



# Rapport du Groupe de travail sur la conception en ingénierie

Les questions concernant le contenu du présent rapport doivent être envoyées à :

[mya.warken@engineerscanada.ca](mailto:mya.warken@engineerscanada.ca)

## Résumé

---

Le Groupe de travail sur la conception en ingénierie, créé à l'hiver 2018 après une étape initiale de consultation, propose que les deux motions suivantes fassent l'objet d'un vote au Bureau d'agrément. À noter qu'avant de proposer les motions, nous demandons la tenue d'une période de consultation auprès des membres du Bureau d'agrément, des membres du Bureau des conditions d'admission et des diverses parties prenantes intéressées énumérées dans le présent document. Nous prévoyons une période de consultation de trois mois.

## Motion 1 : Adopter le texte suivant en tant que révision de la définition de la conception en ingénierie.

---

**Remplacement proposé du texte existant définissant la qualité requise des diplômés 4 (Conception) et la norme 3.4.4.3 sur la conception en ingénierie dans le document Normes et procédures d'agrément :**

### Définition de la conception en ingénierie

- pour utilisation uniforme dans l'évaluation de la norme 3.1 (et des sous-normes connexes) et de la norme 3.4.4.3
- pour remplacer la formulation de la définition de la qualité requise des diplômés 4 : Conception
- pour remplacer la formulation de la norme 3.4.4.3

*Norme 3.4.4.3 La conception en ingénierie est un processus consistant à prendre des décisions éclairées, réfléchies et créatives pour concevoir un produit, un système, un composant ou un procédé devant répondre à des besoins spécifiés. Il s'agit d'une activité évolutive et générative, souvent itérative et multidisciplinaire, dans laquelle les sciences naturelles, les mathématiques et les sciences du génie sont intégrées dans des solutions répondant à des objectifs définis, dans le respect des exigences et des contraintes établies. En règle générale, ces contraintes sont liées à des facteurs comme l'économie, la santé, la sécurité, l'environnement, la société, la culture et la réglementation.*

### Justification

Après consultation et discussion lors d'un atelier tenu à Québec en septembre 2018 (auquel participaient le Bureau d'agrément, Ingénieurs Canada, le CCDISA et des représentants d'établissements d'enseignement supérieur) et un sommet tenu à Ottawa en février 2019 (regroupant les titulaires des chaires de conception en ingénierie du Conseil de recherches en

sciences naturelles et en génie (CRSNG), des représentants d'EES et le Bureau d'agrément) et de multiples téléconférences de ses membres, le Groupe de travail en est arrivé aux conclusions suivantes :

- Nos normes relatives aux intrants (unités d'agrément) et aux résultats (qualités requises des diplômés) ne contiennent pas de définition uniforme de la conception en ingénierie.
- Les définitions existantes ne saisissent pas l'esprit des pratiques optimales de conception en ingénierie ou de formation à la conception en ingénierie.
- Les experts du secteur industriel et du milieu universitaire sont généralement d'accord avec l'idée que la conception réside dans la formulation ou le contexte du problème à résoudre.
- Il est reconnu que les expériences de conception sont généralement bien abordées et cernées dans les activités de niveau initiation (c.-à-d. en première année) et dans les projets de fin d'études. Ces projets se voient habituellement attribuer la plus grande valeur dans la chaîne ou séquence de conception, bien que l'ensemble de la chaîne ait une importance égale.
- Inversement, les activités de conception de niveau intermédiaire (habituellement au cours des deuxième et troisième années du programme) ne sont généralement pas abordées de façon optimale ou efficace.
- Ces expériences de niveau intermédiaire visent généralement l'acquisition de compétences parallèlement au travail de conception. Le traitement approprié de ces deux aspects est essentiel à l'acquisition de compétences en conception de haute qualité.
- La cohérence et l'exactitude de la définition aideront les EES, le Bureau d'agrément, les présidents d'équipes et les visiteurs de programmes à identifier la conception en ingénierie à l'intérieur d'un programme de façon efficace et fiable, et avec une plus grande répétabilité parmi les équipes et les établissements.
- Il est important que les concepts, les définitions et les interprétations exposés ici soient soumis pour consultation et commentaires à nos groupes de parties prenantes, en particulier le groupe des titulaires de chaires de conception en ingénierie du CRSNG et le Bureau des conditions d'admission. Cette consultation devrait être effectuée avant l'acceptation et la diffusion de ces éléments en tant que politique du Bureau d'agrément.
- Dans le passé, on avait tendance à se concentrer sur les projets de fin d'études et à les valoriser plus que toutes les autres activités. L'étalement des activités de conception tout au long des programmes devrait être encouragé.

