

**DÉMYSTIFIER L'INGÉNIERIE : UNE EXPLORATION DES REPRÉSENTATIONS SOCIALES DE
L'INGÉNIERIE CHEZ LE PERSONNEL ENSEIGNANT DE SCIENCES ET DE MATHÉMATIQUES DANS
DES ÉCOLES SECONDAIRES DE LANGUE FRANÇAISE EN ONTARIO**

JANELLE FOURNIER

Thèse soumise à l'Université d'Ottawa
dans le cadre des exigences du programme de
Doctorat en éducation

Faculté d'éducation
Université d'Ottawa

© Janelle Fournier, Ottawa, Canada, 2025

Table des matières

Liste des tableaux	viii
Liste des figures	x
Liste des acronymes et des sigles	xii
Dédicace	xiii
Remerciements	xiv
Style de rédaction de la thèse	xix
Résumé	xx
Avant-propos	xxi
Introduction	1
Chapitre 1 – Contexte et problématique de la recherche	3
1.1. Contexte de la recherche	3
1.2. Problématique de la recherche	4
1.3. Définition de termes	6
1.4. Résumé du chapitre	7
Chapitre 2 – Recension des écrits	8
2.1. Comprendre les STIM	8
2.1.1. Définition de l'enseignement des STIM	9
2.1.2. Enseignement des STIM en contexte minoritaire francophone	10
2.1.3. Approches pédagogiques dans le domaine des STIM	11
2.2. Définition de l'ingénierie et son rôle au sein de la société	16
2.3. Enseignement de l'ingénierie	17
2.3.1. Enseignement de l'ingénierie dans les écoles secondaires de l'Ontario	18
2.3.2. Nécessité de l'enseignement de l'ingénierie	19
2.3.3. Enseignement de l'ingénierie dans les programmes de formation à l'enseignement	34
2.4. Représentations sociales de l'ingénierie	36
2.4.1. Représentations du public	36
2.4.2. Représentations des élèves	37
2.4.3. Représentations du personnel enseignant	38
2.4.4. Effets des représentations de l'ingénierie par le personnel enseignant sur les élèves	39
2.5. Rôle du personnel enseignant	41
2.5.1. Rôle du personnel enseignant dans la réussite scolaire	41
2.5.2. Rôle du personnel enseignant dans le choix de carrière	43
2.6. Diversité, genre et accès en ingénierie	44

2.6.1. Évolution du nombre de personnes étudiantes en ingénierie au Canada	45
2.6.2. Efforts de recrutement pour promouvoir la participation des femmes en ingénierie	55
2.6.3. Diversité des genres dans les professions de l'ingénierie	57
2.6.4. Facteurs contribuant au départ des femmes de la profession d'ingénierie	59
2.7. Lacunes dans la littérature	60
2.8. Résumé du chapitre	60
Chapitre 3 – Cadre conceptuel de la recherche	62
3.1. Théorie des représentations sociales	62
3.1.1. Concept des représentations sociales	62
3.1.2. Construction des représentations sociales	64
3.1.3. Personnel enseignant et les représentations sociales	68
3.1.4. Influence des variables démographiques sur les représentations sociales	69
3.1.5. Éléments théoriques retenus dans la présente étude	69
3.2. Disposition du personnel enseignant à entreprendre un enseignement de l'ingénierie	69
3.3. Cadre conceptuel pour l'enseignement intégré des STIM	71
3.3.1. Éléments importants du cadre	72
3.3.2. Des cadres conceptuels actuels	76
3.3.3. Modèle proposé pour l'enseignement intégré des STIM	77
3.4. Objectif de la recherche	80
3.5. Pertinence de la recherche	81
3.6. But et questions de recherche	84
3.7. Résumé du chapitre	84
Chapitre 4 – Méthodologie de la recherche	86
4.1. Posture épistémologique et paradigme de recherche	86
4.1. Déontologie et éthique de recherche	87
4.2. Type de recherche	88
4.3. Échantillonnage	88
4.3.1. Recrutement des personnes participantes	89
4.3.2. Profil des personnes participantes	90
4.4. Procédures et instrumentation de la collecte de données	92
4.4.1. Draw An Engineer Test	95
4.4.2. Entretiens semi-dirigés	97
4.5. Analyse des données	99
4.5.1. Analyse de contenu des dessins	100

4.5.2. Analyse du contenu des entretiens individuels	105
4.6. Critères de rigueur scientifique.....	106
4.6.1. Crédibilité	107
4.6.2. Transférabilité	107
4.6.3. Fiabilité.....	108
4.6.4. Confirmabilité	108
4.7. Résumé du chapitre	108
Chapitre 5 – Analyse et interprétation des représentations de l'ingénierie et des personnes œuvrant en ingénierie.....	110
5.1. Représentation visuelle de personnes en ingénierie	110
5.1.1. Activités faites par les personnes en ingénierie	110
5.1.2. Lieu de travail des personnes en ingénierie.....	114
5.1.3. Âge des personnes en ingénierie	115
5.1.4. Genre des personnes en ingénierie	116
5.1.5. Dessins de personnes connues en ingénierie	118
5.1.6. Interprétation du DAET	119
5.2. Définir l'ingénierie	131
5.2.1. Différences démographiques dans la définition de l'ingénierie	134
5.2.2. Interprétation de la définition de l'ingénierie.....	136
5.2.3. Comparaison entre les dessins et les définitions de l'ingénierie	139
5.3. Rôle de l'ingénierie dans la société.....	141
5.3.1. Différences démographiques dans les représentations du rôle de l'ingénierie	143
5.3.2. Interprétation de l'impact de l'ingénierie sur la société	146
5.4. Personnes qui devraient étudier en ingénierie.....	147
5.4.1. Différences démographiques de l'orientation vers l'ingénierie	149
5.4.2. Interprétation sur qui devrait se lancer en ingénierie	151
5.5. Compétences et habiletés des personnes en ingénierie	154
5.5.1. Différences démographiques sur les compétences et habiletés en ingénierie	158
5.5.2. Interprétation des compétences et habiletés nécessaires pour l'ingénierie	161
5.6. Le processus de design.....	163
5.6.1. Différences démographiques sur les connaissances du processus de design	166
5.6.2. Interprétation des résultats du processus de design	167
5.7. Compréhension de l'ingénierie selon les personnes participantes	170
5.7.1. Différences démographiques dans la compréhension de l'ingénierie	172

