente si les données présentent des fautes et peut augmenter si l'actuaire n'assume pas la responsabilité des données.

Par exemple, si une société d'assurances obtient des intrants pour un modèle d'évaluation d'une branche d'assurances importante, l'actuaire pourrait tenir compte de ce qui suit :

#### *Suffisance*

1. Les données sont-elles conformes aux exigences des spécifications du modèle?

2. Si le modèle sera utilisé à répétition, les données sont-elles dans un format cohérent chaque fois?

#### *Exhaustivité*

1. Comment traite-t-on les données manquantes? Une hypothèse sur les données est-elle formulée ou une erreur est-elle générée? Est-elle portée à l'attention?
2. Il conviendrait de vérifier périodiquement si les hypothèses sur les données demeurent appropriées.
3. La taille du fichier de données est-elle conforme aux périodes précédentes?

#### *Fiabilité*

1. Rapprochement à d'autres sources (de préférence vérifiées)
  - P. ex., y a-t-il rapprochement entre un fichier de l'actif et le bilan?
  - P. ex., y a-t-il rapprochement entre le total des prestations/des primes/des dossiers et les données que l'on retrouve dans les documents financiers de la société?
2. Résumer les données d'entrée et les comparer aux périodes précédentes, s'il y a lieu.
3. Vérifier les données aberrantes à la recherche d'erreurs potentielles, p. ex., âge 115, pas de prestations, pas de prime.

#### **4.2 Validation des hypothèses**

Dans certains cas, les hypothèses ne sont pas établies lors du processus des spécifications du modèle, mais varient selon l'exécution du modèle. Ainsi, les hypothèses d'entrée doivent être aussi bien contrôlées que les données d'entrée. On trouvera des détails pertinents sur les hypothèses requises aux fins de l'exécution d'un modèle à la section 1700. Les points à considérer que voici pourraient être utiles :

- Examen par les pairs (interne et externe) périodique des hypothèses.
- Les hypothèses visées sont-elles celles utilisées dans le modèle? Pour les modèles utilisés à répétition, il convient de vérifier si les hypothèses sont mises à jour au besoin à chaque exécution du modèle.
- Les hypothèses relatives au modèle sont-elles inchangées à moins qu'elles aient dû être modifiées?

#### **4.3 Validation des résultats**

À tout le moins, l'actuaire veillerait à ce que les résultats d'un modèle soient raisonnables en fonction des intrants. Pour les modèles ayant un niveau de risque plus élevé, les contrôles appliqués aux extrants seraient plus rigoureux. Les vérifications suivantes peuvent être appliquées à de nombreux modèles.

- Les intrants et les extrants correspondent-ils? Par exemple, est-ce que le total des extrants correspond au total des intrants pour le nombre de vies ou de polices et le montant de l'assurance ou du revenu?
- Combien d'erreurs se sont produites et quels étaient les montants en cause? Est-ce que le nombre s'inscrit dans les limites de tolérance établies? La cause fondamentale des erreurs a-t-elle été identifiée et rectifiée à des niveaux de tolérance acceptables?
- Les résultats sont-ils tels que prévus, tant au niveau de l'orientation que de l'ampleur?
- Si le modèle est exécuté à plusieurs reprises à des dates différentes, les plus récents résultats sont-ils conformes à la tendance?
- Les résultats sont-ils conformes aux impacts obtenus par l'analyse de sensibilité effectuée?
- Analyse des attributions – la variation des résultats par rapport à la période précédente peut-elle être expliquée?
- Mettre à l'essai la valeur prédictive du modèle en utilisant les données des tests séparément des données utilisées aux fins de la paramétrisation.

#### 4.4 Documentation

Il est recommandé à l'actuaire de conserver la documentation sur la version du modèle utilisé, les intrants et les extrants du modèle. Le modèle ne serait habituellement pas mentionné dans le rapport destiné à l'utilisateur. L'actuaire n'a pas à documenter, dans chaque utilisation du modèle, les questions abordées pour un nouveau modèle.