## Motion 2 : Adopter le texte suivant en tant qu'énoncé d'interprétation sur la conception en ingénierie

---

**Proposition d'inclure le texte suivant en tant qu'énoncé d'interprétation qui figurerait en annexe du document Normes et procédures d'agrément :**

### Énoncé d'interprétation sur la conception en ingénierie

Il est reconnu que le processus, les habiletés et les compétences associés à la conception font partie intégrante des habiletés propres au génie et que l'activité de conception est au cœur de l'exercice du génie. Un des aspects importants d'une bonne formation en conception en ingénierie consiste à inculquer une attitude d'exploration créative d'un éventail d'approches à des problèmes énoncés comme des exercices de prise de décision ouverts, complexes et itératifs utilisant des habiletés et des connaissances bien maîtrisées.

La formation à la conception vise à développer des étudiants qui abordent le processus de conception dans le but d'explorer une gamme de possibilités afin d'atteindre les objectifs définis dans les problèmes présentés. Les ingénieurs-concepteurs tiennent compte des ensembles de contraintes, des outils d'ingénierie et scientifiques qui peuvent entrer en jeu, et des exigences à satisfaire pour en arriver à des solutions. Ils évaluent ces solutions du point de vue de leur capacité à satisfaire aux objectifs et aussi, ce qui est tout aussi important, en fonction de facteurs sociétaux, économiques, ergonomiques et réglementaires, selon le cas.

### Ce que la conception en ingénierie n'est pas

Afin d'aider les EES et les visiteurs de programmes à évaluer systématiquement la présence de conception en ingénierie, un énoncé des limites ou des aspects qui devraient être exclus de l'activité de conception peut être utile. La conception en ingénierie n'est pas abordée efficacement si les caractéristiques suivantes sont présentes :

- Des solutions immédiates ou claires
- Une seule bonne réponse
- Des solutions se rapportant directement à la spécification ou au dimensionnement de composants.

À noter que le dernier point relatif à la spécification et au dimensionnement de composants illustre une caractéristique clé qui distingue la conception. Si le problème à résoudre consiste à déterminer comment accomplir une tâche en explorant les façons d'atteindre les objectifs dans le respect de certaines contraintes, alors le développement et l'évaluation d'une solution peuvent être considérés comme étant de la conception. Par contre, si le problème est plutôt formulé comme le choix d'une taille ou d'un composant particulier pour accomplir une tâche, alors l'aspect conception est considérablement réduit. Les problèmes de spécification et de dimensionnement basés sur des tables standard et des produits préfabriqués) peuvent être

considérés comme relevant davantage de l'analyse que de la conception.

### Ce qu'est la conception en ingénierie

Inversement, la conception en ingénierie efficace fait appel à une variété d'habiletés se rapportant à l'activité de conception et peut aussi faire intervenir des habiletés propres à une discipline technique ou à de multiples disciplines, selon les besoins. Bien que les praticiens utilisent diverses approches de conception qui s'appliquent aux problèmes relevant de leur domaine, certaines caractéristiques importantes d'une conception appropriée comprennent les suivantes :

- développement ou stimulation de la créativité
- inclusion de problèmes ouverts
- élaboration et utilisation de théories et de méthodes de conception modernes
- détermination des besoins ou de la portée
- prise en compte de contraintes telles que :
  - facteurs économiques
  - santé et sécurité
  - conformité réglementaire
  - fiabilité
  - esthétique
  - durabilité
  - facteurs environnementaux
  - éthique
  - impacts sociétaux
- formulation d'énoncés et de spécifications de problèmes
- prise en compte de solutions de rechange et prise de décision
- analyse de faisabilité
- processus de production, de fabrication ou de mise en œuvre
- description et documentation détaillées de systèmes
- essais, prototypage, modélisation et validation