5.7.2. Interprétation des résultats sur la compréhension de l'ingénierie	174
5.8. Résumé du chapitre	176
Chapitre 6 – Analyse et interprétation des représentations de l'ingénierie en salle de classe	181
6.1. Les activités de conception et de construction	181
6.1.1. Différences démographiques des activités de conception et de construction.....	184
6.1.2. Interprétation des résultats liés à des activités de conception et de construction	186
6.2. Intégration de l'ingénierie	188
6.2.1. Ingénierie et technologie.....	189
6.2.2. Ingénierie et biologie.....	190
6.2.3. Ingénierie et physique.....	191
6.2.4. Ingénierie et chimie.....	191
6.2.5. Ingénierie et mathématiques	192
6.2.6. Différences démographiques dans l'intégration de l'ingénierie	192
6.2.7. Interprétation des résultats liés à l'intégration de l'ingénierie	194
6.3. Place de l'ingénierie dans les cours	196
6.3.1. Approches pour intégrer l'ingénierie dans les cours	196
6.3.2. Raisons pour intégrer l'ingénierie	199
6.3.3. Différences démographiques sur la place de l'ingénierie	202
6.3.4. Interprétation des résultats liés à la place de l'ingénierie dans les cours.....	205
6.4. Obstacles rencontrés.....	206
6.4.1. Temps	207
6.4.2. Complexité de l'ingénierie	209
6.4.3. Connaissances en mathématiques et sciences de la part des élèves	211
6.4.4. Ressources disponibles.....	211
6.4.5. Langue d'enseignement	212
6.4.6. Pandémie de Covid-19	213
6.4.7. Différences démographiques dans les obstacles mentionnés	214
6.4.8. Interprétation des résultats liés aux obstacles	217
6.5. Appuis nécessaires	219
6.5.1. Ressources complètes	219
6.5.2. Formations professionnelles.....	220
6.5.3. Temps	222
6.5.4. Personnes invitées pour rendre visite dans un cours	223

6.5.5. Occasions de collaboration	223
6.5.6. Un cours au baccalauréat en éducation.....	224
6.5.7. Initiatives spécifiques pour les filles	225
6.5.8. Différences démographiques dans les appuis requis	225
6.5.9. Interprétation des résultats liés aux appuis nécessaires	228
6.6. Résumé du chapitre	229
Chapitre 7 – Discussion et conclusion	231
7.1. Représentations sociales des personnes enseignantes en sciences et en mathématiques du secondaire à propos de l'ingénierie	231
7.1.1. Représentations sociales de personnes œuvrant en ingénierie.....	231
7.1.2. Représentations de la profession d'ingénierie	234
7.1.3. Représentations de l'enseignement de l'ingénierie	236
7.1.4. Perspectives critiques sur l'intégration de l'ingénierie dans les STIM	237
7.1.5. Conclusions liées aux représentations sociales	238
7.2. Sous-question #1 : Quelles différences observe-t-on dans les représentations sociales de l'ingénierie?.....	239
7.2.1. Formation professionnelle en ingénierie	239
7.2.2. Genre des personnes participantes	240
7.2.3. Années d'enseignement	242
7.2.4. Matières d'enseignement	243
7.3. Sous-question #2 : Comment le personnel enseignant définit-il l'ingénierie et son rôle dans la société, et en quoi ces représentations se rapprochent-elles ou diffèrent-elles de celles des personnes étudiant ou exerçant dans ce domaine ?	244
7.3.1. Définition et le rôle de l'ingénierie	244
7.3.2. Spécialistes et personnes étudiantes en ingénierie définissant l'ingénierie.....	245
7.3.3. Similarités et différences entre les deux études	247
7.4. Sous-question #3 : Quel lien le personnel enseignant envisage-t-il entre ses représentations sociales de l'ingénierie et sa disposition à intégrer cette discipline ?	248
7.4.1. Perspectives critiques et enjeux.....	252
7.5. Résumé du chapitre	253
Chapitre 8 – Contributions de la recherche	256
8.1. Contribution scientifique de la thèse	256
8.2. Contributions pédagogiques et pratiques	257
8.2.1. Modèle de formation continue	258

8.2.2. Proposition d'un cours STIM interdisciplinaire	261
8.2.3. Lutter contre les stéréotypes et promotion de l'inclusion	264
8.3. Perspectives et implications futures	265
8.3.1. Limites de l'étude	265
8.3.2. Avenues de recherche futures	266
8.3.3. Implications générales et recommandations	266
Références	268
Annexes	294
Annexe 1 – Processus de design en éducation technologique et en sciences	294
Annexe 2 – Processus de design en ingénierie	296
Annexe 3 – Nombre d'inscriptions au premier cycle en ingénierie au Canada	297
Annexe 4 – Certificat d'éthique	298
Annexe 5 – Texte de recrutement pour nos contacts personnels	299
Annexe 6 – Affiche de recrutement sur les réseaux sociaux	300
Annexe 7 – Texte de recrutement pour les personnes intéressées par l'étude	301
Annexe 8 – Formulaire de consentement	302
Annexe 9 – Questions démographiques	305
Annexe 10 – Questions d'entretien	307
Annexe 11 – Tableau de catégories et thèmes émergents des entrevues semi-dirigés	309
Annexe 12 – Grille de codage remplie pour les activités faites par les personnes en ingénierie	311
Annexe 13 – Grille de codage remplie pour les lieux de travail des personnes en ingénierie	312
Annexe 14 – Grille de codage remplie pour l'âge des personnes en ingénierie	313
Annexe 15 – Grille de codage remplie pour le genre des personnes en ingénierie	314
Annexe 16 – Grille de codage remplie pour les personnes connues en ingénierie	315

Liste des tableaux

Tableau 1 – Acronymes et sigles utilisés dans la thèse	xii
Tableau 2 – Exemples de formulations inclusives utilisées dans le texte	xix
Tableau 3 – Étapes et pistes à suivre pour effectuer le processus de design en salle de classe	28
Tableau 4 – Nombre et pourcentage de personnes dans des programmes d'ingénierie au Canada en 1973, 1995 et 2021	46
Tableau 5 – Nombre total d'inscriptions à des programmes d'ingénierie de premier cycle en Ontario : 2016 à 2020	47
Tableau 6 – Nombre total d'inscriptions à des programmes d'ingénierie de premier cycle agréés en Ontario, par discipline pour l'an 2020	48
Tableau 7 – Nombre total et pourcentage de femmes inscrites à des programmes d'ingénierie de premier cycle agréés en Ontario en 2020.....	51
Tableau 8 – Nombre et pourcentage des personnes professionnelles en ingénierie au Canada et en Ontario	58
Tableau 9 – Villes comprises dans chaque région	89
Tableau 10 – Informations démographiques des personnes participantes	91
Tableau 11 – Études sur les représentations de l'ingénierie à l'aide du DAET	94
Tableau 12 – Thèmes des dessins DAET et éléments recherchés	101
Tableau 13 – Grille de codage pour les activités faites par les personnes en ingénierie, selon les DAET ..	102
Tableau 14 – Grille de codage pour le lieu de travail des personnes en ingénierie, selon les DAET	102
Tableau 15 – Grille de codage pour l'âge représenté dans les dessins	103
Tableau 16 – Grille de codage pour le genre, selon les DAET	104
Tableau 17 – Grille pour identifier si la personne a dessiné quelqu'un qu'elle connaissait	104
Tableau 18 – Fréquence des activités faites par les personnes en ingénierie	111
Tableau 19 – Fréquence des lieux de travail des personnes en ingénierie.....	114
Tableau 20 – Fréquence de l'âge des personnes en ingénierie	116
Tableau 21 – Fréquence du genre des personnes en ingénierie	116
Tableau 22 – Genre de la personne participante avec le genre dessiné	117
Tableau 23 – Fréquence des personnes connues en ingénierie	118
Tableau 24 – Fréquence des éléments visuels observés dans les dessins du DAET	129
Tableau 25 – Résumé des différences dans les définitions de l'ingénierie selon les profils démographiques	136

