



# **Pratiques actuelles et émergentes dans la formation en génie**

Rapport final des consultants

Préparé pour : Groupe de travail sur la formation en génie d'Ingénieurs Canada

Préparé par : Higher Education & Beyond

Date : 3 mars 2022

# Résumé

Les organismes de réglementation du génie ont demandé à Ingénieurs Canada d'entreprendre, à titre de priorité stratégique, d'[\*Examiner et valider le but et la portée de l'agrément\*](#). L'objectif de cette priorité est de comprendre les points de vue des diverses parties prenantes, de confirmer les exigences et de proposer une voie à suivre qui répondra aux besoins des organismes de réglementation tout en tenant compte des réalités de la formation en génie.

À l'appui de cette priorité stratégique, le présent rapport propose une synthèse des pratiques actuelles et émergentes de l'enseignement du génie au Canada et à l'étranger. La rédaction du rapport a été guidée par les discussions du Groupe de travail sur la formation en génie et par l'atelier d'une journée *Formation en génie au Canada*, qui a eu lieu le 17 janvier 2022 avec les organismes de réglementation et les enseignants, organisé conjointement par Ingénieurs Canada et Doyennes et doyens d'ingénierie Canada.

Afin de dégager les tendances actuelles en matière de formation en génie au Canada, une analyse du contexte de la recherche et des pratiques en matière de formation en génie a été effectuée en examinant les présentations des conférences de 2020 et 2021 de l'Association canadienne de l'éducation en génie — Canadian Engineering Education Association (ACEG-CEEA). Vingt-sept sujets ont été répertoriés par l'analyse, ce qui a mené à la découverte de trois grandes tendances dans la formation en génie au Canada, et de neuf thèmes représentatifs :

**I. Parcours souples et évalués :**

1. Création de nouvelles passerelles vers le génie;
2. Évaluation des compétences;
3. Microtitres de compétence.

**II. Culture ouverte et inclusive**

4. Équité, diversité et inclusion (EDI);
5. Autochtonisation et décolonisation;
6. Bien-être et intégralité de l'étudiant.

**III. Formation en génie axée sur l'étudiant :**

7. Intégration des compétences comportementales et techniques;
8. Apprentissage par l'expérience;
9. Apprentissage axé sur les projets et les problèmes, enseignement ludique et format inversé.

En plus de cette analyse, onze documents axés sur l'avenir de la formation en génie ont été examinés. Il s'agissait de rapports, d'articles et de déclarations d'établissements ou d'associations de doyens en génie rédigés entre 2018 et 2022. Ces documents ont largement fait écho aux résultats de l'analyse menée par l'ACEG-CEEA, mettant en lumière des thèmes comme l'apprentissage axé sur les problèmes et les projets pour relever les défis du monde réel, l'intégration de l'empathie, l'inclusion d'expériences

liées à l'industrie, la diversité des équipes et les expériences interdisciplinaires. Le fait que l'enseignement en ligne et à distance est également susceptible de se poursuivre une fois la pandémie de COVID-19 terminée a également été soulevé. D'autres sujets ont été abordés dans les rapports sur l'avenir de la formation en génie, bien qu'ils n'aient pas été abordés de façon aussi importante dans l'examen de l'ACEG-CEEA, notamment :

- 1) la souplesse et modularité des programmes de génie organisés en blocs d'apprentissage;
- 2) l'enseignement personnalisé;
- 3) les examens oraux;
- 4) les changements dans les sources de leadership mondial de la formation en génie;
- 5) l'émergence continue de nouvelles spécialisations.

Les questions qui découlent de ces pratiques émergentes et qui doivent être examinées par le Groupe de travail sur la formation en génie, le Comité directeur et d'autres intervenants à la suite du présent rapport des consultants sont les suivantes :

- 1) quelles sont les pratiques actuelles et émergentes de formation en génie les plus susceptibles d'étirer la conception du système d'agrément actuel ou d'être limitées par sa conception actuelle?
- 2) quelles sont les répercussions et quels sont les éléments à considérer?
- 3) quels sont les éléments actuels de l'écosystème de la formation en génie qui fournissent un contexte supplémentaire pour ces tendances et ces considérations relativement à la priorité stratégique?

# Table des matières

Résumé	i
Table des matières	iii
PRÉSENTATION	1
Objet	1
Contexte de la formation en génie au moment de la rédaction du rapport	1
Méthodologie	3
Groupe de travail sur la formation en génie	3
Atelier sur la formation en génie au Canada	4
Analyse des présentations aux conférences de l'ACEG-CEEA	4
Examen des rapports, des articles et des déclarations institutionnelles à l'étranger sur l'avenir de la formation en génie	4
Descriptions ciblées de sujets précis	5
Tendances actuelles et émergentes de la formation en génie	6
Domaines thématiques soulevés	6
Tableau 1 : Pratiques actuelles et émergentes répertoriées (présentations aux conférences de l'ACEG-CEEA)	6
Points saillants des rapports internationaux sur l'avenir de la formation en génie	7
Tendance 1. Parcours souples et évalués	9
1. Création de passerelles d'entrée et de transition souples pour les étudiants	9
2. Évaluation des compétences	11
3. Microtitres de compétence	12
Tendance 2. Culture ouverte et inclusive	13
4. Diversité, équité et inclusion	14
Tableau 2 : Définitions de l'EDI	15
5. Autochtonisation	19
6. Bien-être et intégralité de l'étudiant	22
Tendance 3. Mobilisation de l'étudiant face à des problèmes complexes	23
7. Intégration des compétences comportementales et techniques	25
8. Apprentissage par l'expérience	26
9. Apprentissage axé sur les problèmes ou les projets	27
Conclusion	28
Rapport des consultants – Formation en génie	iii

À propos des consultants : Higher Education and Beyond	29
Bibliographie	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Annexes	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Annexe 1 : Liste des participants à l’atelier sur la formation en génie au Canada	36
Annexe 2 : Codage des présentations à la conférence de l’ACEG-CEEA et des rapports (Excel) avec quatre onglets : 2a. Liste des sujets répertoriés dans les présentations de l’ACEG-CEEA, les rapports et les sources de l’atelier; 2b. Codage des présentations aux conférences de 2020 et 2021 de l’ACEG-CEEA; 2c. Rapports et déclarations sur l’avenir de la formation en génie; 2d. Critères de codage	36

# PRÉSENTATION

## Objet

Le présent rapport vise à comprendre le paysage actuel de la formation en génie au Canada et à cerner les tendances internationales qui façonnent l'avenir de la formation en génie, ce qui éclairera les décisions futures sur le système canadien d'agrément en génie.

Il propose une analyse synthétique des pratiques actuelles et émergentes en matière de formation en génie ainsi que des descriptions et des exemples de ces dernières afin d'éclairer les discussions et les rapports du Groupe de travail sur la formation en génie dans le cadre de la priorité stratégique d'Ingénieurs Canada *Examiner et valider le but et la portée de l'agrément*.

## Contexte de la formation en génie au moment de la rédaction du rapport

La formation en génie a changé et continuera d'évoluer de nombreuses façons [1]. Nous sommes passés de l'utilisation de règles à calcul à des calculatrices graphiques pour résoudre des problèmes de conception mathématique à l'utilisation de l'apprentissage machine et d'autres applications fondées sur l'intelligence artificielle (IA) pour éclairer nos conceptions [2]. L'utilisation et l'expansion de la technologie au sein de la formation en génie et de la profession ont été profondes en plus de mener à une plus grande prise en compte des compétences comportementales et des qualités importantes que les ingénieurs peuvent apporter, comme l'empathie et l'écoute active ainsi que la pensée critique [2, 3].

Les programmes d'études en génie doivent maintenant former des étudiants pour qu'ils deviennent ingénieurs dans une économie mondiale et un climat changeant qui est de plus en plus incertain, interconnecté et multidimensionnel [3, 4], où ces compétences comportementales comme le travail d'équipe sont aussi importantes que les connaissances techniques. Grâce à des efforts ciblés visant à accroître la diversité au sein des programmes de génie, la démographie des étudiants évolue, accélérant le changement dans l'enseignement du génie et cristallisant sa nécessité.

*ZONE DE TEXTE (ITALIQUE POUR DÉLIMITER LA ZONE DE TEXTE, LE TEXTE NE SERA PAS EN ITALIQUE UNE FOIS PLACÉ DANS LA ZONE DE TEXTE) : Dans leur article intitulé « Stuck in 1955, Engineering Education Needs a Revolution » [5], Sorby et ses collaborateurs décrivent la transition du travail pratique à la théorie de l'enseignement qui s'est produite après le rapport Grinter de 1955, et comment cette approche est demeurée largement inchangée depuis. Ils plaident en faveur d'un « changement radical » dans l'enseignement du génie qui répondra aux besoins de la société actuelle « numérique, diversifiée, mondiale et qui évolue rapidement ». La situation décrite par Sorby et ses collaborateurs se confirme*

*également dans le paysage canadien de la recherche sur la formation en génie [1, 6, 7], et le besoin de changement dans l'enseignement du génie est également largement reconnu dans le milieu canadien de la recherche sur l'enseignement du génie, beaucoup de chercheurs déplorant le manque de pratiques pédagogiques fondées sur les données probantes, l'inertie et la difficulté de faire évoluer le milieu universitaire ainsi que la lenteur du changement de culture nécessaire pour faire progresser l'équité dans nos programmes [1, 8, 9, 10]. Bien que de nombreux enseignants tentent de « rafistoler » la formation, la « structure de base du programme reste inchangée, même si nos étudiants peuvent désormais trouver au moyen de leur téléphone des informations qui pourraient nous avoir pris des heures à retrouver dans la bibliothèque » [5, par. 1].*

Plusieurs des pratiques émergentes en matière de conception de programmes d'études en génie reposent sur la nécessité de combler la pénurie imminente de compétences [3], de combler celles sur le marché du travail et de s'adapter à la nature changeante de l'emploi, selon les rapports de l'American Society of Mechanical Engineers et de l'Australian Council of Engineering Dean [11-13]. Parallèlement à ces macrochangements, l'importance des cheminements de carrière individuels et de l'« apprentissage autonome tout au long de la vie » ainsi que le désir des étudiants de pouvoir consigner leurs propres compétences et réalisations, et d'en discuter sont en croissance. « Apprendre à apprendre et reconnaître que les environnements commerciaux, économiques et sociaux en rapide évolution signifient que les diplômés devront apprendre et réapprendre tout au long de leur carrière » [14, p. 49].

Voici un exemple qui illustre l'ampleur du changement de culture dans un programme de génie quant à la façon dont les étudiants apprennent et au contenu des apprentissages qui émerge en réponse aux changements sociétaux : la capacité connexe de documenter soi-même ses compétences « prendra de plus en plus d'importance à mesure que l'économie des petits boulots, alimentée par des pigistes et des contractuels, continue de croître notamment parce que les grandes entreprises évitent d'embaucher des employés à temps plein » [13, par. 23]. Les pratiques liées à l'apprentissage autonome ont le potentiel de transformer un programme, d'accroître la souplesse quant à la façon dont les élèves apprennent et au moment où ils le font, et de faire passer le rôle des élèves de participants passifs à cocréateurs de leur parcours d'apprentissage. Le programme de génie civil, systèmes de l'Université Charles Sturt (USC), constitue un exemple d'étude de cas [9]. Le programme a été conçu pour être « soutenu par l'apprentissage autonome : ... [et] adopte une approche axée sur l'étudiant et l'expérience, qui met l'accent sur l'apprentissage autonome. Les étudiants sont confrontés à divers défis sur le campus et problèmes liés au travail, et on s'attend à ce qu'ils cernent, maîtrisent et appliquent les connaissances et les compétences nécessaires pour s'y attaquer, ainsi qu'à ce qu'ils réfléchissent à leur apprentissage. On encourage également les étudiants à orienter et à gérer leurs propres objectifs d'apprentissage » [9, p. 24]. Dans cet exemple, les cours, les activités en classe, les évaluations et le rôle du corps professoral et des étudiants ne reprennent pas les codes des approches didactiques traditionnelles.

Le présent rapport fait état de changements importants dans la formation en génie. Le paysage de la formation en génie est maintenant diversifié, en raison de changements notables dans certains

programmes, certains cours et certaines années, surtout les premières. La technologie de l'éducation [15] et les microenseignements (p. ex., jeux-questionnaires de préparation intégrés et vérifications avec les pairs) ont pris de l'expansion. Toutefois, l'ampleur du changement suscite toujours des préoccupations, comme certains auteurs l'ont fait remarquer : bien que la nécessité du changement soit largement reconnue dans la littérature, les cours de génie demeurent axés sur le contenu et la prestation est largement fondée sur des cours magistraux [16], même après la pandémie de COVID-19 [17]. Une étude nord-américaine portant sur plus de 2 000 salles de classe en STIM abonde dans ce sens, montrant que la grande majorité de l'enseignement est axé sur les cours magistraux, moins de 20 % des salles de classe en génie intégrant des styles d'enseignement axés sur les étudiants [17, 18]. Cependant, le passage presque universel des cours en personne aux cours à distance a donné à de nombreux enseignants en génie une expérience des technologies éducatives et des possibilités de perfectionnement qu'ils n'auraient peut-être pas eues autrement, ce qui peut catalyser un changement dans les pratiques d'enseignement de certains professeurs [17]. La question qui se pose est de savoir s'il existe une masse critique à tous les niveaux d'enseignement pour ces changements et quelles sont les répercussions de ces changements sur l'agrément.

Les gouvernements, les enseignants et les élèves [1, 5, 17, 18] réclament de plus en plus de changements. Les structures et les politiques évoluent pour éliminer les obstacles aux changements et à l'évolutivité des programmes [11, 12], ce qui ouvre la voie à une « période de changement rapide et fondamental » [9, p. 40] dans le secteur de la formation en génie. Ce rapport des consultants décrit les façons précises dont les enseignants en génie conçoivent la formation en génie pour l'avenir.

## Méthodologie

Dans le but de cerner les réalités actuelles et les tendances émergentes de la formation en génie au Canada, plusieurs sources ont été utilisées afin de dégager les tendances générales et celles qui justifiaient une discussion approfondie.

### Groupe de travail sur la formation en génie

Des enseignants en génie, y compris des doyens actuels et anciens, des professeurs actuels et des bénévoles des organismes de réglementation, qui sont également professeurs, se sont portés volontaires et ont été sélectionnés pour le Groupe de travail sur la formation en génie (le groupe de travail). Le mandat du groupe de travail consiste à établir la portée du présent rapport en collaboration avec les organismes de réglementation et les enseignants, à fournir des conseils au personnel d'Ingénieurs Canada et aux consultants du projet sur l'élaboration du rapport du groupe de travail, à examiner la version finale du projet de rapport et de la présentation en plus de fournir des commentaires pour les finaliser. Michael Isaacson (président), Christopher Yip, Claude Laguë, Malcolm Reeves, Paul Amyotte et Suzanne Kresta sont les membres du Groupe de travail. De novembre 2021 à janvier 2022, le groupe de travail s'est réuni pour mettre au point l'atelier et en discuter (détails ci-

dessous). Les membres se sont également réunis en mars 2022 pour discuter des commentaires sur ce rapport.

