



Institut canadien
des actuaires
ÉDUCATION

Canadian Institute
of Actuaries
EDUCATION

Programme d'études 2022 de l'ICA

Modules et Examen synthèse pour l'obtention du titre d'AICA

Octobre 2022



Table des matières

Programme du module AICA, printemps 2023.....	3
Module 1 AICA	3
Module 2 AICA	6
Programme de l'Examen synthèse AICA, printemps 2023	8
Entrée en matière	8
Objectifs généraux d'apprentissage	8
Sujets évalués à l'examen	8
Considérations relatives à l'évaluation de la performance à l'examen par l'ICA.....	9
Taxonomie de Bloom	9
Annexe du programme de l'Examen synthèse AICA, printemps 2023.....	10
A1. Probabilités	10
A2. Mathématiques financières	11
A3. Administration des affaires, économie et finance	14
A4. Mathématiques actuarielles.....	19
A5. Analytique prédictive	23
Ouvrages de référence pour acquérir les connaissances nécessaires à la réussite des modules et de l'Examen synthèse du titre AICA	26
1. Sujets en lien avec la finance.....	26
2. Sujets en lien avec les mathématiques actuarielles à long terme	27
3. Sujets en lien avec les mathématiques actuarielles à court terme	28
4. Sujets en lien avec l'analytique prédictive et la statistique	29

Programme du module AICA, printemps 2023

Les modules AICA constituent des éléments de formation fondamentale obligatoire pour l'obtention du [titre d'AICA](#), ont pour but de faire le pont entre les études universitaires reconnues ou les études suivies auprès d'autres associations actuarielles et le monde du travail. Ils sont gérés en ligne au moyen du système de gestion de l'apprentissage de l'ICA.

Les modules présupposent que les candidats et candidates ont acquis une certaine connaissance des sujets traités dans leurs diplômes universitaires reconnus ou à travers d'autres études conduisant au titre d'associé ou d'associée. Les résultats que les candidats et candidates sont censés atteindre recouvrent souvent plusieurs objectifs d'apprentissage, l'accent étant mis sur les communications dans la plupart des tâches.

Les modules s'accompagnent d'enregistrements, de courtes lectures ou de questionnaires. Chaque module comprend une étude de cas qui prévoit divers produits livrables comme des courriels, des rapports, des notes de service, des présentations enregistrées ou des feuilles de calcul. Ces études de cas appliquent les sujets théoriques traités dans les études universitaires reconnues ou dans d'autres études conduisant au titre d'associé ou d'associée à des scénarios actuariels pratiques; le contenu ne devrait donc pas être nouveau pour le candidat ou la candidate, mais son application pourrait l'être.

Il n'y a pas de condition préalable requise pour l'inscription aux modules AICA. Les candidats et candidates qui ont fait des études auprès d'une université reconnue devraient avoir suivi un certain nombre de cours avant de compléter le premier module. Le second module ne devrait être complété que lorsque la totalité ou la quasi-totalité des cours se rapportant à l'Examen synthèse AICA. On s'attend à ce que ces candidats et candidates puissent suivre le second module au cours de la dernière année de leur programme universitaire. Il revient aux candidats et candidates de s'assurer qu'ils et elles possèdent les connaissances voulues.

Module 1 AICA

A. Introduction et communications actuarielles

Description : La première partie du module présente la profession et donne un contexte général au candidat ou à la candidate; elle explique l'histoire de la profession, décrit le contexte des travaux de l'actuaire et les différents champs de pratique. La communication dans un contexte actuariel est également abordée : les publics, la rédaction technique et non technique et l'incidence de la diversité culturelle sur la communication. Enfin, différents canaux de communication orale et écrite (p. ex., courriel, lettre, note de service, rapport, sommaire, présentation, diaporama et logiciel de messagerie et de clavardage) sont présentés. Leur but est expliqué et les règles de formatage de ces communications sont également exposées.

Contenu et objectifs d'apprentissage

1. Ce que signifie être actuaire au Canada
 - a. Définir le mot *actuaire* et ce que signifie être actuaire au Canada. Expliquer pourquoi les actuaires sont des professionnels.
 - b. Décrire les événements historiques qui ont eu une incidence sur la profession au Canada et dans le monde entier.
 - c. Décrire les domaines de pratique actuels.
 - d. Discuter de l'avenir de la profession actuarielle.
2. Les actuaires et l'art de la communication
 - a. Comprendre les différents publics (p. ex., de pair-à-pair, au sein même de l'entreprise, clients externes).
 - b. Comprendre la diversité culturelle et son incidence sur la communication.
 - c. Préparer des communications écrites et orales à l'intention de publics à l'intérieur ou à l'extérieur de l'entreprise de l'actuaire (c.-à-d. voir à l'appariement du public avec l'objectif et le moyen de communication).
 - d. Établir des différences entre la rédaction technique et la rédaction non technique.
 - e. Déterminer le bon usage des différents canaux de communication écrite (p. ex., courriel, lettre, note de service, rapport, sommaire).

- f. Comprendre les principales caractéristiques et la structure de ces canaux (c.-à-d. les diverses parties d'une lettre, d'une note de service, d'un rapport, d'un sommaire).
- g. Rédiger des courriels, des lettres, des notes de service, des rapports et des sommaires.
- h. Rédiger des communications écrites efficaces et concises.
- i. Préparer des médias visuels expressifs (p. ex., graphiques, tableaux, documents infographiques, vidéos) et des supports visuels (p. ex., diapositives).
- j. Déterminer les principes clés de l'éloquence en public et les bons moyens d'assurer des services en personne et en virtuel.

B. L'environnement de l'actuaire

Description: La deuxième partie du module décrit l'environnement de l'actuaire : les systèmes financiers, les forces externes auxquelles les actuaires sont soumis et les risques découlant de l'évolution de ces forces. La gestion, la quantification, l'atténuation et le transfert des risques sont expliqués en détail. Les risques émergents y sont également décrits. Enfin, le candidat ou la candidate découvre l'incidence de la réglementation sur l'environnement.

Contenu et objectifs d'apprentissage

3. Le contexte des travaux actuariels
 - a. Comprendre le fonctionnement d'une entreprise dans divers environnements.
 - b. Décrire le contexte des travaux actuariels et leurs principaux processus.
 - c. Définir les principales étapes de la gestion des risques, à savoir leur identification, leur quantification et leur atténuation.
 - d. Expliquer les principales sources de risque liées à l'évolution des forces externes et leur incidence sur notre système financier.
4. Systèmes financiers
 - a. Décrire les systèmes financiers dans le contexte national et mondial.
 - b. Décrire les principaux acteurs des marchés financiers et expliquer leurs objectifs et leurs fonctions.
 - c. Décrire les principaux facteurs qui influent sur le développement des systèmes financiers.
 - d. Expliquer les principaux risques qui menacent la stabilité des systèmes financiers nationaux et mondiaux.
 - e. Décrire les activités, la structure de gouvernance, le cadre législatif, les capitaux et la gestion des risques des institutions financières canadiennes (p. ex., sociétés d'assurances, banques).
 - f. Décrire les déterminants des taux d'intérêt, de l'inflation des prix et des salaires, du PIB et du chômage.
5. Forces externes
 - a. Définir les forces externes.
 - b. Catégoriser les forces (p. ex., les forces culturelles, démographiques, économiques, physiques) et expliquer comment elles s'inscrivent dans le contexte actuariel.
 - c. Expliquer comment l'évolution des forces externes peut entraîner des risques.
6. Les risques et leur gestion
 - a. Définir et décrire la gestion des risques dans un contexte actuariel.
 - b. Définir et classer les types de risque.
 - c. Expliquer comment le risque peut être transféré à d'autres entités (p. ex., couverture, assurance, réassurance, marchés spécialisés, conservation ou cession du risque).
7. Risques émergents
 - a. Expliquer comment identifier les nouveaux risques d'actualité.

- b. Décrire l'incidence des changements climatiques et du cyber risque sur les risques actuariels.
 - c. Expliquer la chaîne de blocs (*blockchain*) et son incidence sur la réduction des risques.
8. Réglementation
- a. Décrire le contexte réglementaire et l'incidence de la réglementation sur les travaux actuariels.
 - b. Décrire l'environnement international des travaux actuariels.

C. Travaux actuariels

Description : La troisième partie du module s'appuie sur l'environnement de l'actuaire et explique comment ce dernier s'attache à proposer des solutions judicieuses. On donne une vue d'ensemble des travaux actuariels en mettant particulièrement l'accent sur la distinction entre les travaux actuariels et ceux d'autres experts financiers. Le cycle de contrôle actuariel est présenté et chaque composante des travaux actuariels est décrite. On y traite également de la prise de décisions et de la résolution de problèmes ainsi que de l'éthique et du professionnalisme.