Tableau 26 – Comparaison de la fréquence des thèmes dans les dessins et les définitions de l'ingénierie	140
Tableau 27 – Résumé des différences dans les rôles de l'ingénierie dans la société selon les profils démographiques	145
Tableau 28 – Résumé des différences dans l'orientation vers l'ingénierie selon les profils démographiques	150
Tableau 29 – Résumé des différences dans les compétences et habiletés valorisées en ingénierie selon le profil des personnes participantes.....	160
Tableau 30 – Résumé des différences dans la connaissance du processus de design selon le profil des personnes participantes.....	167
Tableau 31 – Résumé des différences dans la connaissance de l'ingénierie selon le profil des personnes participantes.....	174
Tableau 32 – Résumé des différences dans les activités de conception et de construction selon le profil des personnes participantes.....	186
Tableau 33 – Résumé des différences dans l'intégration de l'ingénierie selon le profil des personnes participantes.....	194
Tableau 34 – Résumé des différences concernant la place de l'ingénierie dans les cours de sciences et dans l'intégration de l'ingénierie selon le profil des personnes participantes.....	204
Tableau 35 – Résumé des différences dans les obstacles liés à l'intégration de l'ingénierie selon le profil des personnes participantes.....	216
Tableau 36 – Résumé des différences concernant les appuis nécessaires selon le profil des personnes participantes.....	227
Tableau 37 – Répartition démographique et disciplinaire des personnes répondantes à l'étude EngFemmes	246
Tableau 38 – Bénéfices observés et critiques de l'intégration de l'ingénierie dans l'enseignement.....	253
Tableau 39 - Thématiques du cours STIM	262

Liste des figures

Figure 1 – Graphique des inscriptions au premier cycle en ingénierie au Canada	50
Figure 2 – Organisation des représentations sociales adaptée de Médard (2005).....	64
Figure 3 – Représentation visuelle de la disposition du personnel à entreprendre un enseignement de l'ingénierie	71
Figure 4 – Modèle pour l'enseignement intégré des STIM	79
Figure 5 – Dessin de 3 personnes collaborant pour leur travail en ingénierie	112
Figure 6 – Dessin d'une personne participante représentant deux personnes en ingénierie	113
Figure 7 – Carte conceptuelle créée par une personne participante	113
Figure 8 – Dessin d'une personne sur un chantier (près d'un pont)	115
Figure 9 – Dessin de deux spécialistes en ingénierie	119
Figure 10 – Vue d'ensemble du DAET	120
Figure 11 – Images de personnes œuvrant en ingénierie provenant de Google Images	126
Figure 12 – Image d'une personne en ingénierie générée par Chat GPT	126
Figure 13 – Carte thermique de la définition de l'ingénierie selon différents groupes démographiques	135
Figure 14 – Carte thermique du rôle de l'ingénierie selon différents groupes démographiques	143
Figure 15 – Carte thermique des perceptions sur les élèves qui devraient envisager des études et une carrière en ingénierie selon différents groupes démographiques.....	149
Figure 16 – Carte thermique sur les compétences et habiletés jugées importantes pour se diriger en ingénierie selon différents groupes démographiques	159
Figure 17 – Carte thermique des connaissances du processus de design selon différents groupes démographiques	166
Figure 18 – Carte thermique des connaissances du processus de design selon différents groupes démographiques	173
Figure 19 – Description des personnes œuvrant en ingénierie selon les personnes participantes à notre étude	180
Figure 20 – Carte thermique des activités de conception et de construction selon différents groupes démographiques	185
Figure 21 – Exemples d'activités d'apprentissage qui comprennent l'ingénierie	189
Figure 22 – Carte thermique de l'intégration de l'ingénierie selon différents groupes démographiques	193
Figure 23 – Carte thermique de la place de l'ingénierie dans les cours selon différents groupes démographiques	203
Figure 24 – Carte thermique de l'intégration de l'ingénierie selon différents groupes démographiques	215

Figure 25 – Carte thermique de la place de l'ingénierie dans les cours selon différents groupes démographiques	226
Figure 26 – Synthèse visuelle des représentations des personnes participantes sur les spécialistes en ingénierie dans le cadre du DAET	232
Figure 27 – Noyau central et éléments périphériques de l'ingénierie selon les personnes participantes ...	234
Figure 28 – Modèle de formation continue pour un écosystème efficace de l'enseignement de l'ingénierie	261

Liste des acronymes et des sigles

Cette section fournit une légende détaillant tous les sigles, acronymes et symboles utilisés dans ce document, afin de faciliter la compréhension et la lecture (Tableau 1).

Tableau 1 – Acronymes et sigles utilisés dans la thèse

Acronymes et sigles	Signification complète
APP	Apprentissage par projets
APSO	Association des professeurs de sciences de l'Ontario
CAP	Communauté d'apprentissage professionnelle
DAET	Draw an Engineer Test
GLS	Cours intitulé, Stratégies d'apprentissage pour réussir au secondaire ou après l'école secondaire
ODD	Objectifs de développement durable
PISA	Programme international pour le suivi des acquis des élèves
STIM	Sciences, technologie, ingénierie et mathématiques
TPM	Test provincial en mathématiques

Dédicace

Cette thèse est dédiée aux femmes les plus tenaces que je connaisse – ma mère et ma défunte grand-maman. Vous êtes toutes deux ma source d'inspiration et de confiance.

Je dédie également cette thèse à mon père, qui m'a transmis non seulement ma passion pour les STIM, mais aussi ma persévérance et mon refus d'abandonner. Ce travail est pour toi, daddio.