## Atelier sur la formation en génie au Canada

Ingénieurs Canada et Doyennes et doyens d'ingénierie Canada ont organisé conjointement un atelier d'une journée sur la *Formation en génie au Canada* le 17 janvier 2022 avec des enseignants et des organismes de réglementation de tout le pays. Sheryl Sorby, présidente sortante de l'American Society for Engineering Education, a présenté un discours d'ouverture intitulé *Perturbations de la formation en génie pour la diversité, l'équité et l'inclusion*, et deux tables rondes ont eu lieu sur les thèmes suivants : *Quelles innovations façonnent la formation en génie?* et *Quelle forme pourrait prendre l'EDI dans la formation en génie?* Une trousse de lecture préalable et des questions permettant de créer des groupes de discussion pour l'atelier ont été éclairées par les échanges du groupe de travail. Un rapport sommaire sur l'atelier a été fourni aux participants. Une liste des participants figure dans l'annexe 1 du présent rapport. Les principaux thèmes de la journée sont indiqués dans l'annexe 2a. Sujets selon les sources.

## Analyse des présentations aux conférences de l'ACEG-CEEA

Afin de fournir un aperçu complet des tendances actuelles de la formation en génie au Canada, les résumés, les mots-clés et les conclusions de toutes les présentations aux conférences de 2020 et 2021 de l'Association canadienne de formation en ingénierie (ACEG-CEEA) ont été examinés. Il y a eu 85 articles de conférence en 2020 et 98 en 2021; les titres des présentations, les liens vers les résumés et les sujets trouvés sont rassemblés dans le fichier Excel dans l'annexe 2 du rapport, feuille 2b. Les articles ont été codés de façon thématique afin de déterminer le sujet de chacun d'entre eux, ainsi que toute autre tendance en matière de formation ciblée. Pour assurer un échantillonnage suffisant, alors que le taux de nouveaux sujets ralentit, les présentations de 2020 et de 2021 ont été réunies [19].

## Examen des rapports, des articles et des déclarations institutionnelles à l'étranger sur l'avenir de la formation en génie

Onze rapports, articles et déclarations institutionnelles sur la formation, à l'étranger, ainsi que les publications d'associations de génie de 2018 à 2022 portant spécifiquement sur l'avenir de la formation en génie ont été examinés et analysés pour vérifier si d'autres sujets ont émergé en plus de ceux répertoriés dans l'analyse menée par l'ACEG-CEEA. Les résultats complets de ce processus de codage sont présentés dans l'annexe 2c. Presque tous les sujets cernés par l'ACEG-CEEA ont été confirmés dans ces rapports et six autres thèmes ont été soulevés et sont décrits dans le rapport :

- 1) modularité et souplesse;
- 2) enseignement personnalisé;
- 3) aptitudes d'autodocumentation;
- 4) examens oraux;
- 5) émergence continue de nouvelles spécialisations;
- 6) changement à l'échelle mondiale des chefs de file de l'innovation dans l'enseignement en génie.

## Descriptions ciblées de sujets précis

À partir des analyses précédentes, nous avons sélectionné trois tendances afin de les décrire précisément dans ces pages. Les trois tendances avaient été soulignées par l'analyse de l'ACEG-CEEA et dans les rapports sur l'avenir de la formation en génie, et elles étaient prédominantes tout au long de l'atelier sur la formation en génie au Canada. Ces trois tendances ont des répercussions sur les structures de formation en génie, la conception globale des programmes d'études, les politiques et la culture connexes ainsi que sur le cheminement des étudiants au sein des programmes. Les sujets ont été choisis à l'aide d'une approche d'échantillonnage opérationnelle, où des exemples précis sont retenus en raison de leur potentiel d'approfondissement (opérationnalisation) de la description de chaque tendance [19]. Les trois tendances et leurs sujets représentatifs sont les suivants :

### **I. Parcours souples et évalués**

1. Création de passerelles d'entrée et de transition souples pour les étudiants;
2. Évaluation des compétences;
3. Microtitres de compétence.

### **II. Culture ouverte et inclusive**

4. Diversité, équité et inclusion;
5. Autochtonisation;
6. Bien-être et intégralité de l'étudiant.

### **III. Mobilisation de l'étudiant devant des problèmes complexes**

7. Intégration des compétences comportementales et techniques;
8. Apprentissage par l'expérience;
9. Apprentissage axé sur les projets et les problèmes.

# Tendances actuelles et émergentes de la formation en génie

## Domaines thématiques soulevés

Vingt-sept pratiques (sujets) actuelles et émergentes en matière de formation en génie ont été cernées dans les présentations des conférences de 2020 et 2021 de l'ACEG-CEEA, comme le montre l'annexe 1. Le tableau 1 résume les sujets précis qui ont été répertoriés et les tendances connexes.

**Tableau 1 : Pratiques actuelles et émergentes répertoriées (présentations aux conférences de l'ACEG-CEEA)**

Tendance	Pratiques actuelles et émergentes particulières (sujets)
Méthodes et promotion de l'enseignement fondé sur les données probantes	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Soutien aux professeurs et aux auxiliaires d'enseignement</li> <li>● Technologies éducatives</li> <li>● Enseignement en ligne</li> <li>● Apprentissage asynchrone</li> </ul>
Accroître la souplesse de la formation en génie	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Passerelle vers des programmes de génie comme des programmes de un an ou accords de programmes techniques avec des programmes de diplôme universitaire en génie</li> <li>● Programmes de transition pour les étudiants qui entrent en génie directement ou indirectement depuis l'école secondaire; évaluation des compétences</li> <li>● Microtitres de compétence qui constituent des indicateurs de développement ou de démonstration de compétences particulières</li> </ul>
Changements culturels dans la formation en génie	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Diversité, équité et inclusion</li> <li>● Autochtonisation et connaissances autochtones</li> <li>● Bien-être et intégralité de l'étudiant</li> <li>● Développement de l'empathie et de la sensibilisation aux préjugés chez les étudiants</li> </ul>
Apprentissage actif et axé sur l'étudiant	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Apprentissage actif comportant des pratiques pédagogiques qui mobilisent les étudiants sur les plans cognitif, affectif et social</li> <li>● Format inversé, l'apprentissage didactique a lieu à l'extérieur de la classe et avant que les élèves assistent au cours pour favoriser une discussion active, la résolution de problèmes ou l'apprentissage pratique</li> <li>● Ludification : les jeux sont utilisés pour faire participer les élèves</li> <li>● Stages coopératifs et stages dans l'industrie</li> <li>● Apprentissage par l'expérience avec des problèmes, des contextes ou des simulations relevant du monde réel</li> <li>● Cours de conception</li> <li>● Apprentissage axé sur les problèmes et les projets</li> </ul>

Développement de nouvelles compétences	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Entrepreneuriat</li> <li>● Culture numérique</li> <li>● Autoréflexion et sensibilisation</li> <li>● Intégration des compétences comportementales de l'apprentissage tout au long de la vie, de l'éthique et du travail d'équipe (y compris lors de problèmes complexes)</li> </ul>
Expansion des partenariats	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Intégration des étudiants en tant que partenaires et cocréateurs de programmes d'études</li> <li>● Partenariats communautaires ou industriels</li> <li>● Partenariats internationaux, y compris l'établissement de liens internationaux par l'enseignement aux étudiants étrangers, la collaboration avec des partenaires internationaux, l'envoi d'étudiants à l'étranger et l'accueil d'étudiants de l'étranger</li> </ul>

Comme cela a été mentionné, nous avons sélectionné trois tendances afin de les décrire précisément dans ce rapport.

## Points saillants des rapports internationaux sur l'avenir de la formation en génie

L'examen sur l'avenir de la formation en génie comprenait 11 rapports, publications et déclarations d'établissements de 2018 à 2022, y compris des établissements d'enseignement comme le MIT, l'American Society of Mechanical Engineers et le projet pluriannuel Engineering 2035 de l'Australian Council of Engineering Deans. Les rapports sont énumérés dans l'annexe 2c. Ces rapports décrivaient l'avenir de la formation en génie en se fondant sur plus de 170 entrevues [9], des projections jusqu'en 2050 [11] et des études de cas [14], ainsi que sur des séances avec des enseignants et des chefs de file de l'industrie [11-13]. Ces documents ont largement fait écho aux résultats de l'analyse menée par l'ACEG-CEEA, mettant en lumière des thèmes comme l'apprentissage axé sur les problèmes et les projets pour relever les défis du monde réel, l'intégration de l'empathie, l'inclusion d'expériences liées à l'industrie, la diversité des équipes et les expériences interdisciplinaires. Il est rassurant de constater que la plupart des thèmes qui ont été cernés correspondaient également aux thèmes relevés par l'ACEG-CEEA (voir l'annexe 2d). Cinq autres thèmes ont été répertoriés dans les rapports examinés et ont des répercussions sur la formation actuelle et émergente en génie.

### a) Modularité

Des changements considérables dans la structure des programmes sont visibles avec l'émergence de la modularité, où les sujets et les compétences sont regroupés en sous-ensembles de périodes et d'enseignements plus petits que les cours traditionnels de 12 à 16 semaines. La modularité offre une certaine souplesse au cheminement des étudiants et favorise un engagement plus actif de ces derniers dans la planification de leur programme d'études, car ils ont la possibilité de répéter et de choisir des séquences ainsi que de choisir entre les modules. La modularité et la souplesse permettent également de relever le défi des applications et des domaines d'intérêt croissants en génie : « Le génie touche tellement de domaines que son enseignement nécessitera des programmes plus souples, afin de mieux

répondre aux besoins de la société et aux souhaits des étudiants. Il est possible d’y parvenir grâce à des approches modulaires pour la mise en œuvre de programmes de génie » [20, p. 1820].

### **b) Personnalisation et autoévaluation**

L’enseignement personnalisé redéfinit « les universités comme des endroits qui appuient le perfectionnement personnel et professionnel des étudiants, en les aidant à réaliser leurs rêves. Par conséquent, dans une université centrée sur les étudiants, ces derniers devraient également prendre des décisions responsables et participer plus activement à la planification de leurs programmes d’études », [20, p. 1820], comme ils le font dans la pratique émergente des SLICC (Student-Led, Individual-Created Courses, « cours individuels dirigés par des étudiants »). Dans le domaine du génie en particulier, les étudiants peuvent emprunter de nombreuses voies au-delà du « tronc commun », comme l’apprentissage par le service, la recherche, l’entrepreneuriat, et « [les étudiants doivent être autorisés] à explorer ces choses, [afin qu’ils puissent] choisir une voie qui convient à leurs talents et à leurs intérêts » [9, p. 43]. La personnalisation exige un changement du contenu, des activités et des évaluations au sein d’un programme, et fournit un rôle potentiel pour les microtitres de compétence, qui offrent aux étudiants la capacité de sélectionner et de choisir du contenu pertinent et de documenter leurs réalisations. Ce changement créerait plus de cheminements pour les élèves, mais ils pourraient également en créer eux-mêmes.

### **c) Examens oraux**

L’évaluation dans les programmes de génie évolue, notamment par l’acceptation des examens oraux. Les professeurs de l’université de Californie à San Diego ont commencé à utiliser les examens oraux pour maintenir l’intégrité universitaire, « mais ils ont rapidement découvert des avantages par rapport aux examens écrits traditionnels. Les étudiants ont appris à énoncer clairement leur travail d’analyse et ont établi de meilleurs liens avec leurs formateurs » [21, par. 4.4]. Ces avantages suggèrent un intérêt à les utiliser continuellement dans les programmes universitaires.

### **d) Émergence de nouvelles spécialisations**

La croissance des nouvelles spécialisations constitue à la fois une occasion et un défi actuels et croissants dans le domaine de l’enseignement du génie. Le [rapport final](#) [12] du projet de deux ans sur l’avenir du génie, intitulé [Engineering 2035](#), de l’Australian Council of Engineering Deans (ACED) mentionne que « les programmes de génie ont généralement été structurés au sein d’une discipline. Cependant, au cours des dernières années, de nouveaux programmes de diplôme universitaire ont vu le jour et se concentrent sur des spécialités relevant de disciplines émergentes et convergentes, comme les systèmes aérospatiaux, le domaine biomédical, l’environnement, la mécanique, les ressources et le génie des énergies renouvelables » [12, p. 12]. L’émergence de nouvelles spécialisations s’accompagne de nouveaux programmes qui peuvent générer des collaborations interdisciplinaires plus vastes et recourir à des cours autres que le génie, ce qui pourrait avoir des répercussions en matière de nombre de crédits en génie.

### **e) Changement dans le leadership mondial**

Enfin, dans son rapport intitulé [\*The global state of the art in engineering education\*](#), Ruth Graham a déclaré que l'incidence de ce changement mondial était que « des progrès sont réalisés dans des endroits dont vous n'avez jamais entendu parler, partout dans le monde. Tout à coup, faire ce qu'on a toujours fait ne suffit plus » [9, p. 40]. Dans l'ensemble, « l'émergence d'une nouvelle génération de dirigeants [institutionnels] ayant la capacité d'offrir à grande échelle des programmes axés sur les étudiants » prouve qu'il est possible de mettre sur pied de nouvelles approches de la formation en génie n'importe où, et « qu'un basculement de l'axe mondial du leadership de l'enseignement du génie se produit, de sorte qu'il devient moins centré sur les établissements américains et d'Europe du Nord » [9, p. 39].

Parmi les multiples tendances actuelles et émergentes de la formation en génie, le rapport ACED a répertorié les obstacles perçus au changement des programmes et de la pédagogie, notamment « le coût de l'expansion pour de grandes cohortes, en particulier pour l'enseignement expérientiel, l'accès limité aux partenaires de l'industrie et le manque de disponibilité de placements professionnels; la disponibilité limitée de personnel enseignant qualifié ayant une expérience industrielle importante, des programmes qui ciblent des cohortes d'étudiants en particulier plutôt que de viser un recrutement diversifié d'étudiants, la résistance au changement des structures organisationnelles et les silos disciplinaires, et, enfin, l'agrément des programmes qui remettent en question les modèles traditionnels » [12]. Le rapport d'établissement de la portée qui faisait partie du même projet Engineering 2035 indique que l'évaluation de l'incidence du programme (p. ex., la qualité des diplômés, la valeur ajoutée pour les étudiants pendant les études et la capacité d'offrir un enseignement de calibre mondial) est limitée dans le secteur de la formation en génie [14]. L'évaluation de l'incidence des programmes semble également limitée dans la littérature canadienne.