Contenu et objectifs d'apprentissage

1. Travaux actuariels
 - a. Expliquer la différence entre le travail de l'actuaire et celui d'autres experts financiers.
2. Le cycle de contrôle actuariel et les différentes étapes des travaux actuariels
 - a. Décrire le mode d'élaboration des solutions actuarielles aux fins de la gestion des risques.
 - b. Décrire le mode de conception et de tarification des solutions actuarielles.
 - c. Décrire comment les actuaires sélectionnent et utilisent les modèles en pratique.
 - d. Décrire les processus servant à déterminer les hypothèses.
 - e. Décrire les éléments du processus de suivi des résultats.
3. Prise de décisions et résolution de problèmes
 - a. Comprendre la dynamique de la prise de décisions et son processus.
 - b. Évaluer les effets de la structure d'entreprise et des parties prenantes sur la prise de décisions.
 - c. Définir l'incidence des tendances politiques, législatives, économiques, sociales et technologiques sur la stratégie d'entreprise.
 - d. Définir, utiliser et appliquer la négociation efficace, les aptitudes à la prise de décisions, le leadership, les connaissances stratégiques, la gestion des relations.
 - e. Appliquer un processus décisionnel aux études de cas et à la résolution de problèmes.
4. Éthique et professionnalisme
 - a. Décrire l'éthique et le professionnalisme et leur application au quotidien.
 - b. Expliquer les principaux principes du professionnalisme en actuariat.
 - c. Comprendre l'importance de vérifier le travail et la nécessité d'envisager un examen par les pairs.
 - d. Comprendre la bonne façon de déterminer et d'appliquer les normes professionnelles et les directives, notamment lorsqu'une mission peut être régie par les normes professionnelles de plus d'une association actuarielle.
 - e. Comprendre l'importance de la qualification pour pouvoir exercer et les conséquences d'émettre son opinion ou d'effectuer un travail hors de son champ de compétence.
 - f. Décrire les normes de pratique nécessaires et leur incidence sur le travail de l'actuaire (p. ex., qualité des données, hypothèses).
 - g. Comprendre les principes et l'importance de la diversité, de l'équité et de l'inclusion.

Module 2 AICA

D. Solutions actuarielles traditionnelles

Description : La quatrième partie du module se veut un complément aux études universitaires ou aux autres études reconnues et prévoit la réutilisation des solutions actuarielles aux problèmes traditionnels. Les champs d'application de ces solutions traditionnelles pourraient être les régimes de retraite, l'assurance vie et l'assurance de dommages.

Contenu et objectifs d'apprentissage

1. Complément de mathématiques actuarielles à long terme
 - a. Décrire pourquoi et comment les modèles sont utilisés pour la tarification, pour constituer des réserves et évaluer la rentabilité et la viabilité des produits d'assurance-vie ou des régimes de retraite.
 - b. Appliquer les modèles actuariels et les méthodes de flux de trésorerie à la tarification, pour la constitution de réserves et l'évaluation de la rentabilité des contrats prévoyant des paiements conditionnels, en tenant dûment compte des dépenses lorsqu'il s'agit d'assurance-vie ou de régimes de retraite.
 - c. Décrire les applications typiques et pratiques des solutions traditionnelles à long terme en s'inspirant des solutions déjà apprises lors d'études universitaires.
 - d. Comparer et justifier les solutions actuarielles dans le cadre d'applications à long terme dans le contexte de l'assurance-vie et des régimes de retraite.
 - e. Établir des liens entre les solutions simples faisant partie des études universitaires et les problèmes actuariels avancés dans le cadre d'applications à long terme.
2. Complément de mathématiques actuarielles à court terme
 - a. Décrire pourquoi et comment les modèles sont utilisés pour la tarification, pour constituer des réserves et évaluer la rentabilité des produits d'assurance à court terme.
 - b. Appliquer les modèles actuariels et les méthodes de projection de flux de trésorerie à la tarification, à la constitution de réserves et à l'évaluation de la rentabilité des contrats prévoyant des paiements conditionnels, en tenant dûment compte des dépenses liées à l'assurance à court terme.
 - c. Décrire les applications typiques et pratiques des solutions traditionnelles à court terme en s'inspirant des solutions déjà apprises lors d'études universitaires.
 - d. Comparer et justifier les solutions actuarielles dans le cadre d'applications à court terme.
 - e. Établir des liens entre les solutions simples faisant partie des études universitaires et les problèmes actuariels avancés dans le cadre d'applications à court terme.
3. Communication des résultats et des incertitudes
 - a. Savoir reconnaître les bons résultats d'un modèle pour communiquer les éléments clés d'une solution actuarielle et des incertitudes, en fonction du public visé.

E. Modèles actuariels avancés et applications en analytique prédictive

Description : Cette dernière partie du module présente l'application de la modélisation prédictive à des problèmes actuariels en s'appuyant sur les modèles d'analytique prédictive enseignés à l'université ou dans le cadre d'autres études en actuariat, afin de préparer le candidat ou la candidate au monde du travail. Les exemples s'appliquent à tous les domaines de pratique.

Contenu et objectifs d'apprentissage

1. Notions d'analytique prédictive
 - a. Identifier le problème à résoudre à l'aide de techniques d'analytique prédictive.
 - b. Comprendre les objectifs commerciaux, les objectifs statistiques et les contraintes d'un problème, y compris les limites et les difficultés liées à la mise en œuvre.

- c. Expliquer comment créer des modèles utiles à la résolution d'un problème d'entreprise et qui peuvent être validés, contrôlés et mis à jour.
 - d. Déceler les problèmes et les failles courants, tels que la corrélation et la causalité, l'incidence des biais dans les données et le surajustement des modèles.
2. Données et systèmes
- a. Décrire les mesures de la qualité des données et comprendre l'importance de disposer des données voulues.
 - b. Concevoir des ensembles de données et utiliser les bons outils pour nettoyer, restructurer et transformer les données afin qu'elles puissent servir à la résolution de problèmes réels, et savoir quoi faire lorsque des données sont manquantes.
 - c. Décrire diverses structures de données, sources de données et leurs caractéristiques, y compris des ensembles de données extrêmement vastes.
 - d. Décrire les objectifs possibles d'une analyse de données (p. ex., description, inférence ou prédiction).
 - e. Expliquer les questions éthiques, juridiques et réglementaires liées à l'utilisation des données personnelles et au travail d'autrui.
 - f. Expliquer les principaux enjeux que doit aborder une politique de gouvernance des données, et l'importance qu'elle revêt pour une entreprise.
 - g. Expliquer les risques liés à l'utilisation de données, y compris la prise de décisions algorithmiques.
3. Sélection et validation de modèles
- a. Évaluer la pertinence d'un modèle et de ses hypothèses pour résoudre un problème d'entreprise.
 - b. Comprendre la différence entre un modèle stochastique et un modèle déterministe et savoir les avantages et les inconvénients de chacun.
 - c. Expliquer le but des modèles basés sur des scénarios et le but des modèles de substitution.
 - d. Comprendre les propriétés à court et à long terme d'un modèle et en quoi cela peut être pertinent pour décider si un modèle convient à une application particulière.
 - e. Faire preuve de parcimonie dans la sélection du modèle, en cherchant le juste milieu entre complexité et précision du modèle.
 - f. Discuter des processus d'entreprise et des limites relativement à la mise en œuvre d'un modèle prédictif.
 - g. Utiliser les données de test pour estimer et confirmer les paramètres du modèle.
 - h. Utiliser des outils graphiques et quantitatifs pour valider et contrôler le modèle.
 - i. Prévoir et produire un modèle avec une documentation claire qui permet une vérification détaillée et un examen général minutieux.
 - a. Vérifier les résultats d'un modèle, y compris l'analyse de la sensibilité des hypothèses ou l'analyse de scénarios.
4. Communication des résultats et des incertitudes
- a. Créer des visualisations de données bien adaptées pour communiquer les éléments clés d'une analyse de modélisation prédictive adaptée au public cible.
 - b. Expliquer la signification et la valeur de la recherche reproductible et décrire les éléments requis pour assurer la reproductibilité d'une analyse de données.

Programme de l'Examen synthèse AICA, printemps 2023

Entrée en matière

L'Examen synthèse AICA a pour but premier d'aider les candidats et candidates à se préparer à exercer la profession actuarielle et à effectuer les tâches rattachées aux postes de niveau d'entrée au marché de l'emploi. On s'attend à ce que les candidats et candidates démontrent l'intégration de la connaissance des concepts actuariels et communiquent les résultats dans le cadre de mandats de nature brève. L'examen présume la possession de connaissances acquises au sein des diplômes universitaires reconnus et lors de la réalisation du module AICA et se focalise sur la mise en application et la communication.

D'une durée de six heures, l'Examen synthèse AICA a lieu à livre ouvert et demande la réalisation d'une analyse dans le contexte d'un problème et la production de réponses écrites à des tâches précises. Il se divise en deux parties : la première partie, commune à tous et obligatoire, dure quatre heures, et la seconde, d'une durée de deux heures (volet long terme ou court terme), est choisie par chaque candidat et candidate au moment de l'inscription à l'examen.

Pour compléter l'examen, les candidats et candidates devront se rendre sur le système de gestion de l'apprentissage de l'ICA, qui assure en ligne une surveillance sécurisée. L'examen a lieu à livre ouvert et les candidats et candidates doivent apporter leurs propres ouvrages de référence à l'examen. Il est obligatoire de respecter rigoureusement les règles et règlements d'examen, qui vous seront communiqués à l'avance.

Objectifs généraux d'apprentissage

Les objectifs généraux figurent ci-après, accompagnés de leur classification entre parenthèses selon la taxonomie de Bloom.

1. Démontrer une bonne compréhension des problèmes actuariels. (B5)
2. Appliquer des méthodes et des modèles mathématiques, statistiques et financiers pour résoudre des problèmes actuariels. (C3)
3. Produire des codes informatiques efficaces et lisibles pour mettre en œuvre des modèles actuariels sur diverses plateformes, comme R et Excel. (C6)
4. Effectuer une analyse actuarielle à l'appui de la prise de décisions dans un environnement d'entreprise donné. (C4)
5. Formuler et étayer des recommandations sur la base d'une analyse actuarielle dans un contexte d'entreprise. (C6)
6. Rédiger une communication efficace (p. ex., sommaire, courriel, présentation, extraits d'un rapport) sur les hypothèses, les méthodes et les résultats d'une analyse actuarielle à l'intention d'un public désigné (p. ex., pairs, acteurs internes, direction). (C6)

Sujets évalués à l'examen

L'examen comporte deux parties : la partie 1 et la partie 2a ou 2b, décrites ci-dessous. Pour de plus amples détails sur les connaissances de base, se reporter à l'annexe.