Remerciements

Le parcours du doctorat peut parfois donner l'impression d'être solitaire, mais c'est loin d'être le cas. Cette thèse est le reflet non seulement de mon travail acharné, mais aussi du soutien, des encouragements et des conseils inestimables d'un bon nombre de personnes incroyables. Sans chacune d'entre vous, cela n'aurait pas été possible. Je vous remercie, car vous avez contribué à ce que j'aboutisse à la réalisation de mon objectif.

À mes directrices de thèse, Donatille Mujawamariya et Catherine Mavriplis, je vous remercie pour votre soutien indéfectible pendant plus de sept ans. Professeure Mujawamariya, je me souviens de vous dès ma première année de formation à l'enseignement — comment puis-je vous oublier ? Vous m'avez accueillie dans votre bureau des années plus tard, alors que j'explorais l'idée de poursuivre ce doctorat, et depuis ce jour, vous m'avez toujours encouragée. Votre compassion, votre confiance en moi et vos rappels constants pour que je continue à aller de l'avant ont fait toute la différence au moment où j'en avais le plus besoin. Professeure Mavriplis, vos enseignements ont laissé une impression positive sur moi, à la fois dans les grandes et les petites choses. Je me souviens encore d'une simple question que vous avez posée dans mon rapport intérimaire, qui a déclenché ma recherche approfondie sur la question du genre en STIM. Vous ne vous en souvenez peut-être pas, mais ce sont des moments comme celui-ci qui restent gravés dans ma mémoire et me rappellent votre influence. Au-delà de ces leçons mémorables, vos courriels périodiques et votre soutien tout au long de mon parcours ont été d'une valeur inestimable. Votre confiance en moi m'a aidée à persévérer, et je vous en suis profondément reconnaissante. Merci à vous deux de m'avoir confié le projet EngFemmes en tant qu'assistante de recherche — une opportunité qui m'a permis de grandir d'une manière dont je vous serai toujours reconnaissante.

Aux membres du comité, Audrey Groleau, Abdelkrim Hasni, Ghislain Samson et Gina Thésée, vos commentaires ont été la pierre angulaire de mon développement. Professeure Groleau, vos conseils tout au long de mon rapport intermédiaire et du processus de doctorat ont constitué une aide très précieuse. Merci d'avoir saisi l'occasion de m'accompagner tout au long de mon doctorat et de m'avoir soutenue à chaque étape, en pensant à moi lorsque de nouvelles occasions se présentaient — que ce soit en m'invitant à collaborer à un atelier, à prendre la parole lors d'un panel, ou encore en proposant ma participation au projet Parité sciences. Vos encouragements et suggestions ont véritablement contribué à façonner ma recherche.

À la Faculté d'éducation de l'Université d'Ottawa, merci de m'avoir offert tant de possibilités d'emploi et d'apprentissage et de m'avoir soutenue financièrement au cours de mes quatre premières années de

doctorat. Merci à tous les autres membres de la Faculté qui m'ont appuyée tout au long de mon parcours. Je remercie tout particulièrement les personnes qui m'ont octroyé des bourses généreuses et m'ont permis de poursuivre mes recherches. Il s'agit de la bourse Denis-Lévesque-Ronald-Leduc, de la bourse Huguette Labelle, de la bourse Ingenium-Université d'Ottawa sur le genre, la science et la technologie et de la bourse Roger Guindon. Un remerciement spécial à l'équipe d'Ingenium (notamment Rebecca Dolgoy, Emily Gann, Sandra Corbeil et Bryan Casey) de m'avoir donné l'occasion de travailler à vos côtés pendant près d'un an. Vos conseils et votre soutien ont contribué à guider ma recherche.

To Stephanie, thank you for supporting me from the very beginning of my doctoral studies, for discussing things with me, and for answering my many questions—especially as I got started with my research. To Dr. Blais, thank you for reviewing my application to pursue my doctorate. To both you and Dr. Kerr, thank you for your support throughout this journey.

Aux amies au doctorat les plus extraordinaires que je me suis faites tout au long de ce parcours. Merci d'avoir été pour moi un formidable système de soutien. Je suis incroyablement chanceuse et fière d'avoir des amies comme vous. Un merci tout particulier à Catherine D., avec qui nous avons vécu la même situation depuis le rapport intérimaire. Je ne pourrais pas imaginer faire ce trajet sans toi. Tes conseils et tes check-ins m'ont permis de rester motivée. Virginie, lorsqu'on se rencontrait, mon cœur et mon âme étaient heureux. Tu m'as envoyé d'innombrables ressources qui ont facilité mon travail, et nos conversations sur la recherche et la vie ont été inestimables. Je suis également reconnaissante de nos petites escapades au chalet pour travailler sur nos doctorats et de nos nombreuses discussions à trois. Nathalie — you have consistently checked in on me throughout the years, and I have never forgotten it. Your messages always seemed to appear at just the right time when I needed them. Chatting with you often reminded me that I was loved and that my voice was important. Our collaboration on JPDS and the EGSA have been a highlight, and I hope we can continue working together.

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à Catherine C.-S., qui a généreusement consacré de son temps précieux à la retraite pour relire cette thèse et s'assurer que le français soit impeccable. Vous avez accompli ce travail minutieux et laborieux avec bienveillance, et j'en suis sincèrement reconnaissante.

To the entire Actua team, past and present, thank you for understanding when I was not always present, for checking in on my progress, and for giving me the time to work on my dissertation. Jennifer, Jen, and Mikayla, your flexibility meant everything so that this document could get written. Thank you! A big thank you to Jalina and Cassidy for talking through the conceptual framework with me. Abbey, Aimen, Alicia, and Mickole, thank you for always celebrating my progress with me and encouraging me along the

way. You are simply the best! I love the work we do, and I am incredibly fortunate to do it with such amazing people.

À mes collègues en enseignement, merci pour les conversations réfléchies et les encouragements prodigués au fil des ans. Michel et Tricia, pour nos discussions pédagogiques qui m'ont poussée à penser de manière plus critique. Michelle, Claudia et Pamela, pour nos appels téléphoniques remplis d'encouragements et de câlins virtuels. John-Eric, ton soutien tout au long de la maîtrise a été déterminant dans la poursuite de mon doctorat. Chantal - cela fait longtemps que nous n'avons pas parlé, mais je me souviens très bien de la fois où tu m'as dit à quel point il fallait du courage pour retourner aux études. Cela a été dit d'une manière qui m'a inspirée et je ne l'oublierai jamais.

À l'ensemble des personnes participantes et contacts professionnels qui ont contribué à cette recherche. Sans vous, cette recherche n'aurait jamais pu être possible. Je me sens très chanceuse que vous ayez pris le temps de discuter avec moi et de partager vos expériences. Grâce à vos réflexions honnêtes, nous avons contribué à une meilleure compréhension de l'ingénierie et de la place de l'ingénierie dans les salles de classe. J'espère que nous pourrons nous revoir bientôt, et si vous avez besoin de quoi que ce soit, je serai ravie de vous aider.