## Tendance 1. Parcours souples et évalués

Le génie et l'enseignement supérieur en général tendent à s'orienter vers une plus grande souplesse pour les étudiants [14, 19]. Trois tendances ciblées ont été sélectionnées pour refléter les changements pertinents ayant une incidence potentielle sur les structures, les échéanciers et les évaluations des programmes de formation en génie.

Pour toutes ces pratiques, une harmonisation constructive et adéquate entre les résultats d'apprentissage, les activités et les évaluations est essentielle à l'approfondissement de l'apprentissage [22] et à l'amélioration de la qualité de l'enseignement et de l'apprentissage [22].

### 1. Création de passerelles d'entrée et de transition souples pour les étudiants

Dans le cadre d'un engagement visant à faciliter l'accès aux programmes de génie pour les élèves issus de groupes marginalisés ou sous-représentés, les établissements d'enseignement du génie sont à la recherche de nouvelles voies d'apprentissage [20]. Les cheminements des étudiants au cours de la

formation en génie ont pris de nombreuses formes, notamment les transferts entre les établissements, les accords de transition entre les programmes de techniques de l'ingénieur et les programmes de diplôme universitaire en génie, et l'élimination des cours préalables en mathématiques ou en physique dans les programmes [14], comme le retrait de l'exigence relative aux cours de calcul à l'école secondaire dans les exigences d'admission en génie de l'Université de la Saskatchewan. [Sa page d'admission](#), en date de mars 2022, porte la mention suivante : « Le cours "Calculus 30" n'est plus une exigence d'admission au programme de baccalauréat ès sciences en génie, à compter de l'année scolaire 2019-2020. Si vous suivez ce cours maintenant ou si vous l'avez déjà suivi, c'est parfait ! S'il est à votre avantage, il peut tout de même être utilisé dans le calcul de la moyenne d'admission et l'expérience que vous avez acquise sera très précieuse pour votre première année en génie. Le retrait de l'exigence d'admission consistant à avoir réussi le cours de calcul à l'école secondaire est un moyen pour nous de réduire les obstacles à l'entrée dans le domaine du génie, ainsi que d'accroître et de diversifier les inscriptions dans ce domaine en demande et déterminant. »

Les accords de transition vers les programmes de génie visent à officialiser les cheminements entre les programmes de techniques de l'ingénieur et les programmes de diplôme universitaire en génie. Ces parcours officiels, souvent appelés programmes de transition, offrent aux élèves un « bloc » de crédits de transition clairement défini. Il existe de nombreuses ententes de transition négociées individuellement au Canada qui sont propres à des programmes particuliers menant à un diplôme ou à un grade universitaire, par exemple :

- Une [entente de transition](#) entre la Saskatchewan Polytechnic School of Mining, Energy, and Manufacturing et le University of Saskatchewan (U of S) College of Engineering permet aux étudiants d'effectuer une transition avec un bloc fixe de crédits de cours, applicable au programme de génie géologique à l'Université de la Saskatchewan.
- L'Université de Calgary a conçu un [programme 2+2 en génie de l'énergie](#), qui permet à un étudiant qui a obtenu un diplôme en technologie (habituellement en génie mécanique, chimique, pétrolier ou électrique) d'effectuer une transition à la Schulich School of Engineering pour terminer ses deux dernières années du baccalauréat en génie de l'énergie.

De plus, des efforts sont déployés pour gagner en efficacité à l'échelle provinciale en Colombie-Britannique, en Ontario, en Alberta et au Québec :

- Le British Columbia Council on Admission and Transfer a commandé un rapport intitulé [First-year Core Engineering Curriculum for the BC Post-secondary Sector](#), qui examinait la faisabilité d'élaborer un programme d'études de base en génie qui serait utilisé dans les six grandes universités de recherche de la Colombie-Britannique, ce qui permettrait aux élèves de commencer leurs études dans l'une des universités, puis d'opter pour une autre par la suite.
- Le Conseil pour l'articulation et le transfert de l'Ontario étudie la faisabilité d'un cheminement de transfert multi-institutionnel entre les programmes de diplôme universitaire en génie et ceux de techniques de l'ingénieur. Son rapport intitulé [Bidirectional Transfer Pathway for Ontario's Engineering and Technology Programs](#) décrit un programme pilote qui est toujours à l'étude.
- [Transfer Alberta](#) présente six établissements ayant des « programmes officiels de transfert en génie » grâce auxquels les étudiants, après un an, peuvent effectuer un transfert vers

l'Université de l'Alberta ou l'Université de Calgary. Transfer Alberta dresse également la liste des cheminements établis dans le cadre d'un programme de technologue ingénieur menant à un diplôme universitaire en génie.

- Cheminements du cégep aux programmes de diplôme universitaire en génie au Québec (p. ex., [admissions à Polytechnique Montréal](#)).

Il convient de souligner que les cheminements officiels proposés en vertu des accords de transfert offrent des blocs prévisibles de cours précis avec des résultats d'apprentissage établis. Ces ententes permettent aux étudiants de contourner une à deux années d'un programme de génie sans que les responsables des programmes de génie aient un droit de regard sur les formateurs, aient accès aux évaluations ou la capacité de diriger le cheminement des étudiants.

## 2. Évaluation des compétences

L'évaluation des compétences est une pratique établie au sein de la profession d'ingénieur, car de nombreux organismes de réglementation au Canada ont l'adoptée pour évaluer l'expérience de travail en génie des candidats au permis d'exercice en génie [24]. L'un des avantages de cette forme d'évaluation est qu'elle rend l'évaluation plus objective, transparente et cohérente, et accroît la confiance de tous les participants au processus, notamment les demandeurs, les validateurs, les employeurs et les évaluateurs » [24, par. 2,1].

Les programmes d'enseignement supérieur et d'études en génie partout au Canada montrent un intérêt croissant pour l'évaluation des compétences et son application [25]. Au niveau du cours, l'évaluation des compétences met en lumière « le rendement des étudiants, leur permettant de se concentrer sur les faiblesses et à l'équipe d'enseignement, de fournir de l'aide supplémentaire au besoin » [25, p. 4]. Tant au niveau du cours qu'au niveau du programme, le passage du programme à l'évaluation des compétences peut donner l'occasion aux étudiants de réévaluer les compétences essentielles ou de répéter les évaluations, ce qui exige que tous les étudiants montrent avec succès toutes les compétences clés pour réussir [25, 27]. En général, les étudiants se voient confier une tâche simple, facile à évaluer, et ils doivent maîtriser cette tâche initiale avant de passer à un travail plus avancé. Il s'agit de démontrer qu'un étudiant a compris ou atteint un niveau de compétence acceptable et maîtrise une habileté particulière avant de passer à la suite, ce qui permet de s'assurer que, lorsqu'un étudiant réussit un cours, il maîtrise les concepts de base [26, 27]. L'évaluation des compétences présente de nombreux avantages dans des contextes propres au génie, notamment la possibilité de « valider le rendement par rapport aux critères de l'agrément » [27, p. 2].

Premiers exemples d'évaluation des compétences dans les programmes d'études en génie au Canada :

- [Implementing a Competency-based Assessment in a First Year Engineering Design Course](#) à l'Université Queen's;
- [A Competency Based, Student-centered Assessment Model for Engineering Design](#) à l'Université de Calgary.

À titre d'exemple d'investissement dans une approche de programme utilisant l'évaluation des compétences pour les étudiants de première année, l'Université de la Saskatchewan a récemment mis sur pied son programme [RE-Engineered](#) pour les étudiants de première année afin d'intégrer des cours modulaires et l'évaluation des compétences :

- [Design of a Completely New First Year Engineering Program at the University of Saskatchewan.](#)

En plus de l'évaluation des compétences, il existe de plus en plus de documentation sur des méthodes d'évaluation particulières des compétences en génie, ou des résultats d'apprentissage, qui peuvent être utilisées dans le cadre de l'évaluation des compétences ou comme évaluations ponctuelles dans les cours. Les mesures des compétences résumées dans une [revue systématique de 2019](#) [28] sur 99 études ont montré que l'élaboration de mesures des compétences valides et fiables exige de définir chaque compétence et ses sous-composantes, d'effectuer des analyses des facteurs de confirmation et d'exploration, et d'utiliser les réflexions des étudiants sur leur capacité dans chaque compétence pour vérifier que la mesure était exacte. Bien que seulement quelques évaluations de l'évaluation des compétences et programmes en génie axés sur celle-ci aient été conçus jusqu'à présent, l'intérêt et l'application de ce type d'évaluation augmentent tant chez les enseignants que chez les organismes de réglementation en génie [29]. Notamment, l'application de l'évaluation des compétences à des activités authentiques dans le cadre d'un cours était considérée comme beaucoup plus complexe que son application à des tests individuels [25].

### 3. Microtitres de compétence

Les badges numériques, ou microtitres de compétence, sont des icônes numériques portatives visant à confirmer qu'une personne apprenante a acquis une habileté ou une compétence particulière et distincte. La preuve de la compétence de la personne apprenante, comprenant notamment les exigences satisfaites pour obtenir le microtitre de compétence, les renseignements sur l'émetteur et d'autres renseignements pertinents, est intégrée sous forme de métadonnées dans le titre de compétence lui-même. En Ontario, [eCampus Ontario](#) définit un microtitre de compétence comme « une certification d'un apprentissage évalué associé à une aptitude ou une compétence spécifique et pertinente [qui] permet un recyclage rapide et complète l'enseignement traditionnel par des voies d'accès à des programmes d'enseignement postsecondaire réguliers » [30, par. 5]. Bien que certains microtitres de compétence soient obtenus pour avoir assisté à la formation ou réalisé certaines tâches, la pratique exemplaire indique que les badges devraient surtout reposer sur une évaluation axée sur les résultats. Les microtitres de compétence peuvent permettre à des programmes ou à des établissements de reconnaître des acquis ou d'indiquer qu'une capacité est maîtrisée au moyen de compétences ou de résultats précis.

Au cours des deux dernières années, les établissements canadiens ont manifesté un intérêt marqué pour les microtitres de compétence au Canada, avec d'importantes annonces de financement gouvernemental, notamment en Colombie-Britannique, en Alberta et en Ontario [31]. Cependant, le concept est encore relativement nouveau. Une équipe de recherche de l'Université de la Colombie-

Britannique de la région de l'Okanagan a mentionné dans son article intitulé *Badging for Accreditation : Electronic Credentialing in the Undergraduate Curriculum*, que « l'attribution de badges semble viable comme stratégie pour répondre aux exigences d'agrément, en particulier dans les domaines historiquement difficiles à enseigner, à évaluer et à déclarer, par exemple l'apprentissage continu et le professionnalisme. Ainsi, à court terme, le système de badges peut fonctionner comme une intervention supplémentaire aux programmes hautement visible et très flexible, et, à plus long terme, il peut être intégré aux programmes d'études » [32, p. 3]. À l'échelle internationale, un rapport commandé par la New Zealand Tertiary Education Commission a permis de déterminer comment les microtitres de compétence pourraient être utilisés pour améliorer l'adoption de la formation en génie en Nouvelle-Zélande [33].

Partout au Canada, les programmes de génie commencent à proposer des microtitres de compétence à leurs étudiants, en complément des programmes, par exemple :

- Faculté de génie de l'Université McMaster — [Programme MacChangers](#)
- Okanagan School of Engineering de l'Université de la Colombie-Britannique — [Skills in Industrial Automation – Programmable Logic Controllers](#) (Compétences en automatisation industrielle — Contrôleurs logiques programmables)
- Schulich School of Engineering de l'Université de Calgary — [Foundations of Software Engineering Program Completion Badge](#) (Badge d'achèvement du programme Fondements du génie logiciel)

En plus de l'investissement des programmes de génie dans les microtitres de compétence, plusieurs entreprises de premier plan, dont [IBM](#), [Microsoft](#) et [Google](#), commencent à offrir leurs propres microtitres de compétence. Elles travaillent en partenariat avec les mêmes plateformes de badges et de microtitres de compétences que les établissements d'enseignement utilisent pour offrir du perfectionnement professionnel et de la formation aux employés actuels ou potentiels.

Au-delà des cheminements, de l'évaluation des compétences et des microtitres de compétence décrits ci-dessus, il est possible d'offrir de la souplesse aux étudiants grâce à des innovations pédagogiques comme l'apprentissage en ligne et l'apprentissage mixte [1], de nouveaux outils d'enseignement technologiques comme les simulations et les laboratoires virtuels (p. ex., [simulations interactives du PhET pour les sciences et les mathématiques](#)) et la réalité virtuelle [14].

## Tendance 2. Culture ouverte et inclusive

« La génération actuelle d'étudiants ne se contente pas d'aborder les questions de justice sociale et d'équité uniquement dans leur vie privée... Pour mobiliser les étudiants, nous devons faire valoir la pertinence des programmes d'études en génie par rapport à leurs préoccupations » [5, par. 5]. Des changements culturels se dessinent dans les programmes de formation en génie, qui reflètent l'engagement croissant de la société à l'égard de l'équité, de la diversité et de l'inclusion (EDI), de

l'autochtonisation, de la décolonisation et de la réconciliation, ainsi que de la sensibilisation à l'importance du développement durable. L'acquisition de compétences comportementales, comme l'empathie et la sensibilisation aux préjugés, est primordiale dans ces efforts.