#### 4.5 Validation périodique

Il est recommandé à l'actuaire de procéder périodiquement à la validation du modèle même s'il n'a pas été modifié. (Si le modèle a été modifié, se reporter à la section 2 ou 3.) Un modèle dont la cote de risque est plus élevée serait validé plus souvent. Une validation périodique peut permettre d'identifier les cas où les hypothèses ou les approximations, validées initialement, ne sont plus appropriées et pertinentes dans le contexte actuel. Un actuaire qui assume une nouvelle fonction dans laquelle un modèle existant est toujours utilisé serait avisé d'examiner le modèle et la documentation portant sur celui-ci provenant de son prédécesseur.

#### 4.6 Modèles stochastiques

À bien des égards, un modèle stochastique est le produit de nombreuses exécutions d'un modèle déterministe. Ainsi, il conviendrait habituellement de suivre les recommandations des autres sous-sections de la section 4. Cependant, tel que stipulé au paragraphe 1540.11, si un modèle stochastique est utilisé, il conviendrait de tenir compte de certains autres éléments.



Si les intrants et(ou) les hypothèses varient selon l'exécution, l'actuaire veillerait à ce que la distribution de ces intrants et(ou) hypothèses soit raisonnable (p. ex., dans un modèle qui prévoit des évaluations de régimes de retraite, la distribution des taux d'actualisation de l'évaluation est-elle raisonnable?), en accordant une attention particulière à des aspects comme la tendance, la moyenne, la médiane, la symétrie, l'asymétrie et les extrémités de ces distributions. L'actuaire veillerait aussi à ce que la corrélation entre chaque intrant et(ou) hypothèse soit appropriée. Par exemple, dans un modèle qui prévoit l'évaluation de régimes de retraite, la corrélation entre les taux d'actualisation de l'évaluation et le rendement des obligations à long terme du gouvernement est-elle adéquate? Dans un modèle de capital économique, la corrélation entre le taux de chômage et le produit intérieur brut est-elle appropriée?

Une autre question qui pourrait être prise en compte est la variation éventuelle de la corrélation entre les variables au niveau de la moyenne par rapport aux extrémités des distributions respectives. Par exemple, pour les expositions de assureurs IARD, les branches d'assurances IARD sont habituellement réputées être modérément corrélées à la moyenne. Cependant, dans des situations catastrophiques et peu fréquentes, l'hypothèse de dépendance entre les branches d'assurance IARD augmente considérablement.

Pour valider les résultats d'un modèle stochastique, il est peu pratique et impossible d'examiner les résultats découlant de chaque simulation. L'actuaire peut plutôt examiner ce qui suit :

- Les résultats d'un échantillon soigneusement choisi de scénarios déterministes réalisés, couvrant une fourchette appropriée d'intrants et(ou) d'hypothèses (p. ex. un scénario de type médian, un scénario de type forte inflation et un scénario de type faible inflation).
- La distribution des résultats des extrants pour ce qui est du caractère raisonnable en accordant ici aussi une attention particulière à des aspects comme la tendance, la moyenne, la médiane, la symétrie, l'asymétrie et les extrémités des distributions (p. ex, dans un modèle qui prévoit l'évaluation de régimes de retraite, la distribution du niveau de provisionnement prévu est-elle raisonnable?).
- Les résultats des scénarios déterministes choisis sont-ils conformes à la distribution des résultats stochastiques (p. ex., les résultats du scénario déterministe de type médian sont-ils conformes à la distribution médiane des résultats stochastiques?).
- Les relations, ou les distributions des relations, entre certains intrants, hypothèses et(ou) résultats pour veiller à ce qu'elles soient appropriées et conformes à l'interne (p. ex., dans un modèle qui prévoit l'évaluation de régimes de retraite, la distribution de la relation entre les taux d'actualisation et le niveau de provisionnement est-elle appropriée?).

- Les scénarios qui se situent près d'une frontière qui revêt une importance particulière pour l'application; par exemple, un calcul de l'ECU(99) aurait davantage à voir avec les scénarios de l'extrémité.