I would be remiss if I did not express my deep gratitude to my life coach and dear friend, Diana Esposito. The love and unwavering support you (and Ty-Lily) have shown me over the years have been truly transformative. You have stood by me through life's highs and lows, offering guidance in every aspect of my life. I am forever grateful for the positive influence you have had on my journey. To my personal trainer, Brett Forsey: thank you for always standing by my side. Your encouragement and dedication have helped me find balance and prioritize my health through it all.

Je serai toujours reconnaissante pour le bel exemple que mes grands-parents m'ont donné. Ils m'ont toujours fait comprendre que le travail acharné porte ses fruits. Malgré le fait qu'ils nous ont quittés, ils font toujours partie de mon quotidien. Mes multiples discussions avec ma Grammy m'ont aidée à traverser de nombreux moments difficiles et m'ont poussée à relever de nouveaux défis. Un merci chaleureux à notre grand-mum, Mireille, pour les appels, les brunchs et les magnifiques peintures inspirantes.

La famille est importante pour moi. Je remercie mes tantes, oncles, cousines et cousins pour les gestes de soutien au cours de mon parcours. To Ashley, my fellow science lover, thank you for listening and supporting me from the very beginning, when we first started university together. Your friendship means a lot to me. À tous les membres de la famille Boisvert, vous avez fait partie de ce voyage d'une

manière ou d'une autre. Je tiens à remercier tout particulièrement Norm et Bernice, qui m'ont toujours encouragée et se sont assurés que j'étais bien nourrie. Danielle, merci de m'avoir aidée à remplir mon dossier de candidature au programme et de m'avoir rappelé les joies du métier professoral. En particulier, je veux reconnaître toute la famille Perreault, vos encouragements me sont très précieux, Tante Nicole, tu m'as toujours encouragée et tu continues à démontrer une confiance inlassable en moi. Tes mots d'encouragement m'ont portée dans les moments de doute et m'ont aidée à croire en mes capacités. Oncle Henri, un enseignant modèle, je suis reconnaissante pour ton influence sur mon choix de carrière. Un merci tout particulier à Yann. Je me souviens encore de la relecture d'un de mes premiers travaux. Merci d'avoir pris du temps pour m'aider malgré ton emploi du temps chargé. Je suis toujours reconnaissante à Julia, Talan et toi de prendre de mes nouvelles chaque fois que nous nous rencontrons et à Julia, qui m'a souvent appelée pour s'assurer que j'allais bien. Julia ne manque jamais de dire à Talan que je serai la Dre Janelle. À Kara et Nick, j'apprécie toujours vos efforts de coordination afin qu'on puisse se voir, et bien sûr, les câlins des enfants me font du bien. Nathan, sans beaucoup de mots, tu as su m'encourager à ta façon et tes câlins sincères m'ont toujours soutenue. Je vous aime, la famille Perreault !

À Hubert et Teddy, mes bébés poilus, vos câlins et votre amour inconditionnel m'ont permis de garder les pieds sur terre lors de ces dernières années. Merci de m'avoir toujours donné le sourire.

Derrick, depuis notre enfance, j'ai toujours admiré ta curiosité et ta soif d'apprendre. Tu excellais à l'école et cela me montrait, même toute petite, qu'avec du travail et de la détermination, tout était possible. Ton exemple m'a guidée plus que tu ne peux l'imaginer, et ton soutien tout au long de ma thèse a ravivé ce même élan d'inspiration que j'ai ressenti en te regardant grandir. Mike, you supported me like a true brother, always a great cheerleader — your positive attitude and sunny disposition are always a wonderful example to me. Derrick and Mike, your thoughtful gestures, such as getting me a keyboard and mouse when I returned to school, or just checking in to make sure I stayed on track and was okay, were truly appreciated. Your encouragement every step of the way was valuable, and I treasure your friendship, your love and our closeness.

À mon père, tes rappels concernant mes échéances ont parfois été difficiles à entendre, mais ils m'ont aidée à aller de l'avant. Tu as toujours su me faire rire et me recentrer sur ce qui comptait le plus, et je t'en suis vraiment reconnaissante. Ta détermination au cours des dernières années fut une grande source d'inspiration pour moi. J'ai hâte de célébrer cette réussite avec toi et de te voir à mes côtés lors de la collation de diplôme !

Je dois à ma mère ma plus profonde gratitude. Tu as été présente à chaque étape, m'offrant non seulement ton amour et tes encouragements, mais aussi d'innombrables heures de ton temps pour m'aider à mener à bien ce doctorat. Qu'il s'agisse de transcrire des entretiens, de relire des brouillons ou de me donner des conseils pour améliorer le texte, tu étais toujours là, à me demander : « Comment puis-je t'aider? » Tu m'as écoutée patiemment pendant que je naviguais dans les hauts et les bas de ce parcours, m'apportant une base solide lorsque les choses ne se passaient pas comme prévu et fêtant avec moi lorsque tout se déroulait bien. Ta foi inébranlable en moi et ton soutien constant, tant pratique qu'émotionnel, ont rendu ce doctorat possible. Je ne saurais trop te remercier pour tout ce que tu as fait. Merci, maman, d'être mon plus grand soutien et mon rocher.

À Martin, mon partenaire dans la vie, merci pour ta compréhension infinie et tes mots d'encouragement. Pour tous les gestes attentionnés, car tu savais toujours quand j'avais besoin de me détendre, et les petites choses telles que couler mon bain m'ont aidée à survivre à la vie d'une candidate au programme de doctorat. Pour toutes les soirées et les week-ends passés seul pendant que je travaillais sur ce projet, et pour les fois où tu m'as aidée à trouver le mot approprié en français et concevoir de beaux graphiques, merci. Tu as su aussi me soutenir pendant mes périodes de stress en organisant des activités de détente, comme nos jeux d'évasion, qui me permettent de me changer les idées avant de replonger dans la thèse. Nous pouvons enfin nous réapproprier des soirées et des week-ends. Je t'aime infiniment.

Enfin, un remerciement aux personnes que j'ai pu oublier. Sachez que même si vous n'êtes pas mentionnées ici, vos gestes et vos paroles ont été grandement appréciés.

Je vous remercie du fond du cœur.