La nécessité de faire croître la diversité en génie est devenue un impératif éthique, et il est essentiel de s'attaquer à la fois aux préjugés existants dans la conception en génie [5, 34] et au fait que les programmes d'études en génie actuels ne répondent pas adéquatement aux besoins d'une population étudiante diversifiée [14]. Les changements visant à améliorer l'équité sont structurels, selon un [rapport de recherche](#) du National Centre for Student Equity in Higher Education selon Naylor et Milsud [35] : « Les obstacles structurels peuvent aller d'un discours d'exclusion en classe à des politiques inflexibles d'inscription et d'évaluation, en passant par des styles de communication privilégiés. L'inégalité structurelle est l'inverse des modèles traditionnels du déficit et des "ressources culturelles" de soutien aux élèves : plutôt que de réfléchir à la manière dont les étudiants peuvent acquérir les compétences qui leur manquent et qui sont nécessaires pour tirer parti de la réussite au sein d'un établissement, elle réfléchit aux mesures que peuvent prendre les établissements pour devenir plus ou moins inclusifs et accessibles pour tous les étudiants (et même pour le personnel et la collectivité en général). En passant d'un modèle où le déficit se situe au niveau de l'élève individuel à un modèle où les déficits (obstacles structurels) relèvent du système, la responsabilité du changement est donc transférée des étudiants, ou des domaines associés aux programmes de sensibilisation et de culture universitaire, [...] à tous les acteurs de l'établissement » (35, p. 1). Ce rapport [35], qui porte de façon générale sur les systèmes d'enseignement supérieur australiens, décrit trois types d'inégalités structurelles des systèmes d'éducation :

- « inégalités verticales » dans l'accès à l'enseignement supérieur;
- « inégalités horizontales » dans les possibilités d'accéder aux « domaines d'études hautement sélectifs »;
- « inégalités internes » où « des étudiants aux caractéristiques ou aux antécédents particuliers peuvent également être désavantagés au sein de l'établissement lui-même, par exemple en étant moins susceptibles d'obtenir leur diplôme » [35, p. 8-9]. Des inégalités internes et des différences dans les résultats peuvent survenir en raison de deux grandes catégories de défis : « les facteurs personnels ou relativement externes qui peuvent avoir une incidence sur la capacité d'étudier (par exemple, les contraintes financières, les responsabilités en matière de soins, le bien-être mental) et les difficultés à s'orienter dans les unités administratives et de soutien de l'établissement, ou des normes institutionnelles qui n'appuient pas ces élèves » [35].

Les trois types d'inégalités sont visibles dans les descriptions des obstacles systémiques à l'équité, à la diversité et à l'inclusion (EDI), à la réconciliation et à l'autochtonisation, qui sont abordées plus en détail dans la prochaine section. Les mesures visant à remédier aux inégalités structurelles internes englobent les processus administratifs, la communication et l'environnement, l'ajustement de la conception et de l'administration des programmes d'études, y compris les politiques d'évaluation, l'amélioration des environnements physiques et l'accès à des services de soutien appropriés [35].

## 4. Diversité, équité et inclusion

Pour résumer, la *diversité* accroît l'éventail des personnes dans l'espace; l'*inclusion* est la façon dont elles sont valorisées et développent un sentiment d'appartenance dans cet espace; l'*équité*, c'est l'élimination des obstacles systémiques auxquels font face les personnes et les groupes marginalisés, actuellement et par le passé, par les structures et les normes sociales et administratives.

Ingénieurs Canada décrit la diversité comme suit :

*... recruter les meilleurs éléments de la profession, notamment des femmes, des Autochtones, et des professionnels formés à l'étranger. Le fait d'accroître la diversité et l'inclusivité au sein de la profession d'ingénieur est tout à l'avantage des Canadiens et des Canadiennes, car cela permet de pallier la pénurie de main-d'œuvre qualifiée, d'augmenter la capacité d'innovation et d'améliorer le rendement de l'investissement en ressources humaines. Ingénieurs Canada croit fermement que la diversité et l'inclusion assureront la pérennité de la profession et sa capacité à comprendre le public qu'elle sert. [36, parag. 1]*

Le document [Professional Practice Guidelines – Equity, Diversity, and Inclusion](#) [37] d'Engineers and Geoscientists British Columbia présente les définitions suivantes de la diversité, de l'équité, de l'inclusion et du concept connexe de la marginalisation, qui figurent dans le tableau 2.

**Tableau 2 : Définitions de l'EDI**

Terme	Définition
Diversité	« La variété des dimensions, des qualités et des caractéristiques uniques que nous possédons tous. Quelques-uns de ces éléments sont physiques (comme l'âge, le sexe et les capacités physiques), d'autres sont socialement construits (comme la race et le genre), et d'autres sont le résultat de notre situation et de nos expériences (comme la religion, le niveau d'éducation et la nationalité). La diversité est l'inclusion de différents types de personnes — comme des personnes d'orientations sexuelles, de races, de cultures, de religions, de capacités physiques ou mentales et de genres différents — dans un groupe ou une entreprise. » [37, p. vi]
Équité	« Déterminer les besoins particuliers et uniques de chaque groupe qui a été historiquement, systématiquement et constamment marginalisé, en vue de comprendre ce qui doit être fait pour créer des environnements inclusifs sans obstacle à la participation et à l'avancement. L'équité est parfois utilisée de façon interchangeable avec le concept d'égalité; cependant, leur signification est différente. En particulier, l'égalité vise à fournir à tous la même quantité ou le même type de ressources sans vérifier que ces ressources permettent de surmonter les obstacles qui se dressent devant ces personnes. » [37, p. vii]
Inclusion	« Avoir un sentiment d'appartenance ou être valorisé pour ses contributions uniques, ainsi que pour celles qu'on a en commun avec les autres. L'inclusion est un

	environnement ou une culture qui vise l'équité et qui valorise et respecte la diversité. » [37, p. vi]
Marginalisation	« L'exclusion intentionnelle ou involontaire d'un groupe de personnes en raison de stéréotypes, de préjugés inconscients, de désinformation ou d'un sentiment de supériorité. » [37, p. viii]

Engineers and Geoscientists British Columbia propose également des termes et des descriptions de concepts précis « se rapportant aux personnes en quête d'équité (c.-à-d. femmes, Autochtones, personnes handicapées, personnes de couleur, nouveaux arrivants, personnes 2SLGBTQ+ » sur leur page Web [Équité, diversité et inclusion](#) [37, p. vi].

À l'échelle internationale, « il a également été reconnu que l'augmentation du nombre d'étudiants entraînerait inévitablement une plus grande diversité de la situation démographique et des antécédents des étudiants ». Bien que de nombreuses personnes aient fait remarquer que « nous ne pouvons pas continuer à nous adresser au même type d'étudiants, nous devons attirer les étudiants qui ne penseraient pas normalement au génie », il a également été mentionné que les « programmes d'études en génie actuels ne répondaient pas adéquatement aux besoins d'un corps étudiant plus diversifié » [9, p. 36].

Il est largement admis qu'une représentation de 30 % est le point de basculement où la participation d'un groupe minoritaire, dans notre cas des étudiantes ou des ingénieures, est normalisée, et où la culture commence à changer [38, 39, 40]. Depuis des décennies, les écoles de génie du Canada visent à accroître le nombre de femmes dans leurs programmes, les résultats demeurant en grande partie stagnants au niveau du premier cycle [38, 39, 40], la proportion d'étudiantes dans les programmes de génie oscillant entre 20 et 25 %, [selon Statistique Canada](#). Il convient de mentionner quelques exceptions notables, comme l'[Université de la Colombie-Britannique qui a atteint 32 %](#) en 2018-2019 et l'[Université de Toronto qui a atteint 40,2 %](#) d'inscriptions d'étudiantes de première année, mais il n'existe aucune province au Canada où les inscriptions en génie d'étudiantes sont supérieures à 30 %, selon Ingénieurs Canada dans son rapport [Des ingénieurs canadiens pour l'avenir](#). La proportion d'étudiants - hommes et femmes confondus - à temps plein de premier cycle en génie au Canada de 2010 à 2020, selon le rapport sur les effectifs postsecondaires de Statistique Canada ([tableau 37-10-0011-01](#)), est présentée dans la figure 1. Les détails du rapport téléchargé et de la création de la figure se trouvent dans l'annexe 3. Au cours de la même période, la proportion de professeures dans les programmes de génie a augmenté lentement pour atteindre environ [17 % en 2019](#).

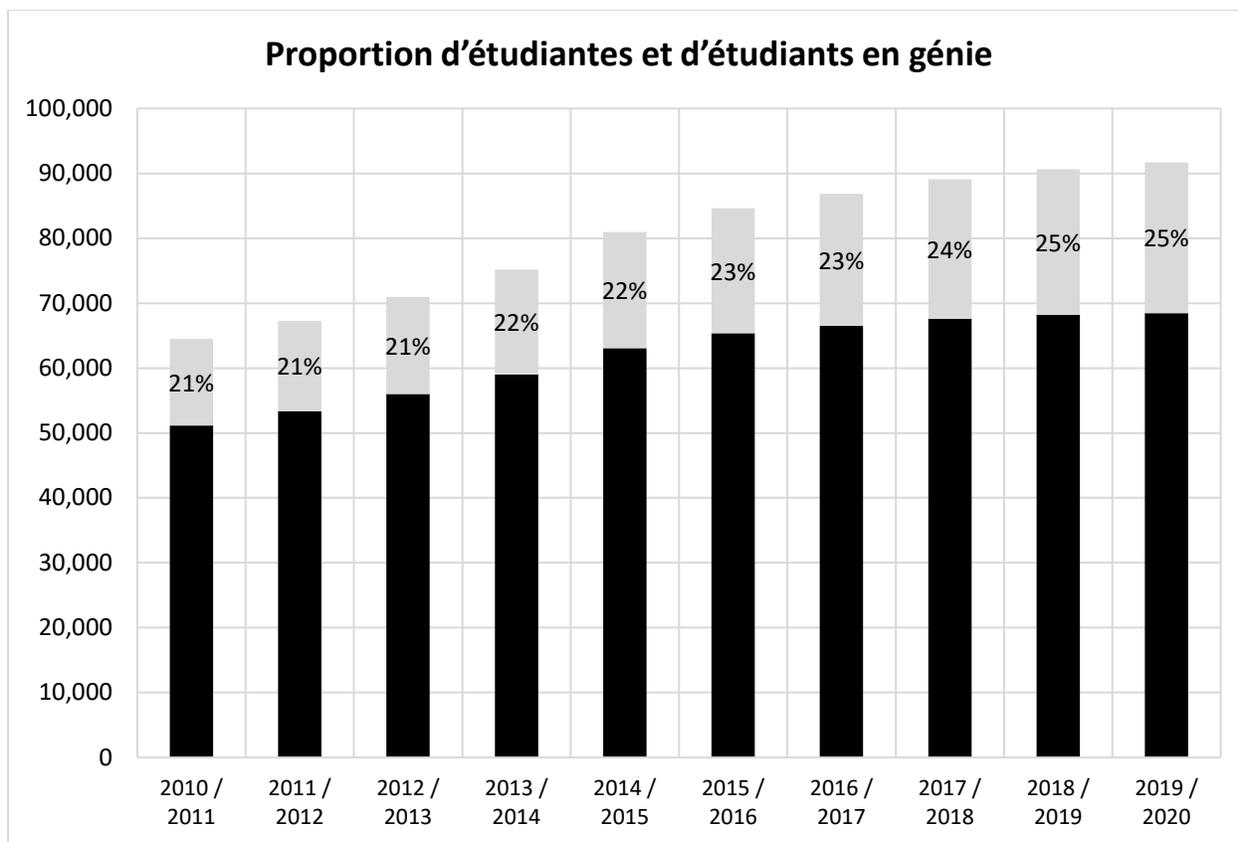


Figure 1 Proportion d'étudiantes par rapport aux étudiants à temps plein, dans les programmes canadiens de premier cycle en génie de 2010 à 2020

Les chiffres au Canada et en Australie sont très différents de ceux de l'[Europe](#), où plus de 40 % des ingénieurs sont des femmes, et de l'[Iran](#), où le pourcentage d'étudiantes en génie a atteint près de 70 % par le passé. Le rapport *Global state of the art of the art of engineering education* de 2018 documente davantage la façon dont l'University of Technology and Design de Singapour a réussi à avoir une participation relativement élevée de femmes pour une université axée sur la technologie : les femmes représentent 40 % de l'ensemble des étudiants de premier cycle et 30 % de ceux qui travaillent dans des disciplines axées sur le génie [9, p. 66]. De plus, la Delft University of Technology, la plus ancienne et la plus grande des trois universités spécialisées en technologie des Pays-Bas, propose 17 programmes de baccalauréat... qui recourent une population étudiante d'environ 11 400 étudiants, dont 26 % sont des femmes [9, p. 141].

De nombreuses écoles de génie continuent d'élaborer des stratégies de recrutement et des programmes de sensibilisation ciblant les femmes en génie, ainsi que des initiatives de premier cycle comme l'initiative [Women in Action](#) de l'Université Queen's ou l'initiative [Women in Engineering — Career Launch Experience program](#) à l'Université Concordia. Le nombre d'étudiantes a augmenté dans ces programmes, mais la parité n'est pas encore atteinte [41], et des ressources importantes sont toujours

investies pour déterminer quelles interventions sont efficaces, notamment dans le cadre du [projet SINC](#), qui fait partie de la collaboration *Engendering Success in STEM*, soutenue par Ingénieurs Canada.

Bien que l'accent soit mis en particulier sur les femmes en génie, la nécessité d'avoir les points de vue diversifiés de multiples groupes en quête d'équité, comme des étudiants autochtones, racialisés, LGBTQ2SA+, issus de cultures diverses et en situation de handicap, est reconnue. Le projet pluriannuel [Engineering 2035](#) de l'Australian Council of Engineering Deans (ACED) visait à déterminer d'importants facteurs de changement dans les rôles d'ingénieurs et à prévoir les répercussions de ces changements sur les attentes des futurs diplômés de programmes d'ingénieurs vers l'année 2035; il comprenait cinq rapports distincts. Dans son rapport d'établissement de la portée, l'ACED a indiqué ce qui suit : « ... Il est souhaitable que la diversification englobe également une plus grande diversité des genres, des ethnies et des capacités cognitives dans les cohortes d'étudiants et de diplômés en génie » [14, p. 3]. Une plus grande diversité dans la profession d'ingénieur est considérée comme une étape nécessaire vers une plus grande durabilité pour la profession et de meilleures conceptions [5]. À cette fin, les concepts de l'EDI sont intégrés aux cours de conception afin de garantir que « les étudiants puissent... comprendre les capacités et les limites humaines, afin que leurs conceptions soient mieux adaptées à un large éventail d'utilisateurs » [34, p. 1].

Aborder l'EDI nécessite des changements structurels, culturels et de programmes. Bien que les écoles de génie aient répertorié les avantages et le besoin d'une plus grande diversité dans leurs programmes, « il est de plus en plus nécessaire d'examiner d'un œil critique la culture intégrée du génie et la façon dont elle constitue un obstacle à la diversité » [38, p. 1]. « Pour nous assurer d'attirer et de retenir un bassin diversifié d'apprenants dans nos programmes, nous devons examiner ce que nous enseignons et comment nous l'enseignons » [5, par. 3]. Pour que les étudiants sous-représentés se sentent les bienvenus, les pratiques d'équité et d'inclusion devront être adaptées [42], et les obstacles structurels devront être éliminés [35]. L'élimination des obstacles structurels à l'EDI exige des changements importants; par exemple, investir dans la sensibilisation à l'EDI et le renforcement des capacités du personnel et du corps professoral au sein du génie pour promouvoir le changement, accroître la disponibilité d'offres asynchrones pour les étudiants qui pourraient devoir travailler pendant qu'ils fréquentent l'université, ou encore qui ont des familles ou d'autres responsabilités, et créer des cheminements plus souples vers des programmes de génie [35]. L'intégration de l'EDI dans les systèmes, les structures et la culture d'un programme de génie nécessite des politiques et des pratiques institutionnelles, un leadership de soutien au niveau de la haute direction et des départements, et l'affectation de ressources pour appuyer la réussite de ces initiatives [43].