Partie de l'examen	Durée	Sujets/connaissances de base acquises lors d'études universitaires reconnues	Sujets/connaissances de base acquises lors de la réalisation du module AICA
1. Partie commune	Quatre heures	A3.9 à A3.13 A4.1 à A4.4 A4.7 à A4.14 A5, sauf A5.3 et A5.4	A, B, C

Partie de l'examen	Durée	Sujets/connaissances de base acquises lors d'études universitaires reconnues	Sujets/connaissances de base acquises lors de la réalisation du module AICA
2a. Spécialisation : volet long terme	Deux heures	A3.9 à A3.13 A4.1 à A4.6	A, B, C, D1, E
2b. Spécialisation : volet court terme	Deux heures	A4.7 à A4.15 A5	A, B, C, D2, E

On trouvera également à l'annexe des informations utiles à propos des sujets d'examen.

Considérations relatives à l'évaluation de la performance à l'examen par l'ICA

La performance des candidats et candidates sera évaluée en fonction des principes suivants :

1. La qualité globale des aspects techniques des réponses :
 - a. L'exactitude des étapes menant aux résultats (p. ex., méthode, code, réponses, formules utilisées dans les feuilles de travail);
 - b. La pertinence et la cohérence des analyses effectuées avec le code et les feuilles de travail fournies.
2. La qualité globale de la communication :
 - a. L'aptitude à bien communiquer une analyse et une solution complexes au public visé et à des fins appropriées;
 - b. L'aptitude à bien aborder le problème ou le mandat donné.

Les candidats et candidates sont fortement encouragé(e)s à consigner et à commenter leur code informatique afin de démontrer leur aptitude à traduire un problème actuariel abstrait en un programme informatique. L'évaluation de la performance portera également sur la nature des mandats.

Taxonomie de Bloom

Pour établir la profondeur des connaissances et de l'application requises, les programmes se fondent sur l'ouvrage *Taxonomy of Educational Objectives* de Bloom, dans sa version révisée. À titre comparatif, l'élaboration du programme d'études de l'AAI repose également sur la taxonomie révisée de Bloom. Ce modèle comporte deux dimensions : la dimension des connaissances et la dimension des processus cognitifs. Ce cadre est largement utilisé et respecté par les enseignants du monde entier.

Taxonomie de Bloom révisée (TBR)
Dimension du processus cognitif

	1. Se rappeler Reconnaître, rappeler	2. Comprendre Interpréter, démontrer, classer, résumer, comparer, expliquer	3. Appliquer Exécuter, mettre en œuvre	4. Analyser Différencier, organiser, attribuer	5. Évaluer Vérifier, critiquer	6. Créer Générer, planifier, produire
A. Connaissance factuelle	A1	A2	A3	A4	A5	A6
B. Connaissance conceptuelle	B1	B2	B3	B4	B5	B6
C. Connaissance procédurale	C1	C2	C3	C4	C5	C6
D. Connaissance métacognitive	D1	D2	D3	D4	D5	D6

Annexe du programme de l'Examen synthèse AICA, printemps 2023

Les connaissances de base acquises lors des études universitaires reconnues et de la réalisation du module AICA constituent un préalable à l'Examen synthèse. La présente annexe décrit les connaissances de base enseignées lors des études universitaires reconnues. Se reporter au programme du module de l'AICA pour connaître les sujets connexes et les objectifs d'apprentissage.

A1. Probabilités

A1.1 Probabilités

- a. Définir les fonctions d'ensemble, l'ensemble d'échantillonnage et les événements. Définir les probabilités comme une fonction d'ensemble sur un ensemble d'événements et énoncer les axiomes de base des probabilités.
- b. Calculer les probabilités d'événements mutuellement exclusifs.
- c. Calculer les probabilités en utilisant les règles de l'addition et de la multiplication.
- d. Définir l'indépendance et calculer la probabilité d'événements indépendants.
- e. Calculer des probabilités à l'aide de l'analyse combinatoire (combinaisons, permutations, etc.).
- f. Définir et calculer les probabilités conditionnelles.
- g. Énoncer le théorème de Bayes et l'utiliser pour calculer des probabilités conditionnelles.

A1.2 Distributions univariées (une seule variable aléatoire)

- a. Expliquer et appliquer les concepts des variables aléatoires, des fonctions de probabilité, des fonctions de densité de probabilité et des fonctions de répartition.
- b. Calculer des probabilités conditionnelles.
- c. Expliquer et calculer l'espérance mathématique, le mode, la médiane, les centiles et les moments d'ordre supérieur.
- d. Expliquer et calculer la variance, l'écart-type et le coefficient de variation.
- e. Définir les fonctions génératrices de probabilités et les fonctions génératrices de moments et les utiliser pour calculer des probabilités et des moments.
- f. Déterminer la somme de variables aléatoires indépendantes (variables de Poisson et variables normales).

A1.3 Distributions multivariées (plusieurs variables aléatoires)

- a. Expliquer et effectuer des calculs concernant des fonctions conjointes de probabilité, des fonctions de densité de probabilité et des fonctions de répartition.
- b. Déterminer les fonctions de probabilité conditionnelle, les fonctions de probabilité marginale, les fonctions de densité de probabilité et les fonctions de répartition.
- c. Calculer les moments de variables aléatoires conjointes, conditionnelles et marginales.
- d. Expliquer et appliquer les fonctions génératrices conjointes de moments.
- e. Calculer la variance et l'écart-type de distributions de probabilité conditionnelles et marginales.
- f. Calculer les moments conjoints, tels que la covariance et le coefficient de corrélation.
- g. Déterminer la distribution d'une transformation de variables aléatoires distribuées conjointement.
- h. Déterminer la distribution des statistiques d'ordre à partir d'un ensemble de variables aléatoires indépendantes.
- i. Calculer les probabilités et les moments de combinaisons linéaires de variables aléatoires indépendantes.
- j. Énoncer et appliquer le théorème central limite.

A2. Mathématiques financières

A2.1 Valeur temporelle de l'argent

- Définir et reconnaître les définitions des expressions suivantes : taux d'intérêt, intérêt simple, intérêt composé, fonction d'accumulation, valeur future, valeur actuelle/valeur actualisée/valeur actualisée nette, facteur d'actualisation, taux d'actualisation, composé à une fréquence m , taux nominal, taux effectif, inflation et taux d'intérêt réel, taux d'intérêt instantané, équation de valeur.
- Étant donné une combinaison de trois des éléments parmi le taux d'intérêt, la période, la valeur actualisée et la valeur future, calculer l'élément restant d'après l'intérêt simple ou composé.
- Résoudre des équations de valeur temporelle de l'argent faisant intervenir une force d'intérêt variable.
- Étant donné un taux d'intérêt effectif, un taux d'intérêt nominal composé m fois par année, un taux d'escompte effectif, un taux d'escompte nominal composé m fois par année et un taux d'intérêt instantané, calculer tous les autres éléments.
- Rédiger l'équation de la valeur selon une série de flux monétaires et un taux d'intérêt donnés.

A2.2 Rentes à versements non conditionnels

- Définir les expressions suivantes : rente de fin de période, rente de début de période, rente perpétuelle, payable à une fréquence m ou payable en continu, rente constante, rente en augmentation/diminution arithmétique, rente en augmentation/diminution géométrique, durée de la rente.
- Pour chacun des types de rente et flux de trésorerie suivants, et étant donné suffisamment d'informations indiquant s'il s'agit d'une rente de début ou de fin de période et sur la valeur actualisée, la valeur future, la valeur actuelle, le taux d'intérêt, le montant du versement et la durée de la rente, le candidat ou la candidate pourra calculer tout autre élément restant : rente constante, durée déterminée; rente perpétuelle constante; rentes/flux de trésorerie non constants : progression arithmétique, durée déterminée; progression arithmétique, durée perpétuelle; progression géométrique, durée déterminée; progression géométrique, durée perpétuelle, et autres rentes/flux de trésorerie non constants.

A2.3 Prêts

- Définir les expressions suivantes : capital, intérêts, durée du prêt, solde à payer, paiement final (de valeur moindre, de valeur supérieure), amortissement, fonds d'amortissement.
- Sachant quatre des éléments suivants : durée du prêt, taux d'intérêt, montant du paiement, période de paiement, capital, calculer l'autre élément, y compris le refinancement.
- Calculer le solde à payer à tout moment, le montant des intérêts et du capital remboursé compris dans un paiement, y compris le refinancement.
- Sachant les quantités d'un accord de fonds d'amortissement (*sinking fund*), sauf une, calculer la quantité manquante, y compris le refinancement.

A2.4 Obligations

- Définir les expressions suivantes : a. Prix; b. Valeur de remboursement; c. Valeur au pair/valeur nominale; d. Coupon, taux de coupon; e. Durée de l'obligation; f. Taux de rendement; g. Remboursable/non remboursable; h. Valeur comptable; i. Accumulation de l'escompte/amortissement de la prime.
- Étant donné suffisamment d'informations partielles au sujet des éléments suivants, calculer l'un ou l'autre des éléments restants : prix, valeur comptable, amortissement de la prime, accumulation de l'escompte, valeur de remboursement, valeur nominale, taux de rendement, coupon, taux de coupon, durée de l'obligation, moment auquel une obligation a une certaine valeur comptable.