Style de rédaction de la thèse

Ce document est aligné à gauche et chaque image a un texte alternatif afin d'être accessible. D'autres mesures ont également été mises en place pour assurer l'accessibilité, conformément à la Loi sur l'accessibilité pour les personnes handicapées de l'Ontario. Ce texte emploie un langage inclusif afin de reconnaître et de représenter toutes les identités de genre. Il ne s'agit pas d'effacer la visibilité des femmes, mais plutôt de reconnaître que le genre n'est pas binaire et que la visibilité de chaque personne est également importante. Le Tableau 2 ci-dessous peut servir de référence pour clarifier l'utilisation de certains termes qui peuvent être moins familiers. Nous utilisons également une police de caractères sans empattement et un interligne de 1,5 pour faciliter la consultation du document. Enfin, ce document suit les recommandations typographiques standard, incluant l'utilisation des majuscules accentuées et des espaces insécables avant les ponctuations doubles.

Tableau 2 – Exemples de formulations inclusives utilisées dans le texte

Exemples de formes féminines et masculines	Formulations inclusives
Enseignante, enseignant	Personnel enseignant, membres du corps enseignant, personne enseignante
Professeure, professeur	Universitaire, scientifique
Ingénieure, ingénieur	Personne œuvrant en ingénierie, spécialiste en ingénierie
Participante, participant	Personne participante

Résumé

L'ajout récent du processus de design d'ingénierie et du codage dans les programmes-cadres de mathématiques et de sciences de 9^e année dans les écoles secondaires de l'Ontario a introduit l'ingénierie dans les salles de classe. Bien que cette initiative soit prometteuse pour l'apprentissage intégré des STIM (sciences, technologie, ingénierie, mathématiques), peu de recherches ont exploré les représentations sociales de l'ingénierie chez le personnel enseignant, en particulier le personnel enseignant francophone au palier secondaire en Ontario. Cette étude vise à combler cette lacune en explorant comment ce personnel enseignant perçoit l'ingénierie, les spécialistes en ingénierie et l'enseignement de l'ingénierie, afin de les soutenir dans l'intégration de cette discipline dans leurs cours.

Pour mener à bien cette recherche, nous avons travaillé avec 16 personnes enseignantes de sciences et de mathématiques du palier secondaire en Ontario. L'étude a commencé par le Draw An Engineer Test, suivi d'entrevues semi-dirigées. Les personnes participantes ont été invitées à définir l'ingénierie, expliquer son rôle dans la société, décrire le processus de design et partager leurs réflexions sur l'intégration de l'ingénierie dans les programmes scolaires. Elles ont également discuté des défis rencontrés lors de cette intégration, ce qui a permis de brosser un portrait global de leurs représentations sociales.

Les résultats révèlent que le corps enseignant consulté perçoit généralement l'ingénierie comme une profession axée sur la résolution de problèmes sociétaux. Bien que la plupart des personnes participantes comprennent la nature du processus de design en ingénierie, certaines n'en maîtrisent pas les étapes ni la terminologie précise. Elles reconnaissent également les nombreuses occasions de carrière qu'offre l'ingénierie, mais expriment des opinions divergentes quant à la meilleure façon d'intégrer cette discipline à l'enseignement.

Malgré ces défis, le corps enseignant interviewé provenant de différentes écoles de langue française en Ontario semble avoir une attitude positive envers l'intégration de l'ingénierie, tout en soulignant qu'il y a un besoin accru de ressources en français et que des conseils pratiques sont essentiels pour la réussite de cette intégration.

Mots clés : enseignement de l'ingénierie, représentations sociales, STIM, processus de design, personnel enseignant francophone

Avant-propos

J'ai toujours cru au pouvoir transformateur des personnes enseignantes. Lorsque je repense aux membres du personnel enseignant qui m'ont encouragée à poursuivre des études en STIM, des noms comme Mme Mary-Kathleen Warden, M. Donald Rousson et M. Mohand Ousalem me viennent à l'esprit. Pourtant, je me souviens également d'un enseignant de physique qui favorisait les garçons dans la classe et minimisait le potentiel des filles. Malgré le fait que cet enseignant était compétent en physique, ses propos m'ont laissé une impression négative durable, qui a influencé ma propre approche en tant qu'enseignante.

Pendant plus de dix années comme enseignante en sciences et en mathématiques, j'étais déterminée à ne pas reproduire cette expérience. Je voulais m'assurer que tous les jeunes, peu importe leur genre, soient encouragés à poursuivre leurs rêves, dans les STIM comme dans tout autre domaine. Mon engagement vers l'équité en classe m'a conduit naturellement à ma recherche doctorale. Je souhaitais apporter ma contribution à la profession enseignante en dotant les membres du personnel enseignant d'outils supplémentaires qu'ils utiliseraient pour influencer positivement leurs élèves.

Dès le début de mon programme de doctorat, les professeures Mujawamariya et Mavriplis m'ont impliquée dans leur projet de recherche, « Le génie au service des femmes : Rethinking the Faces and Spaces of Engineering », qui porte sur la place des femmes dans l'ingénierie. Ce projet m'a permis de prendre connaissance des données actuelles concernant le pourcentage de femmes en ingénierie au Canada (qui est actuellement de 20,2 %) (Ingénieurs Canada, 2022) et m'a amenée à réfléchir à ma propre expérience limitée avec l'ingénierie. Il a également souligné le rôle essentiel que l'ingénierie peut jouer dans l'enseignement des STIM, un domaine souvent négligé.

Au début de mon parcours doctoral, le terme STIM était couramment utilisé, mais j'ai remarqué que l'ingénierie en était souvent la grande absente. Mon expérience personnelle en enseignement et mes recherches ont confirmé cette lacune. En participant à ce projet, j'ai découvert que l'ingénierie pouvait agir comme le fil conducteur de l'enseignement des STIM, en reliant les sciences, la technologie et les mathématiques à un contexte pratique et réel. Cette prise de conscience a inspiré la conception de cette thèse. Je souhaitais explorer comment l'ingénierie, souvent sous-représentée dans l'enseignement, pourrait être exploitée pour aider les élèves à mieux comprendre les sciences et les mathématiques, tout en établissant des connexions entre ces disciplines. Plus encore, je voulais examiner comment une intégration plus explicite de l'ingénierie en classe pourrait permettre à tous les jeunes, quel que soit leur genre, d'explorer des carrières potentielles dans ce domaine.

L'introduction de l'ingénierie dans les programmes-cadres de mathématiques et de sciences de l'Ontario en 2021 et en 2022 respectivement (Ministère de l'Éducation de l'Ontario, 2021b, 2022a) s'est parfaitement alignée avec ma recherche déjà en cours. Ce changement m'a permis d'examiner comment les membres du personnel enseignant s'adaptent à ces nouvelles exigences et dans quels domaines ils ont besoin de soutien. Après tout, les personnes enseignantes portent une immense responsabilité et il est essentiel de leur fournir les ressources adéquates pour qu'elles puissent inspirer la prochaine génération.

Que vous soyez membre du personnel enseignant ou simplement intéressé par le sujet, j'espère que cette thèse vous sera à la fois instructive et stimulante.

Bonne découverte du texte !