Les initiatives comme l'[Indigenous and Black Engineering and Technology \(IBET\) PhD Project](#), l'Ontario Network of Women in Engineering ([ONWiE](#)), [EngiQueers](#), et l'avancement des Autochtones en STIM par l'entremise du volet de l'[AISES](#) (American Indian Science and Engineering Society) au Canada abordent directement ces défis et établissent une matrice de soutien pour tous les étudiants en génie et les ingénieurs. Des projets sont également en cours pour cerner les changements précis au sein des établissements canadiens. Par exemple, un récent sondage mené auprès du corps professoral d'une université canadienne à l'échelle du campus a mis en évidence plusieurs enjeux en matière d'EDI,

notamment les défis liés à l'avancement professionnel pour les enseignants racialisés, le manque de diversité au sein des comités d'embauche, le silence imposé et les représailles pour avoir soulevé des enjeux d'identité ou de race, ainsi que les répercussions négatives sur le travail. Les répondants ont cerné le besoin d'une véritable mobilisation à l'égard de ces questions et ont formulé des recommandations, notamment des vérifications de l'équité, la production de rapports sur les données intersectionnelles et désagrégées en matière d'EDI et « l'appui au programme proposé d'embauche de professeurs autochtones et issus des communautés noires » [44, p. 14].

## 5. Autochtonisation

La nécessité d'aborder la vérité et la réconciliation dans les programmes de génie canadiens est devenue un impératif éthique [45] et une attente des ingénieurs. Les organismes de réglementation provinciaux comme l'[EGBC](#) et l'[APEGS](#) ont produit des déclarations et des rapports précis concernant les étapes en matière de vérité et de réconciliation. « Les ingénieurs interagissent avec les communautés autochtones et ont une incidence directe sur elles par les projets d'infrastructures et de développement économique. Par conséquent, le renforcement des capacités des étudiants en matière de compréhension interculturelle, d'empathie et de respect mutuel est essentiel pour que notre profession contribue à la réconciliation » [46, par. 2]. La Déclaration des Nations Unies sur les droits des peuples autochtones ([DNUDPA](#)) [47] soulève des attentes quant à la compréhension des droits des Autochtones par les ingénieurs et les programmes de génie. Par exemple, les articles de la DNUDPA, comme l'article 29 : « Les peuples autochtones ont droit à la préservation et à la protection de l'environnement et de la capacité de production de leurs terres ou territoires et ressources » [47, p. 21], renforcent les exigences relatives au consentement libre, préalable et éclairé, et modifient la façon dont le secteur du génie mène des consultations avec de nombreuses collectivités.

La meilleure façon de décrire l'autochtonisation de la formation en génie est d'expliquer qu'elle s'étend sur un spectre [48]. Une extrémité du spectre permet au milieu universitaire de « maintenir la plupart de ses structures existantes » et, à l'autre extrémité, « l'université est fondamentalement transformée par un engagement profond envers les peuples autochtones » [48, p. 1]. Dans leur article intitulé [Indigenizing engineering education in Canada : Critical considered](#), Seniuk Cicek et ses collaborateurs résument ces termes comme suit :

- « L'inclusion autochtone [comprend] des tentatives visant à augmenter le nombre de professeurs, de membres du personnel et d'étudiants autochtones dans les établissements de génie. » Cela englobe les initiatives de sensibilisation visant à créer des cheminements vers des programmes postsecondaires et des carrières professionnelles, ainsi que des camps pour les enfants et les étudiants.
- L'autochtonisation de la réconciliation recourt au savoir autochtone pour former le corps professoral, le personnel et les étudiants au moyen de cours et de formation.
- L'autochtonisation décolonialiste est décrite comme une décentralisation des structures postsecondaires eurocentriques occidentales hiérarchisées et « habilitant les communautés autochtones à recouvrer leur souveraineté en matière d'éducation... » Cela pourrait prendre la

forme de gardiens du savoir et d'aînés dans des lieux postsecondaires, des espaces autochtones exclusifs et des savoirs autochtones centrés sur les programmes d'études [10, p. 8].

La vérité, la réconciliation et l'autochtonisation ne peuvent être incorporées dans les politiques et les initiatives d'EDI. En plus d'accroître la sensibilisation et de renforcer les capacités encouragées par les établissements et les organes directeurs, l'autochtonisation doit faire participer les dirigeants autochtones et entraîner des changements de politiques qui favorisent l'inclusion du savoir autochtone dans les programmes d'études. Le travail de décolonisation de la formation en génie nécessitera une évaluation critique des politiques d'agrément en génie [10].

Les programmes de génie visent à appuyer les étudiants autochtones et à faire progresser l'autochtonisation par les nombreux moyens décrits précédemment, notamment :

- Les [Initiatives autochtones](#) à l'Université de la Saskatchewan comprennent une expérience d'apprentissage en milieu de travail pour les étudiants autochtones, un « espace sûr sur le plan culturel » pour les étudiants, un programme d'ambassadeurs étudiants et des activités de renforcement des capacités communautaires. Tous les étudiants de première année interagissent maintenant directement avec les membres et les aînés des communautés autochtones dans le cadre d'un cours de six semaines sur le contexte culturel et du cours en ligne *Four Seasons of Reconciliation* (Les quatre saisons de la réconciliation).
- Un [Ingénieur autochtone du programme Engineer-in-residence assure une permanence](#) à l'Université de Calgary et offre un modèle de professionnel aux étudiants; il « participe à des conversations significatives et à des occasions d'apprentissage » avec tous les niveaux de direction au sein de l'école.
- L'[Engineering Access Program](#), ou ENGAP, de l'Université du Manitoba offre des ressources personnalisées aux étudiants autochtones, notamment du soutien scolaire, un conseiller du personnel, de l'aide financière et des activités de renforcement des compétences communautaires.
- Les [Travaux sur l'autochtonisation du génie](#) au campus Okanagan de l'Université de la Colombie-Britannique visent à déterminer les domaines du programme de génie où du contenu et des perspectives autochtones peuvent être intégrés.

*ZONE DE TEXTE (ITALIQUE POUR DÉLIMITER LA ZONE DE TEXTE, LE TEXTE NE SERA PAS EN ITALIQUE UNE FOIS PLACÉ DANS LA ZONE DE TEXTE) : Dans leur article [Indigenous Initiatives in Engineering Education in Canada : Collective Contributions](#), 2020, Seniuk Cicek et ses collaborateurs ont indiqué que des travaux sont en cours dans le cadre des programmes de génie agréés par le BCAPG partout au Canada en vue de « [faire progresser] la mobilisation et les réalisations des Autochtones et de démontrer [le] respect et la reconnaissance des peuples autochtones dans la formation en génie » [49, p. 3]. Les initiatives répertoriées ont été classées en 11 catégories :*

- *Sensibilisation au génie et aux STIM;*
- *Accès au génie et programmes ou mécanismes de transition;*

- *Collaborations provinciales et nationales/présence/recherche en génie et enseignement du génie;*
- *Comités/conseils/stratégies en génie;*
- *Professeurs de génie et postes institutionnels;*
- *Programmes d'études en génie;*
- *Aînés, gardiens du savoir et membres des communautés autochtones qui participent à la formation en génie;*
- *Associations d'étudiants en génie;*
- *Formation et ateliers destinés aux professeurs de génie; formations destinées aux étudiants en génie;*
- *Culture autochtone en génie [49, p. 4].*

*ZONE DE TEXTE (ITALIQUE POUR DÉLIMITER LA ZONE DE TEXTE, LE TEXTE NE SERA PAS EN ITALIQUE UNE FOIS PLACÉ DANS LA ZONE DE TEXTE; peut être placée plus tôt dans cette section) : Un principe fondamental de leur article donne un aperçu du niveau de changement qui pourrait survenir, appelé « Achiev[ing] Etuaptmumk — Two-Eyed Seeing » [expression de l'aîné Albert Marshall] (qui pourrait se traduire par « atteindre l'Etuaptmumk — approche à double optique —, soit la création d'un "espace éthique" dans la formation en génie où le savoir et le savoir-être autochtones sont reconnus et respectés, et enseignés en partenariat avec les perspectives occidentales, renforçant finalement l'enseignement du génie » [49, p. 6]. Avec l'élaboration de spécialisations et de cours axés sur les connaissances autochtones, ainsi que d'autres initiatives décrites ci-dessus, une esquisse de l'avenir de la formation en génie émerge et comprend : « diverses initiatives et stratégies autochtones qui couvrent l'ensemble des programmes et de la culture, renforcées par des initiatives autochtones profondément enracinées, concentrées et exclusives, stratifiées entre les aspects mentaux, physiques, émotionnels et spirituels, guidées par le cercle sacré ou la roue de médecine... [qui] permettront [...] [aux connaissances autochtones] d'imprégner le système éducatif colonial occidental » [49, p. 6].*

À mesure que les engagements à l'égard des savoirs et des savoir-être autochtones continueront de croître dans les programmes de génie partout au Canada, des changements seront apportés aux environnements d'apprentissage de la formation en génie, aux exigences en matière de leadership, aux critères d'admission et aux programmes d'études universitaires, comme cela a été démontré par les exemples précédents. À titre d'exemple, prenons l'apprentissage axé sur le territoire, où l'apprentissage se fait avec les aînés et les gardiens du savoir sur le territoire. L'apprentissage axé sur le territoire fait déjà partie du programme d'études des [facultés de droit du Canada](#) et de la sensibilisation au génie (p. ex., le programme *Land Based Programming* de l'organisme Geering Up Engineering Outreach à l'Université de la Colombie-Britannique). Au niveau du premier cycle, les cours axés sur le territoire soulèveront des questions, à savoir qui enseigne et qui peut enseigner en fonction des systèmes de connaissances autochtones et des exigences nationales en matière d'admissibilité? Comment l'apprentissage, l'enseignement et l'évaluation des modes d'apprentissage traditionnels, comme l'observation de la terre et la narration de récits, seront-ils catégorisés et déclarés aux fins d'agrément tout en étant respectueux de la culture?

Tom Mugford, spécialiste de l'élaboration de programmes pour l'enseignement autochtone au gouvernement de Terre-Neuve-et-Labrador, a déclaré dans un article sur l'enseignement des STIM fondé sur le territoire autochtone [50] que « qualifier l'enseignement fondé sur le territoire d'« alternatif » constitue un obstacle ». Tout en tenant compte du contexte de l'enseignement des jeunes, le même rapport souligne que « les procédures et les structures d'agrément, de production de rapports et de financement peuvent être écrasantes lorsqu'elles ne correspondent pas à une vision du monde autochtone. Les systèmes d'éducation accordent la priorité aux programmes agréés, et les décisions relatives aux programmes d'études sont fondées sur des modèles non autochtones. »

## 6. Bien-être et intégralité de l'étudiant

Le bien-être, les forces et les besoins de l'étudiant dans son ensemble commencent à attirer l'attention. Cette nouvelle préoccupation s'ajoute à la lutte contre les inégalités qui ont une incidence différentielle sur le bien-être des étudiants. L'Organisation mondiale de la santé définit la santé mentale comme un « état de bien-être qui permet à chacun de réaliser son potentiel, de faire face aux difficultés normales de la vie, de travailler avec succès et de manière productive, et d'être en mesure d'apporter une contribution à la communauté » [51, par. 3].

La structure de la charge de travail de la formation en génie est passée d'un rite de passage à un facteur de stress. Dans une étude récente, on a constaté que l'obtention de notes suffisantes pour passer en deuxième année et la charge de travail connexe constituaient 40 % des facteurs de stress tout au long de l'année scolaire [52]. Un suivi plus poussé de 30 élèves chaque semaine indiquait « une légère détérioration graduelle du bien-être des étudiants tout au long de l'année scolaire » pour les élèves de première année [52, p. 7]. Bien que le fait d'être éloigné de la famille ait été inclus dans l'analyse, le fait de prendre soin d'une famille n'a pas été mesuré ni pris en compte. Les étudiants ayant une famille, notamment les plus âgés, ou les étudiants ayant des frères et sœurs ou des parents ayant besoin de soins font face à des défis et à des enjeux supplémentaires en matière de bien-être.

*ZONE DE TEXTE : Une liste de vérification et des facteurs à prendre en compte pour l'amélioration du bien-être des étudiants ont été présentés par E-CORE [53] à la conférence de 2020 de l'ACEG-CEEA. La présentation cible trois facteurs pour améliorer le bien-être des étudiants : « 1. APPARTENANCE ET INCLUSION SOCIALE : Le bien-être des élèves est soutenu lorsqu'ils se sentent liés à leurs enseignants et à leurs pairs; 2. APPRENTISSAGE FACILITÉ : Le bien-être des étudiants est favorisé lorsqu'ils sont motivés à apprendre et lorsqu'ils sentent qu'ils apprennent efficacement. 3. INTÉGRALITÉ DE L'ÉTUDIANT : Le bien-être des étudiants est appuyé lorsque les enseignants reconnaissent que les étudiants ont une vie en dehors des études universitaires » [53, diapositive 3]. Afin de tenir compte de l'étudiant dans son intégralité, il est possible de recourir aux stratégies suivantes qui reconnaissent le fait que les études ne soient pas le seul volet de la vie des étudiants : « Ne pas exiger de preuve de la part des étudiants en situation de crise; offrir des prolongations de délai; intégrer une souplesse dans le système de notation; et fixer des échéances pour favoriser l'équilibre travail-vie personnelle » [53, diapositive 8]. Cela soulève la question de savoir comment cette souplesse et cette différenciation conseillées pourraient être considérées comme valorisées et non comme un passif dans les critères d'agrément.*

## Tendance 3. Mobilisation de l'étudiant face à des problèmes complexes

La nature des problèmes d'ingénierie évolue en raison d'une ouverture et d'une complexité accrues, des équipes et des partenaires diversifiés, et des considérations pour la durabilité et l'équité qui nécessitent l'intégration de compétences techniques et comportementales, aussi appelées compétences interpersonnelles ou professionnelles. Le génie a toujours abordé les conséquences imprévues du développement technologique (p. ex., la pollution atmosphérique), avec des technologies « au point de rejet » (p. ex., les épurateurs). Toutefois, pour un monde plus durable, les causes profondes des problèmes inacceptables [comme l'itinérance] doivent également être abordées, et les étudiants en génie doivent apprendre à analyser ces causes fondamentales et à les régler [54, p. 3].