A2.5 Portefeuilles et flux de trésorerie généraux

- Définir les expressions suivantes : a. Taux de rendement; b. Taux de rendement pondéré en dollars/taux de rendement pondéré en fonction du temps; c. Valeur actuelle; d. Duration (de

- Macaulay, modifiée); e. Convexité (de Macaulay, modifiée); f. Portefeuille; g. Taux au comptant; h. Taux à terme; i. Courbe de rendement; J. Prix d'un titre, dividende en actions.
- b. Calculer le taux de rendement d'un portefeuille, le taux de rendement pondéré en dollars et le taux de rendement pondéré en fonction du temps, la duration et la convexité d'un ensemble de flux de trésorerie, la duration de Macaulay ou la duration modifiée.
 - c. Utiliser la duration et la convexité pour estimer la variation de la valeur actualisée attribuable à la fluctuation du taux d'intérêt, au moyen d'une approximation linéaire du premier ordre basée sur la duration de Macaulay ou la duration modifiée.
 - d. Calculer le prix d'un titre à l'aide du modèle d'actualisation des dividendes.
 - e. Expliquer comment les données du marché peuvent être utilisées pour construire une courbe de rendement.
 - f. Appliquer la structure par terme des taux d'intérêt à la modélisation de divers flux de trésorerie, y compris le calcul de la sensibilité de la valeur aux variations de la structure par terme.
 - g. Décrire les caractéristiques des principaux actifs d'investissement et des marchés où se négocient ces actifs et expliquer les principales influences économiques sur les niveaux des prix de marché et les rendements totaux.
 - h. Décrire et expliquer les relations théoriques et historiques entre les rendements totaux et les composantes des rendements totaux des principales catégories d'actifs et variables économiques.

A2.6 Immunisation

- a. Définir et reconnaître les définitions des expressions suivantes : appariement des flux de trésorerie, immunisation (y compris l'immunisation complète) et immunisation selon Redington.
- b. Construire : un portefeuille de placements pour immuniser entièrement un ensemble de flux de trésorerie du passif; un portefeuille de placements pour appairer la valeur actualisée et la duration d'un ensemble de flux de trésorerie du passif; un portefeuille de placements pour appairer parfaitement un ensemble de flux de trésorerie du passif.
- c. Expliquer comment la modélisation actif-passif peut être utilisée pour élaborer une stratégie d'investissement appropriée; expliquer les méthodes de quantification du risque d'investissement dans différentes catégories et sous-catégories d'actifs.
- d. Calculer le prix d'un titre à l'aide du modèle d'actualisation des dividendes.
- e. Expliquer comment les données du marché peuvent être utilisées pour construire une courbe de rendement.
- f. Appliquer la structure par terme des taux d'intérêt à la modélisation de divers flux de trésorerie, y compris le calcul de la sensibilité de la valeur aux variations de la structure par terme.
- g. Décrire les caractéristiques des principaux actifs d'investissement et des marchés où se négocient ces actifs et expliquer les principales influences économiques sur les niveaux des prix de marché et les rendements totaux.
- h. Décrire et expliquer les relations théoriques et historiques entre les rendements totaux et les composantes des rendements totaux des principales catégories d'actifs et variables économiques.

A2.7 Swaps de taux d'intérêt

- a. Reconnaître et définir les expressions suivantes : taux de swap, durée du swap, montant notionnel, valeur marchande d'un swap, dates de règlement, période de règlement, contreparties, swap différé, swap amortissable, swap croissant, paiements nets au titre d'un swap de taux d'intérêt.
- b. Calculer le taux de swap et la valeur marchande d'un swap de taux d'intérêt, qu'il soit différé ou d'autre type, et avec un montant notionnel constant ou variable.
- c. Expliquer comment la modélisation actif-passif peut être utilisée pour élaborer une stratégie d'investissement appropriée; expliquer les méthodes de quantification du risque d'investissement dans différentes catégories et sous-catégories d'actifs.

A2.8 Déterminants des taux d'intérêt

- a. Définir et reconnaître les composantes des taux d'intérêt, dont les suivantes : taux réel sans risque, taux d'inflation, prime pour risque de défaut, prime de liquidité et prime pour risque d'échéance.
- b. Expliquer comment les composantes des taux d'intérêt s'appliquent dans divers contextes, comme les prêts commerciaux, les prêts hypothécaires, les cartes de crédit, les obligations et les titres d'État.
- c. Expliquer les théories expliquant pourquoi les taux d'intérêt diffèrent selon la durée, et notamment la théorie de la préférence pour la liquidité (coût d'opportunité), la théorie des anticipations, la théorie de l'habitat préféré et la théorie de la segmentation des marchés.
- d. Expliquer en quoi les taux d'intérêt diffèrent d'un pays à l'autre (p. ex., aux États-Unis par rapport au Canada).

A3. Administration des affaires, économie et finance

A3.1 Rudiments de la comptabilité et de la finance

- a. Décrire les principes de base de l'imposition des particuliers et des sociétés et de l'imposition des investissements détenus par les institutions.
- b. Expliquer pourquoi les entreprises doivent produire des rapports et des comptes annuels.
- c. Expliquer les concepts et termes comptables fondamentaux et décrire les principales sources de réglementation comptable.
- d. Expliquer le but de l'état des résultats, de l'état de la situation financière et de l'état des flux de trésorerie, ainsi que les liens existant entre eux.
- e. Expliquer la valeur de communiquer de l'information sur la durabilité environnementale, sociale et économique et la valeur des autres types de communication qui ne constituent pas de l'information financière classique, et décrire le contenu possible de ces rapports.
- f. Expliquer la structure de base des comptes d'entreprise et de groupe.
- g. Expliquer le but des principales composantes des comptes d'une entreprise et les interpréter.
- h. Dresser des états simples de la situation financière et des résultats.
- i. Calculer et interpréter des ratios financiers et comptables.
- j. Expliquer les caractéristiques des diverses formes de capitaux propres du point de vue de l'émetteur et de l'investisseur.
- k. Expliquer les caractéristiques des diverses formes de capitaux d'emprunt à long terme du point de vue de l'émetteur et de l'investisseur.
- l. Expliquer les caractéristiques des diverses formes de financement à court et à moyen terme du point de vue de l'émetteur et de l'investisseur.
- m. Calculer le coût moyen pondéré du capital.
- n. Expliquer les principales méthodes d'établissement du budget des investissements.
- o. Calculer le retour sur investissement d'un projet.

A3.2 Microéconomie

- a. Expliquer le concept d'utilité et comment les organismes rationnels qui recherchent la maximisation de l'utilité font leurs choix de consommation.
- b. Expliquer l'élasticité de l'offre et de la demande et les effets des divers niveaux d'élasticité sur un marché.
- c. Expliquer l'interaction de l'offre et la demande et la façon d'atteindre les prix d'équilibre du marché.
- d. Expliquer diverses stratégies de fixation des prix à la disposition des entreprises.
- e. Expliquer les concepts économiques fondamentaux qui interviennent dans les choix que font les entreprises en matière de production et d'investissement à court et à long terme.
- f. Expliquer les marchés concurrentiels et leur fonctionnement.
- g. Expliquer la rentabilité sur des marchés caractérisés par une concurrence imparfaite.

A3.3 Macroéconomie

- a. Expliquer les mesures macroéconomiques de base (p. ex., le PIB) qui servent à comparer les économies des pays.
- b. Décrire la structure des finances publiques d'un pays industrialisé.
- c. Expliquer les effets des politiques budgétaire et monétaire sur l'économie et sur les marchés financiers.

- d. Expliquer le rôle du commerce international, des taux de change et de la balance des paiements dans l'économie.
- e. Expliquer les effets des taux d'épargne et de consommation sur l'économie.
- f. Expliquer les principaux facteurs influant sur les taux d'intérêt, le taux d'inflation, le taux de chômage, le niveau d'emploi et le taux de croissance d'un pays industrialisé.
- g. Décrire la fonction de la monnaie dans l'économie.
- h. Expliquer la méthode de détermination des taux d'intérêt.
- i. Expliquer la relation entre la monnaie et les taux d'intérêt.
- j. Expliquer comment les politiques macroéconomiques se répercutent sur les entreprises.

A3.4 Théorie du portefeuille fondée sur l'analyse moyenne-variance

- a. Estimer le risque et le rendement d'un actif au moyen de données d'entrée appropriées.
- b. Calculer le risque et le rendement attendu d'un portefeuille comportant un grand nombre d'actifs risqués, sachant le rendement attendu, la volatilité et la corrélation des rendements des actifs individuels.
- c. Expliquer les hypothèses de l'analyse moyenne-variance et comprendre l'importance du diagramme des couples moyenne-écart-type et de la frontière efficiente qui en résulte.
- d. Calculer le portefeuille optimal, situer la droite de marché des capitaux et décrire les limites de cette approche
- e. Décrire comment le risque de portefeuille peut être réduit par la diversification dans plusieurs titres ou plusieurs catégories d'actifs.