Introduction

Qu'est-ce qui influence la manière dont une discipline comme l'ingénierie est perçue et enseignée à l'école? Comment les personnes enseignantes comprennent-elles cette discipline, historiquement absente des programmes de sciences et de mathématiques, mais désormais présente dans les documents curriculaires au palier secondaire en Ontario? Ces questions sont au cœur de la présente thèse.

Notre intérêt pour cette recherche découle directement de notre parcours professionnel et personnel. Pendant plus d'une décennie, nous avons enseigné les sciences et les mathématiques dans des écoles secondaires de langue française dans les régions du Sud et de l'Est de l'Ontario. Cette expérience nous a confrontés aux défis quotidiens du personnel enseignant : intégrer de nouvelles pratiques pédagogiques et contenus disciplinaires tout en manquant souvent de soutien ou de formation spécialisée. Nous avons constaté que la mise en œuvre de nouvelles approches dépend fortement des représentations et des convictions personnelles du corps enseignant, et que celles-ci influencent la manière dont les élèves découvrent les STIM et se projettent dans ces domaines.

Notre parcours dans le domaine de l'ingénierie a commencé plus tard, à travers notre participation à des projets de recherche, notamment « Le génie au service des femmes : Rethinking the Faces and Spaces of Engineering » (Mujawamariya & Mavriplis, 2022), où nous avons mené des entretiens avec des membres du corps étudiant et des spécialistes en ingénierie. Ces expériences nous ont permis de comprendre le rôle central que joue l'ingénierie dans l'innovation scientifique et technologique et de réaliser son potentiel transformateur dans le contexte éducatif. Elles nous ont également révélé que, malgré sa présence croissante dans les programmes scolaires, l'ingénierie semble encore pour certains membres du corps enseignant un sujet secondaire ou une source de stress.

Cette constatation nous a conduits à nous interroger plus largement : pourquoi une discipline si essentielle à notre société peut-elle rester méconnue et mal comprise dans le milieu éducatif? Bien que l'ingénierie soit omniprésente dans notre quotidien, elle peut demeurer abstraite ou inaccessible, y compris pour le personnel enseignant. Son intégration récente dans les programmes-cadres soulève non seulement des questions sur les contenus à enseigner, mais également des considérations plus larges, comme le besoin de soutien professionnel, les représentations sociales associées à cette discipline et les postures pédagogiques du personnel enseignant. Comprendre les représentations sociales que les personnes enseignantes ont de l'ingénierie, ainsi que des personnes qui la pratiquent, constitue une étape importante pour favoriser une intégration efficace, équitable et signifiante de cette discipline en salle de classe.

Cette thèse vise à explorer en profondeur ces représentations sociales, en portant une attention particulière au contexte des écoles secondaires de langue française en Ontario. Elle cherche à comprendre comment ces représentations influencent la disposition et la préparation du personnel enseignant à intégrer l'ingénierie dans son enseignement, ainsi que les moyens de mieux l'accompagner dans ce processus.

La thèse est structurée comme suit :

- Le chapitre 1 présente la problématique de recherche, en la situant dans le paysage plus large de l'éducation en STIM et en exposant les défis spécifiques liés à l'enseignement de l'ingénierie.
- Le chapitre 2 propose une recension des écrits, examinant les concepts clés liés à l'ingénierie, sa valeur éducative, la diversité dans la profession, ainsi que les représentations sociales pertinentes.
- Le chapitre 3 introduit le cadre conceptuel qui soutient l'étude, basée sur les notions de représentations sociales (Moscovici), de disposition à enseigner et d'enseignement intégré de l'ingénierie dans les contextes de sciences et de mathématiques.
- Le chapitre 4 décrit la méthodologie adoptée, y compris les outils de collecte et d'analyse des données, ainsi que le profil des personnes participantes.
- Les chapitres 5 et 6 présentent les résultats de recherche : d'abord les représentations des spécialistes en ingénierie et de l'ingénierie en tant que discipline (chapitre 5), puis les représentations de l'ingénierie en contexte scolaire, incluant les pratiques existantes, les obstacles perçus et les besoins exprimés (chapitre 6).
- Le chapitre 7 offre une discussion critique des résultats et répond aux questions de recherche.
- Enfin, le chapitre 8 met en lumière les contributions de cette recherche, ses limites et les pistes à explorer dans le cadre de recherches futures.

Chapitre 1 – Contexte et problématique de la recherche

Dans ce premier chapitre, nous explorons le contexte et la problématique sous-jacents à cette recherche. Ensuite, nous définissons certains termes clés de la recherche, et enfin, nous proposons un résumé du chapitre.

1.1. Contexte de la recherche

L'évolution continue de notre société dépend fortement des contributions des personnes dans le domaine des STIM (sciences, technologie, ingénierie et mathématiques). Ces personnes innovantes sont à l'origine d'avancées technologiques et sociétales qui aident à améliorer, entre autres, notre santé, notre sécurité et notre bien-être. Face aux défis d'un monde en constante évolution, il est important de reconstituer les effectifs de ces personnes professionnelles, en particulier avec le départ à la retraite imminent des personnes nées entre 1946 et 1965, dont la génération du baby-boom (Statistique Canada, 2019). Cela signifie qu'il faut non seulement pourvoir les nombreux postes existants, mais aussi répondre à la demande de nouveaux emplois qui émergent constamment dans les domaines dynamiques des STIM, y compris les postes en génie (Statistique Canada, 2019; Wilfrid Laurier University, 2019).

L'exposition à l'ingénierie et aux STIM dès un jeune âge est essentielle afin de répondre à ce besoin et inspirer la prochaine génération de jeunes leaders. Faire découvrir aux jeunes le monde fascinant de l'ingénierie peut éveiller leur passion pour des carrières qui promettent d'avoir un impact profond sur le monde (National Science Foundation, 2020).

Dans ce contexte, l'intégration de l'ingénierie dans les salles de classe de l'Ontario reflète cette intention. Depuis tout récemment (en 2022) les élèves des classes de sciences et de technologie de la première à la neuvième année s'engagent dans le processus de design en ingénierie (Ministère de l'Éducation de l'Ontario, 2022a). Ce dernier est un processus itératif qui non seulement permet le développement de compétences techniques, mais favorise également des compétences créatives dont celle de la résolution de problèmes. Parallèlement, dans le cadre de l'enseignement des mathématiques et des sciences de la première à la neuvième année, les élèves appliquent des techniques de codage, une compétence essentielle dans le paysage technologique moderne et un aspect de l'ingénierie (Ministère de l'Éducation de l'Ontario, 2021b).