Les ingénieurs exercent dans un monde interconnecté, « qui nécessite une perspective mondiale, pour leur permettre de travailler avec divers partenaires afin de s'attaquer aux problèmes du monde de manière durable » [55, p. 1]. En complément de ce changement, on remarque une « tendance croissante dans la formation en génie à accroître la sensibilisation des diplômés en génie aux enjeux sociétaux » [56, p. 1]. Afin d'accroître la capacité des diplômés à répondre aux besoins de la société, il est nécessaire de mettre davantage l'accent sur la durabilité [57, 58, 55], un problème complexe qui nécessite une perspective multidisciplinaire. En outre, « les diplômés en génie découvrent de plus en plus qu'ils font partie d'équipes qui attirent des membres pluridisciplinaires provenant d'un large éventail de contextes culturels, socioéconomiques et linguistiques », ce qui rend les compétences interculturelles et une meilleure conscience de soi essentielles pour nos étudiants [55, p. 1].

La définition révisée du Bureau canadien d'agrément des programmes de génie (BCAPG) pour la conception en ingénierie précise les points suivants :

«...un processus consistant à prendre des décisions éclairées pour concevoir de façon créative un produit, un système, un composant ou un procédé devant répondre à des besoins précisés, en tirant parti de l'analyse et du jugement de l'ingénierie. Ce processus est souvent caractérisé comme étant complexe, évolutif, itératif et multidisciplinaire. Les solutions qui en sont issues font appel aux sciences naturelles, aux mathématiques et aux sciences du génie, ainsi qu'à des pratiques systématiques et exemplaires actuelles afin de satisfaire à des objectifs définis, dans le respect des exigences, des normes et des contraintes établies. Parmi les contraintes à prendre en considération, citons la santé et la sécurité, la durabilité, l'environnement, l'éthique, la sûreté, l'économie, les facteurs esthétiques et humains, la faisabilité et la conformité aux aspects réglementaires, de même que des enjeux universels en matière de conception, comme les aspects sociaux, culturels et de diversification. » [59, p. 10].

La formation en génie se doit donc de préparer les étudiants à participer à ce processus de conception créatif, multidisciplinaire, itératif et ouvert pour résoudre des problèmes complexes.

Dans le cadre de l'enseignement du génie à l'échelle internationale, le rapport [\*The global state of the art in engineering education\*](#) [9] signalait « un mouvement vers des programmes de génie socialement pertinents et tournés vers l'extérieur. Ces programmes d'études mettront l'accent sur le choix des étudiants, l'apprentissage multidisciplinaire et l'impact sociétal, tout en exposant les étudiants à une vaste gamme d'expériences à l'extérieur de la salle de classe, en dehors des disciplines traditionnelles du génie et à travers le monde » [9, p. 39]. De plus, en ce qui concerne l'apprentissage axé sur les étudiants, « les commentaires recueillis lors des entrevues ont clairement montré que la majorité des leaders d'opinion s'attendaient à ce que l'apprentissage des étudiants, pratique et en équipe, qui répond aux besoins de la société et de l'industrie sous-tende les meilleurs programmes de génie au monde dans les décennies à venir » [9, p. 35]. Compte tenu de la prévalence croissante de la recherche sur la formation en génie au Canada et à l'étranger [60] et de l'investissement dans des postes de professeurs axés sur l'enseignement au Canada [61], l'intégration de pratiques pédagogiques centrées sur l'apprenant pourrait augmenter, bien que, jusqu'à maintenant, la grande majorité des heures de cours aient été passives et reposent fortement sur des cours magistraux axés sur l'enseignant [62, 63]. Les ensembles de problèmes dans le cadre de la formation en génie peuvent représenter une gamme d'ensembles de problèmes de construction et une reproduction relativement réaliste d'un contexte d'exercice de l'ingénierie pour certains, mais non pour tous.

Il existe des expériences de formation bien établies axées sur les apprenants dans le domaine de l'enseignement du génie, comme des possibilités de stages coopératifs ou de stages [64, 65] et des cours pratiques en laboratoire [66, 67] que l'on peut trouver dans presque tous les programmes de génie au Canada. L'apprentissage actif est un autre terme générique désignant les pratiques pédagogiques centrées sur l'élève qui mobilisent l'élève sur les plans cognitif, affectif et social [26, 27].

Il existe également de multiples pratiques axées sur l'apprenant qui sont bien établies dans l'enseignement supérieur et qui ont été utilisées dans les programmes de génie. En voici des exemples :

- **Enseignement ludifié**

La ludification est un outil pédagogique dans lequel les instructeurs « utilisent des éléments de jeu comme des systèmes de points, des tableaux de classement, des badges ou d'autres éléments liés aux jeux dans des activités d'apprentissage "conventionnelles" afin d'accroître la mobilisation et la motivation » [68]. Exemples de formation en génie :

- Ludification d'un cours de chimie de première année pour les ingénieurs [69];
- Ludification d'un cours de conception en ingénierie de première année [70].

- **Format inversé**

L'apprentissage inversé donne aux élèves l'occasion d'apprendre à leur propre rythme en déplaçant le contenu pédagogique vers des vidéos et des médias (habituellement au moyen d'une plateforme d'apprentissage en ligne) à consulter en dehors de la classe afin d'utiliser le temps de cours pour des activités pratiques et des discussions [61]. Exemples de formation en génie :

- conception d'espaces de cours pour l'apprentissage actif (c.-à-d. salles de classe inversées) [71];
- format inversé d'un cours d'introduction à la programmation [72].

On a notamment constaté que l'intégration des compétences comportementales (p. ex., travail d'équipe) et techniques, l'apprentissage par l'expérience dans des contextes réalistes et l'apprentissage axé sur les problèmes et les projets étaient largement utilisés dans l'ensemble des établissements. Ces éléments sont abordés plus en détail ci-dessous.

## 7. Intégration des compétences comportementales et techniques

Alors que les programmes de génie demeurent largement techniques et « caractérisés par une “frontière” artificielle qui distingue l'expertise technique des compétences professionnelles nécessaires pour résoudre les problèmes les plus urgents de la société » [73, p. 1], la formation en génie s'élargit pour intégrer ces compétences. Les compétences sont appelées compétences comportementales dans le présent rapport, mais elles sont aussi nommées compétences interpersonnelles ou professionnelles. « La profession d'ingénieur est complexe et interdisciplinaire, et les étudiants d'aujourd'hui doivent apprendre à intégrer les compétences dans toutes les disciplines techniques et sociales » [74, p. 1]. Parmi les qualités requises des diplômés exigées actuellement par le BCAPG, il existe « un consensus sur le fait que les études en génie ne devraient pas seulement porter sur les sciences et le génie [compétences techniques], mais aussi sur les compétences sociales, éthiques et organisationnelles [compétences] » nécessaires à l'exercice de l'ingénierie, de sorte que les étudiants en génie puissent réussir dans un milieu de travail de plus en plus complexe et mondialisé [75, p. 1].

Winberg et ses collaborateurs ont découvert dans leur étude [\*Developing employability in engineering education : A systematic review of the literature\*](#) que « les meilleures connaissances en ingénierie et les meilleures compétences professionnelles... ont toutes deux été obtenues en intégrant des compétences professionnelles dans des matières courantes du génie, comme l'inclusion de tâches et de projets de résolution de problèmes dans le programme d'études en génie [76, p. 26], ce qui est actuellement le cas dans les cours de génie partout au Canada. Voici des exemples d'enseignants qui intègrent les compétences comportementales (« compétences professionnelles » selon Winberg) dans les programmes d'études en génie :

- bien-être mental et apprentissage continu [77];
- travail d'équipe et communication [78];
- résolution de conflits [79];
- empathie [80].

À l'international, l'amélioration de la communication empathique était au cœur de quatre modules séquentiels de 75 minutes à l'Université de Géorgie dans le cadre du développement des compétences professionnelles [81]. De plus, les capacités d'intelligence émotionnelle [82] ont été mises en évidence dans le rapport de l'Australian Council of Engineering Deans. Walther et ses collaborateurs « font valoir

que l'empathie est importante dans une vaste gamme de résultats d'études supérieures en génie et d'applications lors de l'exercice professionnel », et que les étudiants « ont besoin d'une formation explicite en matière d'empathie pour compenser le biais cognitif analytique des programmes d'études de premier cycle en génie » [83, p. 31]. Sochacka et ses collègues décrivent d'autres exemples de programmes à l'University of Western Australia et dans plusieurs autres universités américaines [84].

## 8. Apprentissage par l'expérience

L'apprentissage par l'expérience est « l'application de la théorie et du contenu scolaire à des expériences réelles, que ce soit en classe, dans la collectivité ou en milieu de travail, ce qui fait progresser les résultats d'apprentissage fondés sur les programmes ou les cours » [85], et un « processus par lequel la connaissance est créée par la transformation de l'expérience » dans un cycle qui comprend une expérience et une période de réflexion [86].

Les programmes de génie offrent de nombreux cours qui conviennent bien aux occasions d'apprentissage par l'expérience, dont certaines sont couramment utilisées dans les établissements canadiens, comme des expériences d'apprentissage en milieu de travail (p. ex., stages coopératifs/stages), une formation pratique en laboratoire, et des cours de projet de conception qui permettent aux étudiants de travailler à des défis « réels » [87, 88].

Les occasions d'apprentissage par l'expérience peuvent comprendre, et c'est souvent le cas pour les projets de conception de fin d'études, des partenariats avec des organismes communautaires ou industriels. L'apprentissage par l'expérience peut encourager les étudiants à prendre conscience de l'incidence réelle de leurs cours dès la première année. L'Université de l'Île-du-Prince-Édouard est un exemple de partenariat de ce genre. Un enseignant a établi un partenariat avec l'Atlantic Veterinary College afin d'élaborer un projet de conception pour les étudiants en génie de première année visant à concevoir et à construire des dortoirs pour chauves-souris qui recueillent à distance des données sur chaque chauve-souris dans une colonie [89]. Voici d'autres exemples récents tirés des présentations aux conférences de l'ACEG-CEEA :

- Un [cours de première année en laboratoire de génie biomédical](#) de l'Université de la Colombie-Britannique a intégré l'apprentissage axé sur les problèmes et l'apprentissage par l'expérience semi-structuré pour les nouveaux étudiants qui en étaient aux premières étapes de l'acquisition de connaissances propres à la discipline.
- Le [cours de deuxième année de génie civil sur les matériaux](#) de l'Université York comprenait une occasion d'apprentissage par l'expérience, la construction et le chargement d'un petit pont, dans un environnement virtuel.
- L'Université McMaster a mis au point un cours, en partenariat avec des étudiants, qui [accordait des crédits aux étudiants pour leur participation aux activités parascolaires](#).

Les étudiants peuvent également concevoir leurs propres possibilités d'apprentissage par l'expérience et obtenir des crédits dans certains cas, grâce à des cours individuels dirigés par des étudiants (SLICCS,

de l'anglais « student-led, individually-created courses »). Mis sur pied à l'Université d'Édimbourg, les SLICCS offrent un « cadre évolutif et souple d'apprentissage et d'évaluation par l'expérience » qui est actuellement en accès libre [90]. Un exemple de SLICC mis en œuvre au Canada est le cours intitulé « [Foundations of Venture Creation](#) » à l'Université de Waterloo, où les étudiants « s'engagent à lancer une entreprise » et sont guidés tout au long du processus.

## 9. Apprentissage axé sur les problèmes ou les projets

L'apprentissage axé sur les problèmes est défini comme tout environnement d'apprentissage dans lequel le problème motive l'apprentissage des étudiants, c'est-à-dire lorsque « un problème est posé, de sorte que les étudiants découvrent qu'ils ont besoin d'apprendre [quelque chose de nouveau pour] résoudre le problème » [91, par. 3]. L'apprentissage axé sur les projets, c'est lorsque les étudiants s'attaquent à un problème du monde réel et trouvent une solution à ce problème; cette forme d'apprentissage est davantage axée sur l'application des connaissances que sur l'apprentissage axé sur les problèmes, qui est centré sur l'acquisition de connaissances [92]. L'apprentissage axé sur les problèmes et l'apprentissage axé sur les projets sont utilisés régulièrement dans les cours de génie, et, bien qu'ils se distinguent par leurs résultats, il existe un chevauchement important entre les deux concepts. Les deux pratiques pédagogiques encouragent l'autonomie et la collaboration, et peuvent avoir une orientation multidisciplinaire.

L'apprentissage axé sur les projets dans les salles de classe de génie implique souvent de résoudre des « cas propres au contexte et des problèmes complexes à réponse ouverte » [88], et les termes sont utilisés de façon interchangeable dans la littérature de la formation en génie. L'apprentissage axé sur les projets et les problèmes est une approche pédagogique bien établie dans les programmes d'études en génie, car il s'agit de composantes naturelles des cours de conception, par exemple :

- Le [projet de cours de conception en ingénierie](#) de l'Université Simon Fraser [consistait en la conception, la modélisation et la simulation d'un système d'énergie renouvelable qui résolvait un problème particulier dans un scénario prédéfini qui change d'une année à l'autre](#).
- Le [défi de conception pour les étudiants de première année en génie](#) de Polytechnique Montréal permet aux étudiants d'apprendre et d'appliquer des méthodes de conception mécanique dans une pratique de conception itérative authentique.

L'apprentissage axé sur les projets et les problèmes présente de nombreux avantages pour l'apprentissage des élèves : « L'apprentissage axé sur les projets permet aux étudiants de développer simultanément la compréhension technique, la créativité et l'intérêt. De plus, leur intérêt accru améliore d'autres perceptions, comme leur appréciation du sujet, la valeur du sujet et leurs aspirations professionnelles dans le domaine » [72, p. 6]. Une équipe de recherche sur l'enseignement du génie au Canada a fait remarquer que « l'un des principaux objectifs des approches de l'apprentissage axé sur les projets et les problèmes est de transformer les laboratoires pour qu'ils soient centrés sur les étudiants, où les résultats et les objectifs sont en grande partie déterminés par les étudiants, afin de créer un

environnement d'apprentissage autonome » [93]. Cela favorise également l'acquisition de compétences professionnelles comme la gestion du temps et la pensée critique.

L'apprentissage axé sur les projets et les problèmes est également bien adapté à l'apprentissage en équipe dans l'enseignement du génie au Canada et y est souvent intégré. Une pratique émergente consiste à autoriser la formation d'équipes interdisciplinaires dans cet espace, qui peuvent « permettre aux étudiants de sortir de leur silo disciplinaire », en leur offrant un aperçu essentiel du rôle et de la place de leur propre discipline de génie, ainsi que des outils « pour travailler efficacement avec des personnes d'horizons et de perspectives variés » [9, p. 22]. Les projets interdisciplinaires peuvent être intégrés à un cours de génie, à un cours offert par plusieurs disciplines ou à un cours qui ne relève pas du génie.