A3.5 Modèles d'évaluation d'actifs

- a. Expliquer les hypothèses et les propriétés du modèle d'évaluation des actifs financiers (MEDAF).
- b. Calculer le rendement requis d'un certain actif, portefeuille ou projet au moyen du MEDAF.
- c. Expliquer les hypothèses d'un modèle à facteurs pour les rendements de titres.
- d. Déterminer le rendement attendu, les facteurs, les bêtas des facteurs et les composantes d'un titre spécifiques à l'entreprise à partir de l'équation de ses facteurs.
- e. Calculer le rendement requis d'un certain actif, portefeuille ou projet au moyen d'un modèle à un facteur ou à plusieurs facteurs.

A3.6 Efficience des marchés et finance comportementale

- a. Comprendre la définition de marchés efficients et distinguer les versions forte, semi-forte et faible de l'hypothèse d'efficience des marchés (HEM).
- b. Déterminer les preuves empiriques pour ou contre chaque forme d'HEM.
- c. Donner des exemples empiriques d'anomalies des marchés qui montrent des résultats contraires à l'HEM.
- d. Utiliser la finance comportementale pour démontrer pourquoi les prix des actifs, surtout en période d'incertitude et de forte volatilité, peuvent s'écarter de leurs valeurs fondamentales.

A3.7 Risque d'investissement et analyse de projet

- a. Définir les mesures suivantes du risque d'investissement : variance, semi-variance, valeur à risque (VaR) et valeur conditionnelle à risque (TVaR).
- b. Expliquer les avantages et les inconvénients des mesures de risque précitées.
- c. Calculer les mesures de risque précitées afin de comparer les possibilités d'investissement.
- d. Comprendre les méthodes suivantes pour effectuer une analyse des risques : analyse de sensibilité, analyse de rentabilité, analyse de scénarios et simulation de Monte-Carlo.

- e. Utiliser un arbre de décision pour modéliser les résultats futurs et analyser les options intégrées à un projet.

A3.8 Structure du capital

- a. Comprendre les deux principales formes de financement : les émissions de capitaux propres et les émissions d'emprunts.
- b. Décrire le processus par lequel une entreprise mobilise des capitaux, y compris du capital de risque, des premiers appels publics à l'épargne, des émissions supplémentaires et des placements privés.
- c. Calculer les effets des changements de la structure du capital sur la valeur globale d'une entreprise, le bêta des capitaux propres, le coût des capitaux empruntés, le coût des capitaux propres et le coût moyen pondéré du capital, dans l'hypothèse de la validité des deux propositions de Modigliani et Miller.
- d. Décrire les effets de l'impôt sur les sociétés et des coûts des difficultés financières, y compris la menace de faillite, sur la structure du capital d'une société.
- e. Expliquer en quoi les coûts de délégation et l'asymétrie de l'information influent sur la hiérarchie des choix de financement d'une entreprise.
- f. Décrire différentes structures possibles d'une entité commerciale et leurs avantages et inconvénients.
- g. Expliquer les principes et les objectifs de la gestion des investissements et analyser les besoins en investissements d'un investisseur institutionnel ou particulier.
- h. Décrire les méthodes d'évaluation des portefeuilles d'actifs et expliquer leur pertinence dans différentes situations.

A3.9 Produits dérivés de base – contrats à terme de gré à gré et contrats à terme standardisés

- a. Distinguer les positions longues des positions courtes aussi bien sur des actifs (y compris la vente à découvert de titres) que sur des dérivés sur actifs.
- b. Reconnaître les coûts de transaction influant sur le calcul des profits sur actifs et sur dérivés sur actifs, y compris les commissions et l'écart acheteur-vendeur.
- c. Reconnaître les définitions de certains termes relatifs aux contrats à terme de gré à gré et aux contrats à terme de gré à gré payés d'avance : contrat à terme, contrats à terme prépayés, achat ferme, achat à effet de levier complet, paiement des contrats à terme des positions longue et courte, bénéfice net des contrats à terme des positions longue et courte.
- d. Déterminer les résultats à l'échéance et les profits de positions longues et de positions courtes sur des contrats à terme de gré à gré.
- e. Calculer les prix de contrats à terme de gré à gré et de contrats à terme de gré à gré payés d'avance sur des titres sans dividendes et sur des titres qui distribuent des dividendes en continu ou des dividendes discrets.
- f. Créer un contrat à terme de gré à gré synthétique à partir du titre sous-jacent et d'un actif sans risque et identifier les possibilités d'arbitrage lorsque le prix à terme synthétique diffère du prix à terme du marché.
- g. Reconnaître les définitions des expressions suivantes : évaluation à la valeur du marché, solde de marge, marge de maintien et appel de marge.
- h. Évaluer le solde de marge d'un investisseur en fonction des variations de la valeur des actifs.

A3.10 Propriétés générales des options

- a. Définir et reconnaître les expressions suivantes : options d'achat et de vente, date d'expiration, prix d'exercice, degré de parité et type d'option.
- b. Calculer le résultat à l'échéance et le profit sur des positions longues ou courtes sur des options d'achat et des options de vente.

- c. Expliquer les caractéristiques des flux de trésorerie des options exotiques suivantes : option asiatique (arithmétique et géométrique), option barrière, option sur option, option *gap*, option d'échange et option rétroviseur.
- d. Calculer les résultats à l'échéance des options exotiques suivantes : option rétroviseur, option alternative, option verrou, option arc-en-ciel et option à déclenchement différé.
- e. Reconnaître qu'une position longue sur option de vente peut être utilisée comme stratégie d'assurance pour une position longue sur un titre, et qu'une position courte sur option d'achat peut être utilisée comme stratégie d'assurance pour une position courte sur un titre.
- f. Expliquer comment les stratégies d'options suivantes peuvent être utiles pour gérer le risque financier ou spéculer sur le prix ou la volatilité : écarts (hausseurs, baissiers, sur ratio d'options), tunnel, stellage, stellage élargi et écart papillon.
- g. Évaluer le résultat à l'échéance et le profit des stratégies d'options susmentionnées.
- h. Appliquer la parité des options de vente et d'achat aux options européennes sur des titres sans dividendes et sur des titres qui distribuent des dividendes en continu ou des dividendes discrets.
- i. Comparer les options du point de vue de leur terme à courir et de leur prix d'exercice.
- j. Identifier les facteurs qui influent sur l'exercice anticipé d'options américaines et les situations dans lesquelles les valeurs des options européennes et des options américaines sont identiques.

A3.11 Modèles binomiaux d'évaluation

- a. Expliquer le concept d'absence d'arbitrage aux fins de la comparaison des achats réels et synthétiques, ou de la comparaison de ventes réelles et synthétiques.
- b. Expliquer les concepts qui sous-tendent l'approche risque-neutre pour évaluer des titres dérivés dans le contexte du modèle binomial d'évaluation d'options.
- c. Établir le prix des options en vertu d'un modèle binomial à une période sur des actions sans dividendes.
- d. Étendre le modèle binomial au contexte à périodes multiples pour évaluer des options d'achat et de vente européennes et américaines ainsi que les types d'options suivants : option asiatique, option barrière et option *gap*.
- e. Étendre le modèle binomial à d'autres actifs sous-jacents, dont les indices boursiers avec dividendes en continu, les titres distribuant des dividendes discrets, les monnaies et les contrats à terme standardisés.

A3.12 Modèle de tarification d'options de Black-Scholes

- a. Calculer les probabilités et les centiles de prix de titres selon la loi log-normale.
- b. Calculer les moyennes et les variances de prix de titres selon la loi log-normale.
- c. Calculer les espérances conditionnelles de prix de titres selon la loi log-normale, sachant que les options expirent dans le cours.
- d. Reconnaître les hypothèses qui sous-tendent le modèle de Black-Scholes.
- e. Utiliser la formule de Black-Scholes pour évaluer des options d'achat et des options de vente européennes sur des titres sans dividendes, des indices boursiers avec dividendes en continu, des titres distribuant des dividendes discrets, des monnaies et des contrats à terme standardisés.
- f. Généraliser la formule de Black-Scholes pour évaluer les options d'achat *gap*, les options de vente *gap*, les options d'échange, les options alternatives et les options à déclenchement différé.
- g. Estimer la volatilité historique d'une action à partir des données antérieures sur le prix de l'action.

A3.13 Grecques des options et gestion du risque

- a. Calculer et interpréter les Grecques des options, dont le delta, le gamma, le thêta, le véga, le rho et le psi.

- b. Calculer l'élasticité, le ratio de Sharpe et la prime de risque d'une option individuelle (option d'achat ou de vente) et d'un portefeuille composé d'options de plusieurs types et de l'action sous-jacente.
- c. Estimer les prix d'options en utilisant le delta, le gamma et le thêta.
- d. Procéder à la couverture delta en calculant les quantités d'unités d'option, d'actions et d'encaisse à détenir, et déterminer si ces positions doivent être longues ou courtes.
- e. Procéder à la couverture gamma en calculant les quantités d'unités d'option (de divers types) et d'actions à détenir, et déterminer si ces positions doivent être longues ou courtes.
- f. Expliquer comment les assureurs-vie utilisent les produits dérivés pour couvrir les risques à long terme de leur portefeuille d'actifs.
- g. Expliquer comment les assureurs IARD utilisent les produits dérivés pour couvrir les risques à court terme de leur portefeuille de passifs.
- h. Expliquer comment les garanties de placement peuvent être constituées à partir de l'assurance indexée sur actions et rentes.
- i. Expliquer comment les options sont utiles au provisionnement des régimes de retraite et à la gestion de l'actif-passif.