La conception en ingénierie devrait idéalement être un aspect culminant de l'intégration d'un programme et devrait démontrer les liens entre les habiletés et connaissances techniques présentées dans les programmes. Ainsi, la formation appropriée à la conception en ingénierie s'insère dans les programmes comme un fil conducteur. La conception devrait être abordée durant chaque année d'un programme à un niveau correspondant aux capacités de l'apprenant. En général, les occasions de travail d'équipe et l'utilisation des habiletés en communication feront partie des activités de conception. L'acquisition de la qualité requise « Conception » peut être mesurée par la capacité d'un programme à former des étudiants qui démontrent les qualités associées à un ingénieur-concepteur efficace. Ces qualités se rapportent à la compétence dans les aspects et les habiletés décrits comme faisant partie des grandes caractéristiques de la conception.

Les éléments clés du processus de conception englobent généralement les suivants :

- établissement des besoins et description de la portée
- définition des objectifs et des critères, comprenant les buts, les contraintes et les ressources disponibles
- synthèse, comprenant l'évaluation des solutions de rechange et la description des outils et techniques
- analyse
- exécution, comprenant le calcul, le prototypage, la modélisation et/ou la construction
- validation et essais, comprenant l'acceptation, la mise en œuvre et l'évaluation
- production de rapports, comprenant la description des méthodes et processus appliqués à l'activité de conception, les recommandations, et l'énoncé des limites et contraintes.

À toutes les étapes d'un programme d'études, du niveau introduction au niveau avancé, en passant par le niveau intermédiaire, la conception devrait suivre ce processus défini ou une variante appropriée. À mesure que le concepteur gagne en compétence, la complexité du problème, l'efficacité de la solution et la sophistication des outils appliqués au problème augmenteront. On s'attend à ce que les étudiants en viennent à mesurer l'adéquation d'une conception dans le contexte du problème à solutionner. Ils peuvent y parvenir en considérant les enjeux technologiques et économiques, en plus de démontrer leur capacité à comprendre le niveau de complexité convenant à la situation du problème. Ce genre de raffinement dans l'évaluation d'une conception devrait évoluer à mesure que les activités d'apprentissage progressent de la première à la dernière année.

### Descriptions de la conception en ingénierie

Afin de cerner de façon systématique la présence de conception en ingénierie dans un programme, nous présentons les descriptions suivantes pour définir les types d'activités et les résultats subséquents qui sont appropriés pour les exercices de conception courants. La conception en ingénierie peut être considérée comme revêtant quatre niveaux. Elle peut exister à n'importe lequel de ces niveaux, mais le niveau final n'est pas courant ou attendu dans le cadre d'un programme d'études en génie. À mesure que l'étudiant progresse dans son programme de génie, les expériences de conception s'étendront à des problèmes ouverts et plus complexes, de sorte qu'à la fin de sa formation, il aura été exposé à un éventail d'expériences de conception et sera en mesure d'employer des outils et des ressources toujours plus raffinés pour arriver à des solutions. C'est à travers cette exposition que l'étudiant en vient à reconnaître la valeur de la conception à des niveaux appropriés à ses capacités, ses habiletés et sa compréhension. L'étudiant sera alors capable de juger ses propres conceptions et celles qui lui sont présentées et de les évaluer en fonction de leur validité, de leur faisabilité, de leurs aspects économiques et de leur utilité.

Niveaux de conception :