À l'instar des possibilités d'apprentissage par l'expérience, les expériences d'apprentissage axées sur les problèmes et les projets conviennent également bien aux partenariats avec les partenaires communautaires et industriels [87, 94]. La croissance récente des plateformes logicielles reliant l'industrie et la collectivité aux étudiants et aux membres du corps professoral à la recherche de projets de cours pourrait faire augmenter le nombre et la portée nationale des partenariats communautaires.

## Conclusion

Dans l'ensemble, ce rapport éclaire les décisions futures concernant le système d'agrément en génie en décrivant le paysage actuel de la formation en génie et en déterminant les tendances qui donnent un aperçu de l'avenir de la formation en génie au Canada.

Les trois tendances que sont des cheminements plus souples et mieux évalués, une culture ouverte et inclusive et l'enseignement du génie centré sur les étudiants sont interreliées. Les changements nécessaires pour aborder l'équité, la diversité et l'inclusion devront être substantiels et tenir compte des autres tendances [5, 9]. Le fait de considérer ces changements dans leur ensemble permet de tirer parti des synergies et de s'attaquer aux obstacles disproportionnés auxquels font face les groupes marginalisés ou sous-représentés concernant l'accès aux activités axées sur les étudiants et à la formation en génie [29]. Lorsque l'on examine les changements qui s'opèrent dans la formation en génie, il est nécessaire de garder à l'esprit que « cette transformation doit commencer par un effort délibéré pour bâtir une communauté d'ingénierie inclusive et collaborative qui englobe diverses disciplines, ethnicités, races, orientations sexuelles et divers genres » [5, par. 6].

À mesure que le domaine de la recherche sur la formation en génie au Canada et dans la société continue d'évoluer et que les ingénieurs de l'avenir doivent faire face à des défis de plus en plus complexes, on s'attend à d'autres changements dans le domaine du génie [11, 12, 20]. On reconnaît que « les travaux universitaires actuels portant sur la formation en génie ne se concrétisent pas dans la salle de cours » [9, p. 13] et que les approches didactiques traditionnelles sont encore prévalentes [1, 16].

Pourtant, le changement s'installe. Les pratiques actuelles et émergentes dans la formation en génie au Canada reflètent un système d'éducation aux balbutiements d'une période importante d'accélération du changement qui est susceptible de comprendre une évolution des méthodes d'enseignement, une augmentation de la souplesse des programmes, un changement de culture vers une plus grande diversité, l'inclusion, l'équité et l'autochtonisation, ainsi qu'un développement des compétences centré sur l'étudiant, l'élargissement des partenariats et une plus grande personnalisation. Ces changements se retrouvent également à l'échelle internationale.

Les questions que le Groupe de travail sur la formation en génie, le Comité directeur et les intervenants devaient examiner sont les suivantes :

- 1) Quelles sont les pratiques actuelles et émergentes de formation en génie les plus susceptibles d'étirer la conception du système d'agrément actuel ou d'être limitées par sa conception actuelle?
- 2) Quelles sont les répercussions et quels sont les éléments à considérer?
- 3) Quels sont les éléments actuels de l'écosystème de la formation en génie qui fournissent un contexte supplémentaire pour ces tendances et ces considérations relativement à la priorité stratégique?

## **À propos des consultants : Higher Education and Beyond**

Les animateurs et chercheurs expérimentés et qualifiés de Higher Education and Beyond contribuent à une prise de décision éclairée par des données probantes, à une conception du perfectionnement professionnel, au renforcement des capacités d'évaluation, et facilitent l'échange des connaissances selon diverses optiques pour la réussite organisationnelle et la mobilisation des intervenants au sein et au-delà de l'enseignement supérieur.

# Bibliographie

- [1] N. Nelson et R. Brennan, « A snapshot of engineering education in Canada » présentation lors de la conférence de l'Association canadienne de l'éducation en génie (ACEG-CEEA), Vancouver, Colombie-Britannique, 2018.
- [2] P. Milind Khanolkar, M. Gad, J. Liao, A. Hurst et A. Olechowski, « A pilot study on the prevalence of artificial intelligence in Canadian engineering design curricula » présentation lors de la conférence de l'Association canadienne de l'éducation en génie (ACEG-CEEA), 2021.
- [3] Rbc, Office Of The Ceo, « The coming skills revolution: Humans wanted », [en ligne] Disponible à l'adresse : <https://www.rbc.com/dms/enterprise/futurelaunch/assets-custom/pdf/RBC-Future-Skills-Report-FINAL-Singles.pdf>, 2018.
- [4] A. Ndubuisi et J. Slotta, « Using global virtual teams to support a sustainability mindset in engineering education » présentation lors de la conférence de l'Association canadienne de l'éducation en génie (ACEG-CEEA), 2021.
- [5] S. Sorby, N. Fortenberry et G. Bertoline, « Stuck in 1955, Engineering Education Needs a Revolution, Issues » dans science et technology, 13 septembre 2021. [en ligne] Disponible à l'adresse : <https://Issues.Org/Engineering-Education-Change-Sorby-Fortenberry-Bertoline/> [Consulté le 1<sup>er</sup> février 2022].
- [6] N. Nelson et R. Brennan, « A comparison of the teaching practices of novice educators in engineering and other post-secondary disciplines » présentation lors de la conférence de l'Association canadienne de l'éducation en génie (ACEG-CEEA), 2020.
- [7] N. Nelson et R. Brennan, « Covid-19: A motivator for change in engineering education? » présentation lors de la conférence de l'Association canadienne de l'éducation en génie (ACEG-CEEA), 2021.
- [8] S. Mattucci, « a snapshot of the Canadian engineering education system: reflections from an emerging scholar trying to support national curriculum change » présentation lors de la conférence de l'Association canadienne de l'éducation en génie (ACEG-CEEA), 2021.
- [9] R. Graham, « The global state of the art in engineering education » Massachusetts Institute of Technology (Mit), Cambridge, Ma, 2018.
- [10] J. Seniuk Cicek, A. Steele, S. Gauthier, A. Adobe Mante, P. Wolf, M. Robinson et S. Mattucci, « Indigenizing engineering education in Canada: critically considered » *Teaching in Higher Education*, Vol. 26, No. 7-8, p. 1038 à 1059, 2021.
- [11] C. Crosthwaite, « Engineering futures 2035 engineering education programs, priorities & pedagogies » Australian Council Of Engineering Deans, 2021.
- [12] Australian Council of Engineering Deans, « Engineering futures 2035 - 2021 engineering change - The future of engineering education in Australia » Australian Council Of Engineering Deans, 2021.
- [13] J. O'heir, « Future ready with digital skills » 9 août 2021. [en ligne] Disponible à l'adresse : <https://www.asme.org/topics-resources/content/future-ready-with-digital-skills> [Consulté le 1<sup>er</sup> février 2022].
- [14] C. Crosthwaite, « Engineering Futures 2035: A Scoping Study », Australian Council of Engineering Deans. Disponible à l'adresse : [www.Aced.Edu.Au/Downloads/Engineering%20futures%202035\\_Stage%201%20report%20for%20aced\\_May\\_16\\_2019.Pdf](http://www.Aced.Edu.Au/Downloads/Engineering%20futures%202035_Stage%201%20report%20for%20aced_May_16_2019.Pdf), 2019
- [15] S. Martin, E. Lopez-Martin, A. Moreno-Pulido, Ru. Meier, et M. Castro, « A comparative analysis of worldwide trends in the use of information and communications technology in engineering education » *IEEE Access*, vol. 7, pp.113161-113170, doi: 10.1109/ACCESS.2019.2935019, 2019.
- [16] N. Nelson et R. Brennan, « Improving engineering education: Two key areas to focus our attention » présentation lors de la conférence de l'Association canadienne de l'éducation en génie (ACEG-CEEA), 2021.

- [17] N. Nelson et R. Brennan, « Covid-19: A motivator for change in engineering education? » présentation lors de la conférence de l'Association canadienne de l'éducation en génie (ACEG-CEEA), 2021.
- [18] M. Stains, J. Harshman, M. Barker, S. Chasteen, R. Cole, S. Dechenne-Peters, M. Eagan Jr., J. Essen, J. Knight, F. Laski, M. Levis-Fitzgerald, C. Lee, S. Lo, L. McDonnell, T. McKay, N. Michelotti, M. Palmer, K. Plank, T. Rodela et Sanders, « Anatomy of stem teaching in north american universities » *Science Education*, Vol. 359, No. 6383, p. 1468 à 1470, mars 2018.
- [19] M. Q. Patton, *Qualitative research & evaluation methods: Integrating theory et practice*, Saint Paul, Mn: Sage Publications Inc., 2014.
- [20] A. D. Lantada, « Engineering education 5.0: Continuously evolving engineering education\* », *International Journal Of Engineering Education*, Vol. 36, No. 6, pp. 1814-1832, 2020.
- [21] L. Zeldovich, « Universities look to re-engineer education », 2 août 2021. [en ligne] Disponible à l'adresse : <https://www.Asme.Org/Topics-Resources/Content/Universities-Look-To-Re-Engineer-Education>. [CONSULTÉ LE 1<sup>ER</sup> FÉVRIER 2022].
- [22] J. Biggs, « Enhancing teaching through constructive alignment », *Higher Education*, Vol. 32, p. 347 à 364, 1996.
- [23] J. Biggs, « Constructive alignment in university teaching », *Herdsa Review Of Higher Education*, Vol. 1, p. 5 à 22, 2014.
- [24] Engineers et Geoscientists BC, « Competency assessment », 2022. [en ligne] Disponible à l'adresse : <https://Competencyassessment.Ca/About> [Consulté le 1<sup>er</sup> février 2022].
- [25] B. Frank, S. Bailey et A. Rogers, « Implementing competency-based assessment in a first year engineering design course » présentation lors de la conférence de l'Association canadienne de l'éducation en génie (ACEG-CEEA), 2021.
- [26] N. Balakrishnan et R. Balakrishnan, « A framework to add depth, career relevance, and skills development into assessment in a 2nd year design course » présentation lors de la conférence de l'Association canadienne de l'éducation en génie (ACEG-CEEA), 2020.
- [27] S. Maw, S. Huang, D. Cree, G. Kennell, et W. James, « Lessons learned from using competency based assessment (CBA) in a first year engineering statics course » présentation lors de la conférence de l'Association canadienne de l'éducation en génie (ACEG-CEEA) Conference, 2021.
- [28] M. Leandro Cruz, G. Saunders-Smiths, et P. Groen, « Evaluation of competency methods in engineering education: A Systematic Review » *European Journal Of Engineering Education*, Vol. 45, No. 5, p. 729 à 757, 2020.
- [29] T. Adebola, B. Frank, A. Downie et H. Smith, « Breaking down barriers »: Development of an engineering technology to engineering transfer pathway in Canada » présentation lors de la conférence de l'Association canadienne de l'éducation en génie (ACEG-CEEA), 2020.
- [30] Ecampus Ontario, « Microtitres de compétences » 2022, [en ligne]. Disponible à l'adresse : <https://micro.ecampusontario.ca/fr/> [Consulté le 1<sup>er</sup> février 2022].
- [31] M. Macdonald, « Les microcertifications sont-elles l'avenir de l'enseignement supérieur? » 12 janvier 2022. [en ligne] Disponible à l'adresse : <https://www.affairesuniversitaires.ca/articles-de-fond/article/les-microcertifications-sont-elles-lavenir-de-lenseignement-superieur/> [Consulté le 1<sup>er</sup> février 2022].
- [32] D. Gogel, J. Haruo Eikenaar et P. Rajabi, « Badging for accreditation: Electronic credentialing in the undergraduate curriculum » présentation lors de la conférence de l'Association canadienne de l'éducation en génie (ACEG-CEEA), 2020.
- [33] B. Mischewski, « Micro-credentials: A model for engineering education? » Tertiary Education Commission, Wellington, Nz, 2017.

- [34] E. Attard, M. Greig, W. Neumann, F. Salustri « Integrating diversity of users' human factors into a cornerstone engineering design course » présentation lors de la conférence de l'Association canadienne de l'éducation en génie (ACEG-CEEA), 2021.
- [35] R. Naylor et N. Mifsud, « Structural inequality in higher education: Creating institutional cultures that enable all students » La Trobe University, Melbourne, Aus, 2019.
- [36] Ingénieurs Canada, « À propos de la diversité en génie » [en ligne] Disponible à l'adresse : <https://engineerscanada.ca/fr/diversite/a-propos-de-la-diversite-en-genie> [Consulté le 1<sup>er</sup> février 2022].
- [37] Engineers et Geoscientists BC, « Professional practice guidelines: equity, diversity, et inclusion (révisé) », [en ligne]. Disponible à l'adresse : <https://www.egbc.ca/app/Practice-Resources/Individual-Practice/Guidelines-Advisories/Document/01525AMWZOGZM5ITT65REIGLMV7WZTFXG6/Equity%2C%20Diversity%2C%20and%20Inclusion>, 2021.
- [38] R. Paul, L. Behjat, M. Eggermont et R. Brennan, « Learning from ecofeminism: Deconstructing the dualistic "soft" vs. "hard" nature of engineering education » présentation lors de la conférence de l'Association canadienne de l'éducation en génie (ACEG-CEEA), 2020.
- [39] R. Paul, L. Behjat et R. Brennan, « Using individual-based modeling to better understand the hidden curriculum of engineering » » présentation lors de la conférence de l'Association canadienne de l'éducation en génie (ACEG-CEEA), 2021.
- [40] L. Sax, A. Kanny, J. Jacobs, H. Whang, D. Weintraub et A. Hroch, « Understanding the changing dynamics of the gender gap in undergraduate engineering majors: 1971-2011 », *Research in Higher Education*, Vol. 57, no. 5, p. 570 à 600, 2016.
- [41] M. Wells, K. Jones et V. Davidson, « Ontario network of women in engineering case study: Indicators of success and reflections on lessons learned » *International Journal of Gender, Science, et Technology*, Vol. 11, No. 1, p. 30 à 40, 2019.
- [42] S. Davies, Q. Liu et G. Evans, « The educational trajectory of high school students to engineering programs at a comprehensive Canadian university » présentation lors de la conférence de l'Association canadienne de l'éducation en génie (ACEG-CEEA), 2020.
- [43] Blue Gold Podcast, *Episode 16; Equity, diversity & inclusion in applied science*. [Enregistrement audio]. Université de la Colombie-Britannique, 2021.
- [44] M. Quayle, « Ubc-Vancouver tenure track faculty survey on the effects of Covid-19: Tenure track faculty race analysis » University Of British Columbia Board Of Governors, 2021.
- [45] S. Mutch, M. Borland et K. Mercer, « Engineering, Patriarchy, et The Pluriverse: What World Of Many Worlds Do We Design? What Worlds Do We Teach? » présentation lors de la conférence de l'Association canadienne de l'éducation en génie (ACEG-CEEA) du 20 au 23 juin Pei, 2021.
- [46] S. Charles, « Indigenization of Engineering » 29 octobre 2020, [en ligne]. Disponible à l'adresse : <https://Engineering.Ok.Ubc.Ca/2020/10/29/Indigenizing-Of-Engineering/> [Consulté le 1<sup>er</sup> février 2022].
- [47] Nations Unies, « Déclaration des Nations Unies sur les droits des peuples autochtones », résolution adoptée par l'assemblée générale le 13 septembre 2007, [en ligne] Disponible à l'adresse: [https://www.un.org/development/desa/indigenouspeoples/wp-content/uploads/sites/19/2018/11/UNDRIP\\_F\\_web.pdf](https://www.un.org/development/desa/indigenouspeoples/wp-content/uploads/sites/19/2018/11/UNDRIP_F_web.pdf)
- [48] A. Gaudry et D. Lorenz, « Indigenization as inclusion, reconciliation, and decolonization: Navigating the different visions for indigenizing the Canadian aca..demy », *Alternative: An International Journal Of Indigenous Peoples*, Vol. 14, No. 3, p. 218 à 227, 2018.
- [49] J. Seniuk Cicek, A. Steele, D. Burgart, P. Rogalski, S. Gauthier, S. Mattucci, J. Bazylak, A. Mante, M. Robinson, R. Herrmann et S. Staub-French, « Indigenous initiatives in engineering education in Canada: Collective