A4. Mathématiques actuarielles

A4.1 Couvertures d'assurance de longue durée

- a. Décrire les couvertures à long terme en matière d'assurance (vie, maladie et générale), de rentes et de prestations de retraite (pensions, soins de santé aux retraités, etc.).
- b. Décrire les similitudes et les différences entre les couvertures à long terme citées en a).
- c. Décrire les modèles pertinents à utiliser pour calculer les valeurs actualisées prévues, les primes ou les cotisations, et les réserves pour chaque garantie à long terme.

A4.2 Les modèles de survie et leur estimation

- a. Expliquer et interpréter les modèles de survie et la transition entre les états.
- b. Calculer et interpréter les fonctions standards, notamment les probabilités de survie et de mortalité, le taux instantané de mortalité, et l'espérance abrégée ou complète de vie.
- c. Calculer les estimations non paramétriques des modèles de survie en utilisant les modèles de risques proportionnels de Kaplan-Meier, Nelson-Aalen et Cox, et les formules des estimateurs de densité par noyau pour les données police par police et des adaptations pour les données groupées.
- d. Calculer, à l'aide de données police par police et de données groupées, les estimations du maximum de vraisemblance des probabilités de transition, en supposant une intensité de transition constante pendant des intervalles d'âge fixes.
- e. Calculer les variances des estimateurs calculés en c) et d) et construire pour eux des intervalles de confiance.
- f. Calculer avec exactitude les intensités de transition ou les estimer en utilisant des approximations basées sur de gros échantillons.
- g. Décrire et appliquer des modèles de longévité simples.
- h. Dans le cas de modèles portant sur plusieurs têtes ou plusieurs états, expliquer les variables aléatoires s'y rapportant et calculer et interpréter les probabilités marginales et conditionnelles.
- i. Construire et interpréter des modèles de survie sélects et ultimes, y compris des applications informatiques.
- j. Décrire le comportement des modèles de la chaîne de Markov, déterminer les transitions possibles entre les états et calculer et interpréter la probabilité de se trouver dans un état particulier et de passer d'un état à l'autre.
- k. Appliquer aux calculs relatifs à ces modèles des méthodes appropriées d'approximation aux âges fractionnaires en se fondant sur une distribution uniforme des décès ou une force constante.

A4.3 Variables aléatoires de la valeur actualisée

- a. Calculer et interpréter des probabilités, des moyennes, des centiles, et des moments d'ordre supérieur.
- b. Calculer et interpréter les effets du changement d'hypothèses sous-jacentes, notamment la mortalité et les taux d'intérêt.
- c. Appliquer aux calculs relatifs à ces variables aléatoires des méthodes appropriées d'approximation, telles qu'une distribution uniforme des décès, une force constante, la méthode de Woolhouse ou celle d'Euler.

A4.4 Calcul des primes d'assurance à long terme

- a. Calculer et interpréter des probabilités, des moyennes, des centiles et des moments d'ordre supérieur de variables aléatoires se rapportant à ces primes, y compris les variables aléatoires de la perte à l'émission.

- b. À l'aide de l'un des modèles cités à l'objectif d'apprentissage A4.3 c), calculer et interpréter les effets du changement des modalités des polices et des hypothèses sous-jacentes, notamment un changement dans la mortalité, les prestations, les dépenses, les taux d'intérêt et les dividendes.
- c. Effectuer les calculs en a) et b) pour des contrats générant des flux de trésorerie éventuels particuliers, dont les rentes, l'assurance-vie universelle et l'assurance avec participation.
- d. Appliquer aux calculs relatifs à ces primes des méthodes appropriées d'approximation, telles qu'une distribution uniforme des décès, une force constante, la méthode de Woolhouse ou celle d'Euler.

A4.5 Réserves d'assurance à long terme

- a. Calculer et interpréter les types de réserves suivants : prime nette, modifiée, prime brute, dépenses.
- b. Calculer et interpréter des probabilités, des moyennes, des variances et des centiles de variables aléatoires se rapportant à ces réserves, y compris les variables aléatoires des pertes futures.
- c. Calculer et interpréter les mesures courantes des bénéficiaires, notamment le bénéfice prévu, le bénéfice réel, les gains, les gains par source et par période, le taux de rendement interne, la marge bénéficiaire et l'année de rentabilité.
- d. Appliquer des méthodes appropriées d'approximation, notamment une distribution uniforme des décès, une force constante, la méthode de Woolhouse ou celle d'Euler.

A4.6 Régimes de retraite et prestations de retraite

- a. Décrire et comparer les régimes de retraite à prestations déterminées et les régimes à cotisations déterminées, y compris les régimes salaire fin de carrière et les régimes salaire moyen de carrière.
- b. Décrire les régimes de soins de santé aux retraités.
- c. Identifier et interpréter les diminutions et états courants des régimes de retraite et les modèles paramétriques et tabulaires, y compris les modèles de la chaîne de Markov se rapportant à ces diminutions.
- d. Étant donné certaines données sur les participants et certaines dispositions de régimes et hypothèses d'évaluation, appliquer les modèles cités en c) aux régimes à prestations déterminées et calculer et interpréter les ratios de remplacement, les prestations constituées, le gain ou la perte, ainsi que leur valeur attendue, avec des ajustements comme le facteur de réduction pour retraite anticipée.
- e. Étant donné certaines données sur les participants et certaines dispositions de régimes et hypothèses d'évaluation, calculer et interpréter le passif actuariel au titre des prestations constituées et la cotisation d'exercice de régimes à prestations déterminées au moyen de la méthode de répartition des prestations au prorata des services et de la méthode classique de répartition des prestations.
- f. Calculer et interpréter les effets du changement des hypothèses d'évaluation sous-jacentes comme la mortalité, les augmentations de salaire discrètes, les autres diminutions et les intérêts sur les quantités citées en d) et e).
- g. Appliquer aux calculs relatifs à ces régimes et prestations des méthodes appropriées d'approximation, notamment une distribution uniforme des décès, un taux instantané constant, la méthode de Woolhouse ou celle d'Euler.

A4.7 Modèles de sévérité

- a. Calculer les quantités de base des distributions, à savoir les moments, les centiles et les fonctions génératrices.
- b. Décrire comment les changements de paramètres influent sur la distribution.
- c. Reconnaître les classes de distributions, y compris les distributions de valeurs extrêmes, qui conviennent à la modélisation de la distribution de la sévérité des sinistres et de leurs relations.
- d. Appliquer les techniques suivantes pour créer de nouvelles familles de distributions : multiplication par une constante, élévation à puissance, exponentiation et mélange.
- e. Citer les applications de chaque distribution et justifier vos réponses.

- f. Appliquez la distribution à une application en tenant compte des paramètres.
- g. Comparer deux distributions en fonction de diverses caractéristiques de leurs queues, dont les moments, les ratios de moments, le comportement limite de la queue, la fonction du taux de risque et la fonction *mean excess*.

A4.8 Modèles de fréquence

En ce qui concerne la distribution de Poisson, la distribution de Poisson mélangée et les distributions binomiale, binomiale négative et géométrique et leurs mélanges :

- a. Décrire comment les changements de paramètres influent sur la distribution.
- b. Calculer les moments et les fonctions génératrices de moments.
- c. Citer les applications de chaque distribution et justifier vos réponses.
- d. Appliquez la distribution à une application en tenant compte des paramètres.
- e. Appliquer la distribution tronquée ou modifiée en zéro à une application en tenant compte des paramètres.
- f. Reconnaître les classes de distributions et leurs relations.

A4.9 Modèles d'agrégation

- a. Définir des modèles de risque collectifs et individuels et calculer leur espérance et leur variance.
- b. Utiliser la distribution normale pour estimer la distribution agrégée.
- c. Utiliser la formule récursive pour calculer les valeurs des modèles de risque collectifs avec des distributions discrètes des sévérités.
- d. Calculer l'espérance de paiements agrégés compte tenu d'une franchise agrégée.
- e. Évaluer les effets de modifications de la couverture sur l'espérance des paiements agrégés.
- f. Effectuer le calcul exact de la distribution des sinistres agrégés dans le cas de la distribution normale des sévérités, de la distribution exponentielle et gamma (Erlang) des sévérités, et d'un modèle composé d'une fréquence binomiale négative et d'une distribution exponentielle des sévérités.

A4.10 Modifications de couverture

Dans le cas des modèles de fréquence, de sévérité et d'agrégation, faire ceci :

- a. Évaluer les effets des modifications de couverture, en particulier les franchises, les plafonds et la coassurance.
- b. Calculer les ratios *loss elimination* et les facteurs pour montant augmentés de garantie.
- c. Évaluer les effets de l'inflation sur les sinistres.

A4.11 Mesures du risque

- a. Calculer la valeur à risque (VaR) et la valeur à risque conditionnelle (TVaR) et expliquer leur utilisation et leurs limites.
- b. Expliquer les propriétés souhaitables d'une mesure de risque et déterminer si une mesure de risque donnée les possède.

A4.12 Construction et sélection de modèles paramétriques

- a. Estimer les paramètres de la sévérité, de la fréquence et des distributions agrégées en utilisant l'estimation du maximum de vraisemblance avec :
 - i. des données complètes et individuelles;
 - ii. des données complètes et groupées
 - iii. des données tronquées ou censurées.