L'actuaire ferait preuve de prudence : le résultat d'un modèle stochastique est habituellement en soi une estimation statistique qui comporte ses propres moyenne et variance. La variance peut être diminuée en exécutant plus de scénarios, mais il est impossible de l'éliminer. Par exemple, si le modèle vise à estimer l'ECU(99), deux exécutions successives (avec des valeurs de départ différentes) généreront habituellement des résultats différents en raison de la fluctuation aléatoire. Ni l'une ni l'autre ne représente la vérité; les deux sont des estimations et sont tout aussi valides. Le fait qu'il n'y a pas de véritable bonne réponse présente des défis au plan de la communication des résultats.

## 5 Production de rapports

L'actuaire est prié de consulter la section 1800 des Normes pour des conseils généraux à propos des rapports destinés aux utilisateurs, tant internes qu'externes. La nature du mandat déterminera si le modèle est mentionné dans le rapport destiné aux utilisateurs d'un actuaire. La plupart du temps, un actuaire est engagé pour donner une opinion professionnelle, par exemple sur le passif actuariel d'un régime de retraite ou le prix d'un produit d'assurance. L'actuaire peut avoir recours à un modèle pour éclairer l'opinion, mais il n'a aucun intérêt à savoir comment l'opinion s'est forgée en autant que cela ait été fait conformément à la pratique actuarielle reconnue (c.-à-d., la modélisation est accessoire au mandat). Dans d'autres cas, l'actuaire est engagé pour modéliser une situation en particulier ou évaluer un modèle (c.-à-d., le mandat implique la modélisation) et ces commentaires explicites sur le modèle et ses résultats seraient pertinents pour l'utilisateur.

### 5.1 Si la modélisation est accessoire au mandat

L'actuaire ne mentionnerait habituellement pas le modèle à moins qu'il n'y ait des limites devant être divulguées. Le modèle a pour objet d'éclairer l'actuaire, lequel informe l'utilisateur. Le modèle n'est pas conçu pour informer l'utilisateur directement.

Si le modèle n'est pas communiqué à l'utilisateur, on pourrait dire que l'actuaire assume la totalité du risque de modélisation.

### 5.2 Si le mandat implique la modélisation

Dans cette situation, l'actuaire ferait habituellement un renvoi direct au modèle. Pour déterminer si le modèle est primaire ou secondaire dans le rapport, il conviendrait de déterminer si le mandat avait pour objet de modéliser ou d'évaluer un modèle ou de formuler une opinion appuyée par la modélisation. Selon le cas, l'actuaire pourrait décrire en détail le modèle et ses résultats ou en faire un bref survol. L'actuaire peut expliquer la raison pour laquelle le modèle était approprié, mais ne pas mentionner les travaux effectués pour valider. L'actuaire pourrait avoir exécuté le modèle des centaines

de fois, mais ne mentionner dans le rapport que les exécutions les plus pertinentes pour le mandat.

L'actuaire indiquerait toute limite pertinente du modèle.

Si les résultats du modèle sont mal communiqués ou compris, de mauvaises décisions pourraient être prises ou il pourrait y avoir d'autres conséquences défavorables. Il importe donc de communiquer clairement et en fonction de l'auditoire l'utilisation prévue du modèle, les limites et les principales approximations.

### 5.3 Limites

Le modèle peut parfois comporter des limites qui influent directement sur la capacité de l'actuaire de réaliser le mandat. Le cas échéant, peu importe les modalités du mandat, l'actuaire indiquerait qu'un modèle a été utilisé et que les limites qu'il comporte pourraient avoir un effet important sur les résultats. Par exemple, si l'actuaire doutait d'une façon ou d'une autre de la qualité des données utilisées dans le modèle, il l'indiquerait ou si le modèle ne traite pas un facteur que l'actuaire juge pertinent ou qu'il en simplifie le traitement, il le préciserait.

ARCHIVÉ

### Annexe 1. Barème de notation des risques

Il existe de nombreuses approches valides pour coter le risque d'un modèle. Il s'agit d'évaluer à quel point un modèle est risqué de façon à ce que les travaux devant être effectués pour choisir, valider et documenter un modèle puissent convenir dans les circonstances. Deux de ces approches sont présentées à titre d'exemple.