- contributions » présentation lors de la conférence de l'*Association canadienne de l'éducation en génie (ACEG-CEEA)*, 2020.
- [50] Actua, « Indigenous land-based STEM education: Discussion paper, », [en ligne]. Disponible à l'adresse : <https://www.actua.ca/wp-content/uploads/2021/06/Indigenous-Land-Based-STEM-Education-Discussion-Paper-Actua-Canada.pdf>, 2021.
- [51] OMS. « Santé mentale : renforcer notre action », [en ligne]. Disponible à l'adresse: <https://www.who.int/fr/news-room/fact-sheets/detail/mental-health-strengthening-our-response>, 2018.
- [52] Q. A. Golsteyn, et P. M. Ostafichuk, « Assessing and tracking the factors influencing student wellbeing in first-year engineering » présentation lors de la conférence de l'*Association canadienne de l'éducation en génie (ACEG-CEEA)*, 2020.
- [53] E-Core, « Student Experience - Supporting Student Mental Health in the Virtual Classroom », ressource de l'ACEG-CEEA [en ligne]. Disponible à l'adresse: [https://ceea.ca/wp-content/uploads/2020/09/EC\\_Supporting\\_Student\\_Mental\\_Health\\_in\\_Virtual\\_Classroom.pdf](https://ceea.ca/wp-content/uploads/2020/09/EC_Supporting_Student_Mental_Health_in_Virtual_Classroom.pdf)
- [54] J. L. Hess, S. A. Brownell, et A.T. Dale, « The Wicked Problems in Sustainable Engineering (WPSE) Initiative: Pilot Results of a Cross-Institutional Project-Based Course Offering », présentation lors de la conférence et exposition annuelle de l'American Society for Engineering Education (ASEE), 2014. Disponible à l'adresse: <https://peer.asee.org/the-wicked-problems-in-sustainable-engineering-wpse-initiative-pilot-results-of-a-cross-institutional-project-based-course-offering.pdf>
- [55] A. Ndubuisi et J. Slotta, « Using global virtual teams to support a sustainability mindset in engineering education » présentation lors de la conférence de l'*Association canadienne de l'éducation en génie (ACEG-CEEA)*, 2021.
- [56] F. Fayyaz, « Analysis of how capstone teams define engineering design failure », présentation lors de la conférence de l'*Association canadienne de l'éducation en génie (ACEG-CEEA)*, 2021.
- [57] D. Beneteau, K. Chovan et S. Gauthier, « Practical integration of sustainability into engineering », présentation lors de la conférence de l'*Association canadienne de l'éducation en génie (ACEG-CEEA)*, 2021.
- [58] R. Paul, G. Ayers, J. Bergerson, K. Black, T. Brucker, C. Dawoud, M. Eggermont, A. Knight, S. Mccoy, E. Rangelova et D. Wood, « New sustainable systems engineering program proposal – mindset and development », présentation lors de la conférence de l'*Association canadienne de l'éducation en génie (ACEG-CEEA)*, 2021.
- [59] Ingénieurs Canada, « Report on the 2020 consultation of the Engineering Design Task Force », [en ligne]. Disponible à l'adresse : [https://engineerscanada.ca/sites/default/files/2021-06/CEAB%20Engineering%20design%20consultation%20report\\_Final.pdf](https://engineerscanada.ca/sites/default/files/2021-06/CEAB%20Engineering%20design%20consultation%20report_Final.pdf), 2020.
- [60] J. Seniuk Cicek, M. Friesen, D. Mann, N. Balakrishnan, R. Bezerra Rodrigues et J. Paul, « The graduate specialization in engineering education », présentation lors de la conférence de l'*Association canadienne de l'éducation en génie (ACEG-CEEA)*, 2021.
- [61] P. Ostafichuk, J. Abello, N. Atabaki, A. D'entremont, J. Mikkelsen, V. Prodanovic et T. Teslenko, « A pilot project to measure teaching faculty educational leadership contributions », présentation lors de la conférence de l'*Association canadienne de l'éducation en génie (ACEG-CEEA)*, 2021.
- [62] A. Parker, N. Dyck et J. Carey, « Tipsheets for teaching graduate attributes in an online environment: Faculty support that is accessible, Current, Relevant, and Tangible », présentation lors de la conférence de l'*Association canadienne de l'éducation en génie (ACEG-CEEA)*, 2021.
- [63] N. Nelson et R. Brennan, « Covid-19: A motivator for change in engineering education? », présentation lors de la conférence de l'*Association canadienne de l'éducation en génie (ACEG-CEEA)*, 2021.

- [64] A. M. Parker, N. Dyck, R. S. Fuhrer et J. Carey, « Co-op student involvement in the advancement of a faculty's safety education and culture: A Large-scale project of video creation for laboratory courses », présentation lors de la conférence de l'Association canadienne de l'éducation en génie (ACEG-CEEA), 2020.
- [65] H. Ali et J. Harris, « Transformation of employability skills through Co-op experiences », présentation lors de la conférence de l'Association canadienne de l'éducation en génie (ACEG-CEEA), 2021.
- [66] D. Torvi, « Non-medical masks: Opportunities for standards education and online design projects », présentation lors de la conférence de l'Association canadienne de l'éducation en génie (ACEG-CEEA), 2021.
- [67] S. O'Brien, « Hands-on engineering laboratories at home in an online learning course », présentation lors de la conférence de l'Association canadienne de l'éducation en génie (ACEG-CEEA), 2021.
- [68] University Of Waterloo Center for Teaching Excellence, « Gamification and game-based learning », [en ligne]. Disponible à l'adresse : <https://uwaterloo.ca/centre-for-teaching-excellence/teaching-resources/teaching-tips/educational-technologies/all/gamification-and-game-based-learning> [Consulté le 1<sup>er</sup> février 2022].
- [69] M. Robinson et S. Minshull, « Six degrees of chem & bacon », présentation lors de la conférence de l'Association canadienne de l'éducation en génie (ACEG-CEEA), 2020.
- [70] J. Miller-Young, S. Beck et M. Jamieson, « Gamifying and evaluating first-year design: Development of a questionnaire to assess student experience and motivation in a large, Online Course », présentation lors de la conférence de l'Association canadienne de l'éducation en génie (ACEG-CEEA), 2021.
- [71] C. Whittaker et E. Charles, « Flipping out – reflections on ten years of development, innovation and design in technology-rich collaborative learning spaces and active learning pedagogical capacity building », présentation lors de la conférence de l'Association canadienne de l'éducation en génie (ACEG-CEEA), 2020.
- [72] K. Dornian, R. Paul, S. Afkhami Goli, I. Rontu et M. Moshirpour, « Students' perception of a term project with respect to technical concepts understanding, creative thinking and interest in programming in a large, flipped delivery introductory programming course – A case study », présentation lors de la conférence de l'Association canadienne de l'éducation en génie (ACEG-CEEA), 2020.
- [73] W. Schell, B. Hughes, J. Donald, T. Goldfinch, A. Kadi, E. Moore, D. Reeve, C. Rottman et P. Sheridan, « Leadership transcending borders: Building bridges to integrate technical and professional knowledge », présentation lors de la conférence de l'Association canadienne de l'éducation en génie (ACEG-CEEA), 2020.
- [74] Y. Jazayeri, R. Paul, L. Behjat et M. Potter, « Learning from the integrated curriculum approach: Student reflections during and after their experience », présentation lors de la conférence de l'Association canadienne de l'éducation en génie (ACEG-CEEA), 2020.
- [75] C. Picard, C. Hardebolle, R. Tormey et J. Schiffmann, « Which professional skills do students learn in engineering team-based projects? », *European Journal Of Engineering Education*, Vol. Doi: 10.1080/03043797.2021.1920890, 2021.
- [76] C. Winberg, M. Bramhall, D. Greenfield, P. Johnson, P. Rowlett et O. Lewis, « Developing employability in engineering education: a systematic review of the literature », *European Journal Of Engineering Education*, Vol. 45, No. 2, pp. 165-180, 2018.
- [77] R. Paul, D. Dedemus, M. Boyce et K. Johnston, « The 'Engineers Have Feelings' Project: Integrating mental wellness and lifelong learning skills in first-year undergraduate engineering courses », présentation lors de la conférence de l'Association canadienne de l'éducation en génie (ACEG-CEEA), 2020.
- [78] R. Balakrishnan, J. Seniuk Cicek, P. Mani et D. Mann, « Lego serious play and the graduate attributes », présentation lors de la conférence de l'Association canadienne de l'éducation en génie (ACEG-CEEA), 2020.
- [79] J. Usprech et G. Lam, « Self-awareness et empathy as tools to mitigate conflict, promote wellness, and enhance performance in a third-year engineering design course », présentation lors de la conférence de l'Association canadienne de l'éducation en génie (ACEG-CEEA), 2020.

- [80] J. Howcroft, K. Mercer et J. Boger, « Developing ethical engineers with empathy », présentation lors de la conférence de l'Association canadienne de l'éducation en génie (ACEG-CEEA), 2021.
- [81] K. M. Youngblood, N. Sochacka, J. Walther et S. E. Miller, « How mental models impact students' engagement with empathic communication exercises », présentation lors de la conférence de l'AEE2019, Brisbane, Australia, 2019.
- [82] J. Walther et N. W. Sochacka, « A Model of empathy in engineering as a core skill, practice orientation, and professional way of being », *Journal Of Engineering Education*, Vol. 106, no. 1, p. 123 à 148, 2017.
- [83] J. Walther, M. A. Brewer, N. W. Sochacka et S. E. Miller, « Empathy and engineering formation », *Journal Of Engineering Education*, Vol. 109, no. 1, p. 11 à 33, 2019.
- [84] N. Sochacka, D. Delaine, T. Shepard et W. Joachim, « Empathy instruction through the propagation paradigm: a synthesis of developer and adopter accounts », *Advances In Engineering Education, American Society For Engineering Education*, 2021.
- [85] Carleton University Teaching et Learning Services, « High impact practices: Experiential learning », 9 août 2018. [en ligne] Disponible à l'adresse : <https://carleton.ca/tls/teachingresources/high-impact-practices/experiential-learning/> [Consulté le 1<sup>er</sup> février 2022].
- [86] D. Kolb, *Experiential learning: Experience as the source of learning and development*, Englewood Cliffs, N.J.: Prentice-Hall, 1984.
- [87] M. Eggermont et R. Paul, « Developing holistic engineering competencies in a bio-inspired design course », présentation lors de la conférence de l'Association canadienne de l'éducation en génie (ACEG-CEEA), 2020.
- [88] F. Firmani et K. Oldknow, « Modelling and simulation of sustainable systems: an engineering design course project », présentation lors de la conférence de l'Association canadienne de l'éducation en génie (ACEG-CEEA), 2021.
- [89] L. Osgood et N. Bressan, « Integrating learning objectives in a multi-semester sustainable conservation design project for first-year students during a pandemic », présentation lors de la conférence de l'Association canadienne de l'éducation en génie (ACEG-CEEA), <http://doi.org/10.24908/pceea.vi0.14886>, 2021.
- [90] S. Riley et G. McCabe, « Enabling staff-student co-creation of experiential learning at scale », *Times Higher Education Campus*, 20 juillet 2021, [en ligne]. Disponible à l'adresse : <https://www.timeshighereducation.com/campus/enabling-staffstudent-cocreation-experiential-learning-scale>. [Consulté le 1<sup>er</sup> février 2022].
- [91] McMaster Faculty of Engineering, Department Of Chemical Engineering, « Problem-Based Learning », 2022. [en ligne]. Disponible à l'adresse : <https://www.eng.mcmaster.ca/chemeng/problem-based-learning-pbl> [Consulté le 1<sup>er</sup> février 2022].
- [92] J. E. Mills et D. Treagust, « Engineering education, is problem-based or project-based learning the answer », *Australasian Journal of Engineering*, VOL. 3, 2003.
- [93] R. Vaez Ghaemi et G. Potvin, « Students' perspective: Does problem-based learning increase ownership of one's education? », dans la conférence de l'Association canadienne de l'éducation en génie (ACEG-CEEA), 2020.
- [94] A. Milne, R. Fraser, J. Baleshta et M. Collins, « Pivot for the pandemic: Comparison of toy et science demo design projects in a first year mechanical engineering course », présentation lors de la conférence de l'Association canadienne de l'éducation en génie (ACEG-CEEA), 2021.

# Annexes

Annexe 1 : Liste des participants à l'atelier sur la formation en génie au Canada

Annexe 2 : Codage des présentations à la conférence de l'ACEG-CEEA et des rapports (Excel) avec quatre onglets : 2a. Liste des sujets répertoriés dans les présentations de l'ACEG-CEEA, les rapports et les sources de l'atelier; 2b. Codage des présentations aux conférences de 2020 et 2021 de l'ACEG-CEEA; 2c. Rapports et déclarations sur l'avenir de la formation en génie; 2d. Critères de codage