- b. Estimer la variance des estimateurs et construire des intervalles de confiance.
- c. Utiliser la méthode delta pour estimer la variance de l'estimateur du maximum de vraisemblance d'une fonction d'un ou de plusieurs paramètres.
- d. Estimer les paramètres de la sévérité, de la fréquence et des distributions agrégées en utilisant l'estimation bayésienne.
- e. Effectuer la sélection de modèles en utilisant ceci (y compris les procédures graphiques) :
 - iv. des tests d'hypothèse, y compris le test d'ajustement du khi-deux et le test du rapport de vraisemblance, et des applications informatiques;
 - v. des approches basées sur des scores, dont le critère bayésien de Schwarz/critère d'information bayésien, le critère d'information d'Akaike.

A4.13 Crédibilité

- a. Appliquer la méthode classique de crédibilité à fluctuations limitées, y compris les critères de crédibilité totale et de crédibilité partielle.
- b. Effectuer une analyse bayésienne en utilisant des modèles discrets et des modèles continus.
- c. Appliquer les modèles de Bühlmann et de Bühlmann-Straub et comprendre les liens entre ces modèles et le modèle bayésien.
- d. Appliquer les distributions a priori conjuguées à l'analyse bayésienne, et plus particulièrement au modèle Poisson-gamma.
- e. Appliquer les méthodes bayésiennes empiriques aux cas non paramétriques et semi-paramétriques.
- f. Calculer l'estimation bayésienne/la prime bayésienne.

A4.14 Couvertures de réassurance et d'assurance à court terme

- a. Décrire différents types de couverture d'assurance à court terme, dont l'assurance habitation, l'assurance responsabilité civile, l'assurance maladie, l'assurance invalidité et l'assurance soins dentaires.
- b. Décrire les types de plafonds de garantie et de modifications de couverture en assurance à court terme.
- c. Décrire le fonctionnement des formes de base de la réassurance proportionnelle et de la réassurance en excédent de sinistre.
- d. Calculer la distribution des montants des sinistres payés par l'assureur et le réassureur selon diverses formes de réassurance.

A4.15 Tarification des couvertures d'assurance à court terme et constitution de réserves y afférentes

- a. Expliquer le rôle des facteurs de tarification et des expositions.
- b. Décrire les différentes formes de tarification selon les résultats techniques.
- c. Décrire et appliquer des techniques d'estimation des sinistres non payés à partir d'un triangle de liquidation, au moyen de la méthode Chain Ladder, de la méthode du coût moyen par sinistre et de la méthode de Bornhuetter-Ferguson.
- d. Décrire les modèles statistiques sous-jacents des méthodes en c).
- e. Calculer les primes au moyen de la méthode de la prime pure et de la méthode du ratio sinistres-primes.

A5. Analytique prédictive

A5.1 Fondements de l'apprentissage statistique

Les candidats et candidates pourront faire ceci :

- a. Expliquer les types de problèmes et de méthodes de modélisation, y compris l'apprentissage supervisé par opposition à l'apprentissage non supervisé, et la régression par opposition à la classification.
- b. Expliquer les méthodes courantes d'évaluation de l'exactitude de modèles.
- c. Utiliser des méthodes de base d'analyse exploratoire des données, y compris la vérification et la validation des données.

A5.2 Modèles linéaires généralisés

- a. Décrire et expliquer les composantes, en particulier, de la famille exponentielle des distributions et des fonctions de lien.
- b. Estimer des paramètres en utilisant les moindres carrés et le maximum de vraisemblance
- c. Interpréter les tests diagnostiques de l'ajustement de modèles et de la vérification d'hypothèses, au moyen de méthodes graphiques et quantitatives.
- d. Sélectionner un modèle approprié, y compris la fonction de distribution et de lien, les interactions et les transformations de variables, la statistique du khi-deux de Pearson, les tests t et F, le test du rapport de vraisemblance, le critère d'information d'Akaike et le critère d'information bayésienne.
- e. Interpréter les résultats de modèles en mettant l'accent sur l'utilisation de modèles pour répondre à la question sous-jacente à résoudre.
- f. Calculer et interpréter des valeurs prédites et des intervalles de confiance et de prédiction.
- g. Comprendre comment diverses approches peuvent différer de l'utilisation d'un modèle des moindres carrés ordinaires, notamment la régression lasso, la régression *ridge* et la méthode des K plus proches voisins.
- h. Mettre en application la régression des moindres carrés ordinaires dans un langage de codage et comprendre les hypothèses du modèle.
- i. Comprendre les spécifications d'un modèle linéaire généralisé (MLG) et ses hypothèses.
- j. Créer de nouvelles variables explicatives adaptées aux MLG.
- k. Interpréter les coefficients d'un modèle, les termes d'interaction, les *offset* et les poids.
- l. Sélectionner et valider correctement un MLG.
- m. Expliquer les notions de biais, variance, complexité du modèle et compromis biais-variance.
- n. Sélectionner des hyperparamètres appropriés pour la régression régularisée.

A5.3 Modèles linéaires étendus

- a. Comprendre les hypothèses qui sous-tendent les différentes formes d'un modèle linéaire étendu et pouvoir sélectionner le bon modèle, par exemple : moindres carrés ordinaires, modèle linéaire généralisé, ANOVA, modèle additif généralisé, régression locale, régression lasso, régression *ridge*, moindres carrés partiels, régression par l'analyse en composantes principales.
- b. Évaluer des modèles créés selon l'approche du modèle linéaire étendu.
- c. Comprendre les algorithmes qui sous-tendent les solutions numériques pour les différentes formes de la famille de modèles linéaires étendus, afin de permettre l'interprétation des données de sortie du logiciel statistique employé dans la modélisation et de faire de bons choix de modélisation au moment de la sélection des options de modélisation.
- d. Comprendre et pouvoir sélectionner la bonne structure d'un modèle linéaire étendu compte tenu du comportement de l'ensemble de données à modéliser.
- e. Reconnaître les avantages et les limites des techniques de modélisation.

A5.4 Modèles linéaires mixtes

- a. Comprendre les hypothèses qui sous-tendent les modèles linéaires mixtes et utiliser cette compréhension pour évaluer comment concevoir un modèle linéaire à effets mixtes qui permet au mieux d'atteindre les objectifs de l'exercice de modélisation.
- b. Comprendre les algorithmes qui sous-tendent les solutions numériques d'un modèle linéaire mixte afin de permettre l'interprétation des données de sortie du logiciel statistique employé dans la modélisation pour faire de bons choix au moment de l'évaluation des options de modélisation.
- c. Comprendre et pouvoir sélectionner la bonne structure de modèle et la sélection de variables appropriées pour un modèle linéaire mixte compte tenu du comportement de l'ensemble de données à modéliser, en interprétant les diagnostics du modèle ou les statistiques sommaires sur les variables disponibles dans le modèle ainsi que tout graphique illustrant comment la variable dépendante se comporte en fonction des variables explicatives possibles.

A5.5 Analyse bayésienne et méthodes de Monte-Carlo par chaînes de Markov

- a. Évaluer les différentes options disponibles pour créer et utiliser des modèles bayésiens pour une tâche de modélisation donnée.
- b. Comprendre comment établir un modèle bayésien pour les méthodes de Monte-Carlo par chaînes de Markov et évaluer comment un ensemble donné de choix en matière de conception influe sur les résultats du modèle.
- c. Comprendre le calcul bayésien, la façon d'utiliser les méthodes de Monte-Carlo par chaîne de Markov et d'évaluer la performance du modèle.
- d. Interpréter et calculer les diagnostics de la performance de la simulation pour évaluer quand utiliser une approche de modélisation donnée.
- e. Comprendre comment appliquer les techniques de vérification, d'évaluation, de comparaison et d'expansion des modèles pour faciliter l'interprétation et l'évaluation des diagnostics des modèles.

A5.6 Modèles de séries chronologiques

- a. Définir et expliquer les concepts et les composantes des processus des séries chronologiques stochastiques, y compris la stationnarité et l'autocorrélation.
- b. Décrire des modèles particuliers de séries chronologiques, dont la marche aléatoire, le lissage exponentiel, les modèles autorégressifs et les modèles autorégressifs conditionnellement hétéroscédastiques.
- c. Calculer et interpréter des valeurs prédites et des intervalles de confiance et de prédiction.

A5.7 Analyse en composantes principales

- a. Définir les composantes principales.
- b. Interpréter les résultats d'une analyse en composantes principales en tenant compte des coefficients de poids et de la proportion de variance expliquée.
- c. Expliquer les divers usages de l'analyse en composantes principales.
- d. Comprendre et appliquer l'analyse en composantes principales.

A5.8 Arbres de décision

- a. Expliquer le but et les divers usages des arbres de décision.
- b. Expliquer et interpréter les arbres de décision en tenant compte des arbres de régression et de la division binaire récursive.
- c. Expliquer et interpréter les techniques du *bagging* et du *boosting* et les forêts aléatoires.
- d. Expliquer et interpréter les arbres de classification, leur construction, l'indice de Gini et l'entropie.
- e. Comparer les arbres de décision aux modèles linéaires.
- f. Interpréter les résultats d'une analyse d'arbre de décision.

- g. Construire des arbres de régression et de classification.
- h. Utiliser le *bagging* et des forêts aléatoires pour améliorer la précision.
- i. Utiliser le *boosting* pour améliorer la précision.
- j. Sélectionner des hyperparamètres appropriés pour les arbres de décision et les techniques connexes.

A5.9 Analyse par sous-groupes (*cluster analysis*)

- a. Expliquer les divers usages du *clustering*.
- b. Expliquer le *clustering* des K moyennes.
- c. Expliquer le *clustering* hiérarchique.
- d. Expliquer les méthodes de détermination du nombre de clusters.
- e. Comparer le *clustering* hiérarchique avec le clustering des K moyennes.