#### Approche unidimensionnelle

Par exemple, une société d'assurance-vie directe de taille petite à moyenne pourrait utiliser un tableau semblable au suivant pour évaluer ses modèles d'évaluation.

Examiner chaque facteur de risque ci-dessous et y attribuer une cote (de 1 à 4). Additionner les cotes à la fin du tableau.

Facteur de risque	Cote (1 – 4)
<p>A. Taille du bloc évalué (% du passif actuariel total)</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 0 – 2 %</li> <li>2. 3 – 5 %</li> <li>3. 6 – 10 %</li> <li>4. Plus de 10 %</li> </ol>	3
<p>B. Importance stratégique du bloc évalué</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Fermé à de nouvelles polices, en mode de liquidation</li> <li>2. Nombre minimal de nouvelles polices, révision de la tarification peu fréquente</li> <li>3. Nombre modéré de nouvelles polices ou de nouvelles gammes de produits ou révision occasionnelle de la tarification ou de la conception des produits</li> <li>4. Nombre significatif de nouvelles polices ou de nouvelles gammes de produits ou révision fréquente de la tarification ou de la conception des produits</li> </ol>	3
<p>C. Complexité du modèle</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Produit simple de type conventionnel, quelques fichiers d'entrée, méthode d'évaluation unique, scénario unique, mises à jour des hypothèses peu fréquentes</li> <li>2. Plus d'une gamme de produits ou méthode d'évaluation, mises à jour des hypothèses plus fréquentes</li> <li>3. Produits plus complexes avec plus de particularités (p. ex., vie universelle) ou de nombreuses méthodes d'évaluation</li> </ol>	2

<p>et hypothèses fondées sur des scénarios</p> <p>4. Évaluation de type stochastique avec plusieurs scénarios et hypothèses, produits complexes (p. ex., fonds distincts)</p>	
<p>D. Expertise de l'utilisateur du modèle et(ou) risque lié aux personnes clés</p> <p>1. Grande compréhension de l'utilisateur du modèle – comprend comment le modèle fonctionne, les produits devant être évalués et les résultats prévus. Plus de deux personnes sont en mesure d'exécuter, de mettre à jour et d'analyser les résultats du modèle.</p> <p>2. Bonne compréhension du modèle et des produits de la part de l'utilisateur du modèle et(ou) plus de deux personnes sont en mesure de tenir à jour et d'expliquer les résultats du modèle.</p> <p>3. Une certaine compréhension du modèle et des produits de la part de l'utilisateur du modèle et(ou) au moins deux personnes sont en mesure de tenir à jour et d'expliquer le modèle.</p> <p>4. Compréhension limitée du modèle et des produits de la part de l'utilisateur du modèle et(ou) seulement une personne en mesure d'exécuter, de mettre à jour et d'analyser les résultats.</p>	2
<p>E. Niveau de la documentation de l'examen</p> <p>1. Modèle totalement valide et documenté (hypothèses, processus, limites, etc.) et documentation mise à jour au besoin avec examen par les pairs et approbations pertinents</p> <p>2. Bonne documentation et examen par les pairs fréquent</p> <p>3. Documentation partielle et examen occasionnel du modèle par les pairs</p> <p>4. Aucune documentation, modèle non examiné par les pairs</p>	3
<b>Cote totale sur 20 :</b>	<b>13</b>

## Évaluation de la cote

- 1-5 Risque de modélisation minimal – maintenir la pratique courante, peu ou pas de changements requis
- 6 – 10 Risque de modélisation faible – Réduire les facteurs de risque, si possible, mettre l’accent sur les sections D et E
- 11- 15 Risque de modélisation modéré – Réduire les facteurs de risque, si possible, mettre l’accent sur les sections D et E, en examinant les modèles plus souvent, en mettant à jour la documentation et assurant la formation d’autres employés, le cas échéant
- 16 – 20 Risque de modélisation élevé – Attention élevée, améliorations immédiates ou validation fréquente du modèle est nécessaire

**Approche bidimensionnelle**

La gravité et la probabilité de défaillance du modèle sont évaluées séparément et la cote de risque est déterminée en équilibrant les deux aspects.