1. Introduction, où la conception suit souvent une approche algorithmique. Des normes et des règles établies sont appliquées. Bien que différentes techniques puissent être utilisées et que des solutions de rechange puissent être trouvées, celles-ci convergent généralement vers le même résultat final. À ce niveau, les étudiants apprennent à cerner les caractéristiques de la conception à mesure qu'ils apprennent à les utiliser dans le contexte et à un niveau correspondant à leurs connaissances et leurs habiletés. Le processus de conception devrait être clairement défini et compris.
2. Développement, où les problèmes sont clairement définis, mais où il est possible de trouver des solutions différentes, souvent en suivant divers parcours vers la résolution ou la gestion de l'ensemble d'objectifs. À ce niveau, on trouve généralement à la fin de l'exercice de conception un petit ensemble de solutions ayant des caractéristiques semblables. Le traitement des contraintes et des objectifs suit généralement une approche utilisant des méthodes bien établies et un processus clair.
3. Complexité, où un cheminement clair vers une solution n'est généralement pas apparent. Ce niveau exige souvent de conjuguer des méthodes différentes pour gérer des objectifs conflictuels, la prise de décision et les contraintes afin d'arriver à des solutions nouvelles et imprévues.
4. Originalité, caractérisée par des approches à un niveau de paradigmes considérablement nouveaux dans les problèmes, où les ingénieurs doivent souvent aller au-delà des normes ou des codes établis, ou travailler dans des domaines où des codes n'ont pas encore été prescrits. De tels problèmes peuvent comporter des concepts radicalement novateurs qui sont développés au cours des étapes menant à la solution finale. Aussi, à ce niveau, les solutions peuvent comporter une combinaison d'objectifs disparates. À ce niveau, les approches de conception peuvent toucher de nouveaux domaines où les méthodes existantes n'ont pas été développées. (Tel qu'indiqué ci-dessus, on ne s'attend normalement pas à ce que les étudiants possèdent les habiletés ni la compréhension nécessaires pour travailler à ce niveau dans le cadre d'un programme de premier cycle, à moins que la discipline traite de domaines où des codes et des normes ne sont pas immédiatement définissables.)

Il est reconnu que les expériences de conception sont généralement bien abordées et saisies dans les activités de niveau introduction (durant la première année) et les projets de fin d'études. Cependant, on accorde habituellement aux projets finaux la plus grande valeur dans la chaîne ou séquence de conception. Il est important de valoriser également l'entièreté de la chaîne pour donner aux étudiants un aperçu plus complet de la conception. Les activités de conception de niveau intermédiaire (habituellement durant les deuxième et troisième années du programme) ne sont généralement pas abordées de façon optimale ou efficace. Ces expériences

de niveau intermédiaire visent généralement le développement des habiletés en parallèle avec le travail de conception. Le traitement approprié de ces deux aspects est essentiel à l'acquisition d'habiletés en conception de haute qualité.

Lors de l'évaluation de la conception, les visiteurs de programmes doivent considérer comment, en termes d'étendue et de qualité, chaque niveau de conception est présenté aux étudiants. Ils doivent aussi évaluer comment ces expériences s'additionnent pour procurer une compréhension globale de la conception dans le contexte de la discipline et de la création, du développement et de la construction de dispositifs, systèmes, processus et méthodes à la fois dans le cadre du domaine et d'exemples interdisciplinaires.

### Exemple à l'appui

Pour illustrer les concepts de la conception en ingénierie et donner un exemple précis, considérons le problème consistant à faire monter de l'eau en sommet d'une colline et à lui faire traverser une plaine. Le problème pourrait être présenté aux étudiants comme suit :

*Quelle taille de pompe faut-il pour déplacer le fluide à un débit prescrit?*

Il s'agirait alors d'un problème type de dimensionnement ou de sélection comportant une seule réponse ou un petit ensemble de réponses possibles. Le problème pourrait aussi être formulé comme suit :

*Notre objectif est de déplacer le fluide du point de départ à sa destination finale. La quantité de fluide à déplacer est indiquée, ainsi que le délai souhaité pour l'exécution de la tâche. Les facteurs à prendre en compte pour trouver la solution comprennent, notamment, la canalisation l'élévation, la distance, la vitesse d'écoulement, etc. Quelles solutions potentielles pourraient être viables? Quelle est la solution finalement retenue et pourquoi?*

Dans cet énoncé du problème, l'approche et les techniques à utiliser pour trouver les solutions ne sont pas prescrites et, de plus, les étudiants sont invités à explorer diverses options. Cette approche est plus indicative d'une expérience de conception en ingénierie. Les détails propres à l'application varieront selon le niveau du concepteur – de concepteur débutant (au début du programme) à concepteur compétent (près de la fin du programme), et les attentes en matière de sophistication devraient être proportionnelles. De même, la complexité d'objectifs distincts peut être accrue en fonction de l'augmentation du niveau de compétence du concepteur. Par exemple, les facteurs économiques, environnementaux et autres peuvent entrer en jeu aux niveaux appropriés.



## Justification

Un énoncé d'interprétation améliorera l'uniformité de l'évaluation de la présence de conception en ingénierie dans un programme.

En outre, l'énoncé d'interprétation fournira aux EES des orientations sur la façon d'intégrer, de réviser, d'améliorer et de modifier leur contenu de conception en ingénierie.