A5.10 Définition des problèmes d'analytique prédictive et outils

- a. Comprendre les différents types de problèmes de modélisation prédictive.
- b. Rédiger et exécuter des commandes de base dans R à l'aide de RStudio ou d'autres langages de codage.
- c. Traduire une question vague en une question qui peut être analysée au moyen de statistiques et de l'analytique prédictive afin de résoudre un problème d'entreprise.
- d. Pour définir le problème, tenir compte de facteurs comme la disponibilité des données et des technologies, l'importance de l'impact sur l'entreprise et les difficultés de mise en œuvre.

A5.11 Exploration, visualisation et types de données

- a. Identifier des données structurées, des données non structurées et des données semi-structurées.
- b. Identifier les types de variables et la terminologie utilisées dans la modélisation prédictive.
- c. Comprendre les méthodes de base pour résoudre le problème des données manquantes.
- d. Mettre en œuvre une conception efficace des données en ce qui concerne l'échéancier, l'échantillonnage et la granularité.
- e. Appliquer des techniques d'exploration des données d'une seule variable ou de plusieurs variables.
- f. Comprendre les principes clés de la construction de graphiques.
- g. Créer une variété de graphiques à l'aide d'un progiciel.

A5.12 Les problèmes liés aux données et leur résolution

- a. Évaluer la qualité des sources pertinentes de données pour la résolution d'un problème.
- b. Trouver des possibilités de créer des variables explicatives à partir des données de base, qui pourraient ajouter de la valeur.
- c. Identifier les valeurs aberrantes et les autres problèmes liés aux données.
- d. Traiter les relations non linéaires au moyen de transformations.
- e. Identifier les règlements, les normes et les questions éthiques qui touchent à la modélisation prédictive et à la collecte de données.

A5.13 La communication en analytique prédictive

- a. Élaborer et justifier une solution analytique à recommander.
- b. Communiquer de façon claire et simple en utilisant un langage commun au public cible.
- c. Structurer un rapport de manière efficace.
- d. Suivre les normes de pratique en matière de communication actuarielle.

Ouvrages de référence pour acquérir les connaissances nécessaires à la réussite des modules et de l'Examen synthèse du titre AICA

Bien qu'il n'y ait aucun prérequis officiel pour compléter les modules de niveau AICA, on s'attend à ce que les candidats et candidates inscrits auprès d'une université agréée aient suivi les cours d'actuariat indiqués. Les candidats et candidates doivent s'assurer qu'ils ou elles possèdent les connaissances appropriées. Les ouvrages de référence suivants décrivent les principaux sujets que les candidats et candidates devraient lire et maîtriser au fur et à mesure qu'ils et elles progressent dans l'achèvement des modules et de l'Examen synthèse du titre AICA.

1. Sujets en lien avec la finance

Section du programme d'études de l'ICA	Ouvrage de référence 1	Ouvrage de référence 2
A3.9 Produits dérivés de base – contrats à terme de gré à gré et contrats à terme standardisés	Chapitre 3	Chapitres 2 à 5
A3.10 Propriétés générales des options	Chapitres 5 et 6	Chapitres 3 à 9
A3.11 Modèles binomiaux d'évaluation	Chapitres 9 à 12	Chapitres 10 et 11
A3.12 Modèle de tarification d'options de Black-Scholes	Chapitres 16 à 18	Chapitre 12
A3.13a Grecques des options	Chapitre 20	Chapitre 12
A3.13b Gestion du risque	Chapitre 20	Chapitre 13

Ouvrages de référence :

1. *Actuarial Finance: Derivatives, Quantitative Models and Risk Management*
Auteurs : Mathieu Boudreault et Jean-François Renaud
ISBN : 978-1-119-13700-9
2. *Derivatives Markets, 3rd Edition*
Auteur : Robert L. McDonald
ISBN : 978-0-321-54308-0

2. Sujets en lien avec les mathématiques actuarielles à long terme

Section du programme d'études de l'ICA	Ouvrage de référence 1
A4.1 Couvertures d'assurance de longue durée	Chapitre 1
A4.2 Les modèles de survie et leur estimation	Chapitres 2, 3 et 18
A4.3 Variables aléatoires de la valeur actualisée	Chapitres 4, 5, 8, 9 et 10
A4.4 Calcul des primes d'assurance à long terme	Chapitres 6, 8, 9 et 10
A4.5 Réserves d'assurance à long terme	Chapitres 7 à 10
A4.6 Régimes de retraite et prestations de retraite	Chapitre 11

Ouvrage de référence :

1. *Actuarial Mathematics for Life Contingent Risks*, 3^e édition
Auteurs : David C. M. Dickson, Mary R. Hardy et Howard R. Waters
ISBN : 978-1-108-47808-3

3. Sujets en lien avec les mathématiques actuarielles à court terme

Section du programme d'études de l'ICA	Ouvrage de référence 1	Ouvrage de référence 2
A5.1 Fondements de l'apprentissage statistique	Chapitres 2 (sections 1 à 3) et 5 (sections 1 et 3)	
A5.2 Modèles linéaires généralisés	Chapitres 3 (sections 1 à 6), 4 (sections 1 à 3 et 6) et 6 (sections 1 à 5)	Chapitres 2 (sections 1 à 8), 3 (sections 1 à 5), 5 (sections 1 à 7), 11 (sections 1 à 6), 12 (sections 1 à 4) et 13 (sections 1 à 6)
A5.7 Analyse en composantes principales	Chapitre 12 (sections 1 et 2)	
A5.8 Arbres de décision	Chapitre 8 (sections 1 et 3)	
A5.9 Analyse par sous-groupes	Chapitre 12 (section 4)	
A5.13 La communication en analytique prédictive		Chapitre 6 (sections 1 à 5)
Section du programme d'études de l'ICA	Ouvrage de référence 1	Ouvrage de référence 2
A5.1 Fondements de l'apprentissage statistique	Chapitres 2 (sections 1 à 3) et 5 (sections 1 et 3)	
A5.2 Modèles linéaires généralisés	Chapitres 3 (sections 1 à 6), 4 (sections 1 à 3 et 6) et 6 (sections 1 à 5)	Chapitres 2 (sections 1 à 8), 3 (sections 1 à 5), 5 (sections 1 à 7), 11 (sections 1 à 6), 12 (sections 1 à 4) et 13 (sections 1 à 6)

Ouvrages de référence :

1. *Loss Models: From Data to Decisions*, 5^e édition
Stuart A. Klugman, Harry H. Panjer, Gordon E. Willmot
ISBN : 978-1-119-52378-9
2. *Introduction to Ratemaking and Loss Reserving for Property and Casualty Insurance*, 4^e édition,
Robert Brown, W. Scott Lennox
ISBN : 978-1-625-42474-7

4. Sujets en lien avec l'analytique prédictive et la statistique

Section du programme d'études de l'ICA	Ouvrage de référence 1	Ouvrage de référence 2	Ouvrage de référence 3
A5.1 Fondements de l'apprentissage statistique	Chapitres 2 (sections 1 à 3) et 5 (sections 1 et 3)		
A5.2 Modèles linéaires généralisés	Chapitres 3 (sections 1 à 6), 4 (sections 1 à 3 et 6) et 6 (sections 1 à 5)	Chapitres 2 (sections 1 à 8), 3 (sections 1 à 5), 5 (sections 1 à 7), 11 (sections 1 à 6), 12 (sections 1 à 4) et 13 (sections 1 à 6)	Chapitres 1 à 9, à l'exclusion des sections 6.7, 6.8 et 7.9
A5.7 Analyse en composantes principales	Chapitre 12 (sections 1 et 2)		
A5.8 Arbres de décision	Chapitre 8 (sections 1 et 3)		
A5.9 Analyse par sous-groupes	Chapitre 12 (section 4)		
A5.13 La communication en analytique prédictive		Chapitre 6 (sections 1 à 5)	

Ouvrages de référence :

1. *An Introduction to Statistical Learning*, 2^e édition
Auteurs : Gareth James, Daniela Witten, Trevor Hastie et Robert Tibshirani
ISBN : 978-1-0716-1417-4
2. *Regression Modeling with Actuarial and Financial Applications*
Auteur : Edward Frees
ISBN : 978-0-5211-3596-2
3. *An Introduction to Generalized Linear Models*, 4^e édition
Auteurs : Annette Dobson et Adrian Barnett
ISBN : 978-1-138-74151-5



© 2022 Institut canadien des actuaires

Institut canadien des actuaires

360, rue Albert, bureau 1740

Ottawa, ON K1R 7X7

613-236-8196

education@cia-ica.ca

cia-ica.ca

voiraudeladurisque.ca



Ne manquez pas les nouveautés en éducation!

[Inscrivez-vous](#) pour recevoir des mises à jour du service d'éducation de l'ICA.

Vous êtes déjà membre de l'ICA? Mettez à jour vos abonnements dans votre [profil de membre](#).

L'Institut canadien des actuaires (ICA) est l'organisme de qualification et de gouvernance de la profession actuarielle au Canada. Nous élaborons et maintenons des normes rigoureuses, partageons notre expertise en gestion du risque et faisons progresser la science actuarielle pour améliorer la vie des gens au Canada et à l'échelle du monde. Nos plus de 6 000 membres utilisent leurs connaissances en mathématiques, en statistiques, en analyse de données et en affaires dans le but de prodiguer des services et des conseils de la plus haute qualité afin d'aider les personnes et les organisations canadiennes à faire face à leur avenir en toute confiance.