Cote du risque d'un modèle					
Probabilité		Gravité			
		Négligable	Faible	Moyenne	Élevée
Faible		Très faible	Très faible	Faible	Moyenne
Moyenne		Très faible	Faible	Moyenne	Élevée
Élevée		Faible	Moyenne	Élevée	Extrême

Voici un exemple d'une feuille de calcul visant à déterminer la gravité et la probabilité.

**Renseignements généraux**

Modèle :                   Modèle BBB  
 Propriétaire :            Directeur, XYZ  
 Utilisateurs :            Analyste principal en actuariat - ABC  
 Objet principal :        Évaluation du passif actuariel  
 Autres fins :             Établissement du capital réglementaire en fonction du passif actuariel

**Détermination de la gravité et de la probabilité**

	Question	Réponse	Examen et analyse	Cote
Gravité	Quel est le ratio du passif actuariel de la gamme de produits au total du passif actuariel?	20 %	Élevé >10 % Moyen 2-10 % Faible < 2 %	Élevée
	Quelle est l'utilisation principale?	Évaluation	A un effet direct sur le grand livre	Élevée
	Quelles sont les autres utilisations?	Capital réglementaire	Influe sur les rapports destinés à l'organisme de réglementation	Élevée
Probabilité	Quelle est la plate-forme ou quel est le logiciel utilisé?	AXIS	Utilisé depuis des années et bien compris par le personnel du service d'actuariat	Faible
	Quel est le niveau d'expertise des utilisateurs?	Un programme de formation est offert aux analystes principaux. Examen par le directeur	D'accord.	Faible
	Quelle est la qualité de la documentation sur le processus, la méthodologie et les hypothèses?	Satisfait aux normes du service de vérification interne et S-OX	D'accord	Faible
	Faut-il procéder à une manipulation manuelle?	Une certaine manipulation des données pour cerner des erreurs non prévues à la fin du trimestre	D'accord	Faible
	Y a-t-il eu défaillance du modèle au cours des trois dernières années?	Aucune	D'accord	Faible

**Évaluation globale :** L'évaluation est *moyenne* car la gravité élevée est atténuée par les contrôles appliqués pour réduire la probabilité.

## Annexe 2. Bibliographie annotée

### Normes générales

Renvoi	Commentaires
Report from the Actuarial Processes and Controls Best Practice Working Party – Life Insurance (2009) <a href="http://www.actuaries.org.uk/research-and-resources/documents/report-actuarial-processes-and-controls-best-practice-working-party">http://www.actuaries.org.uk/research-and-resources/documents/report-actuarial-processes-and-controls-best-practice-working-party</a>	Article intéressant de l’Institute of Actuaries du R.-U., avec description détaillée des divers risques de modélisation et diverses activités d’atténuation ( <i>en anglais seulement</i> )
Actuarial Modeling Controls: A Survey of Actuarial Modeling Controls in the Context of a Model Based Valuation Framework (2012) <a href="https://www.soa.org/Research/Research-Projects/Life-Insurance/Actuarial-Modeling-Control.aspx">https://www.soa.org/Research/Research-Projects/Life-Insurance/Actuarial-Modeling-Control.aspx</a>	
Actuarial Standard of Practice No. 23 - Data Quality (2004) <a href="http://www.actuarialstandardsboard.org/wp-content/uploads/2014/07/asop023-097.pdf">http://www.actuarialstandardsboard.org/wp-content/uploads/2014/07/asop023-097.pdf</a>	
Managing Spreadsheet Risk (2005) <a href="http://www.louisepryor.com/wp-content/uploads/2011/05/managing.pdf">http://www.louisepryor.com/wp-content/uploads/2011/05/managing.pdf</a>	Article rédigé par un actuaire du R.-U., portant sur le risque lié à la feuille de calcul ( <i>en anglais seulement</i> )