L'intégration délibérée du processus de design et des compétences en codage à un stade précoce de l'éducation, dont le palier élémentaire, permet non seulement de doter les élèves de connaissances techniques précieuses et de nourrir leur sens de l'innovation, mais aussi de les exposer à une profession

qui n'a peut-être pas été explorée auparavant, celle de l'ingénierie. En exposant les jeunes à des concepts fondamentaux en ingénierie, l'approche éducative de l'Ontario vise à inspirer la prochaine génération de spécialistes en ingénierie qui stimuleront l'innovation, relèveront les défis futurs et contribueront au progrès continu de notre société. Au-delà de la préparation à une carrière en ingénierie, l'intégration précoce du processus de design et du codage contribue également au développement de compétences transversales. Dans le cadre de ce projet de recherche, la nécessité d'encourager, de soutenir et d'éduquer la prochaine génération de leaders en génie revêt une importance accrue.

Ainsi, même si le curriculum ontarien intègre désormais des éléments explicites liés à l'ingénierie, notamment à travers le processus de design et l'apprentissage du codage, plusieurs questions demeurent quant à la manière dont cette discipline est réellement perçue et mise en œuvre dans les salles de classe.

1.2. Problématique de la recherche

Les représentations sociales façonnent la manière dont les individus comprennent et attribuent du sens aux phénomènes sociaux. Dans le domaine de l'ingénierie, elles influencent non seulement la perception de la discipline, mais aussi l'intérêt à l'égard des carrières associées. Historiquement, la personne en ingénierie a été représentée comme un homme exerçant une profession technique, une image qui persiste encore largement aujourd'hui et qui contribue à limiter la diversité dans ce champ (Cheryan et al., 2015). Comprendre et transformer ces représentations est donc important pour favoriser une participation plus inclusive à l'ingénierie et, plus largement, aux domaines STIM. Ces représentations se construisent non seulement à l'école, mais aussi dans le tissu social plus large, incluant la famille, les médias, l'industrie, les politiques publiques et la culture technologique (Brondi & Neresini, 2018; Jovchelovitch, 2001). L'école n'est qu'un lieu parmi d'autres où ces représentations sont reproduites, transformées ou contestées.

Dans le contexte ontarien, des réformes récentes du curriculum visent à renforcer la place des STIM et à intégrer explicitement des pratiques d'ingénierie comme le processus de design et la programmation dans les cours de sciences et de mathématiques (Ministère de l'Éducation de l'Ontario, 2021b, 2022a). Ces changements traduisent la volonté d'arrimer l'école aux réalités du 21^e siècle et de rendre l'ingénierie plus visible et accessible. Cependant, ces initiatives en sont encore à leurs débuts et leur impact sur l'engagement des élèves reste à évaluer. Au-delà de l'introduction de nouveaux contenus et compétences, la manière dont ces réformes sont incarnées dépend largement du personnel enseignant, qui donne vie aux programmes-cadres, sélectionne les activités et crée les conditions d'apprentissage.

Le rôle du personnel enseignant est central. Ses représentations de l'ingénierie façonnent les expériences offertes aux élèves, les discours autour de la discipline et, en fin de compte, la perception que les jeunes ont de leurs propres possibilités d'orientation (Yaşar et al., 2006). Si ces représentations véhiculent encore des images stéréotypées ou réductrices, elles risquent de freiner l'ouverture des élèves, notamment des filles, des jeunes trans et d'autres groupes sous-représentés. À l'inverse, des représentations positives et diversifiées peuvent nourrir des expériences inclusives et susciter un intérêt pour les STIM.

Les enjeux de diversité et d'inclusion demeurent pressants. Malgré plusieurs initiatives, les femmes continuent d'être sous-représentées en ingénierie (Ingénieurs Canada, 2023), représentant seulement 14,3 % des spécialistes en ingénierie en Ontario et les personnes non-binaires représentent moins de 0,01 %. Cette sous-représentation reflète des disparités historiques et sociales, marquées par des stéréotypes, l'absence de modèles, des cultures de travail parfois hostiles et un manque d'exposition précoce à l'ingénierie (Gross, 2018; Hill et al., 2010). Pourtant, la pluralité des parcours et des points de vue favorise l'innovation et la créativité dans ce domaine (Seron et al., 2016). Favoriser des représentations sociales qui valorisent cette diversité constitue donc à la fois une question d'équité et un levier pour répondre aux défis sociétaux. Par exemple, enseigner aux filles que l'intelligence peut se développer et que les stéréotypes sont contestables améliore significativement leur motivation et leurs performances en mathématiques et en sciences (Dweck, 2006; Hill et al., 2010).

Cette recherche prend également en compte les environnements francophones minoritaires, où des défis supplémentaires influencent l'enseignement et la perception des STIM. Le personnel enseignant doit composer avec des niveaux de compétence linguistique hétérogènes et un manque de matériel pédagogique en français, ce qui complexifie la transmission des concepts scientifiques et technologiques (Gérin-Lajoie, 2021; Louis, 2022). Ces conditions accentuent l'importance d'explorer les représentations sociales du personnel enseignant dans ces contextes spécifiques.

Ainsi, bien que les réformes curriculaires ouvrent de nouvelles possibilités, un angle mort demeure : la compréhension des représentations sociales de l'ingénierie chez le personnel enseignant. Ces représentations influencent la disposition des personnes enseignantes à intégrer l'ingénierie dans la classe et, par conséquent, la manière dont les élèves se projettent dans ce champ. La présente recherche s'inscrit à ce carrefour entre représentations sociales, pratiques éducatives et enjeux de diversité.

1.3. Définition de termes

Les termes suivants sont fréquemment utilisés dans le cadre de cette recherche. Ils sont classés par ordre alphabétique :

- Codage : « Processus d'écriture d'instructions de programmation informatique » (Ministère de l'Éducation de l'Ontario, s. d., paragr. 7).
- Enseignement des STIM : Une approche pédagogique qui préconise l'enseignement des sciences, de la technologie, de l'ingénierie et des mathématiques de manière intégrée. Pour réaliser l'enseignement des STIM, les élèves innove pour résoudre les problèmes auxquels notre société est actuellement confrontée (Daugherty, 2013; Hom, 2014; Ministère de l'Éducation de l'Ontario, 2022b).
- Ingénierie : Une profession qui a une approche systématique et souvent itérative de la conception d'objets pour répondre aux besoins et aux désirs des humains (National Academy of Engineering and National Research Council, 2009). Elle constitue à la fois une démarche de résolution de problèmes et une profession appliquant les principes scientifiques, mathématiques, technologiques (Capobianco et al., 2011) et autres pour concevoir des solutions durables, sécuritaires et efficaces dans divers domaines de la société (Karatas et al., 2011).
- Processus de design : Un processus itératif qui guide les spécialistes en ingénierie dans la résolution de problèmes (TeachEngineering, s. d.-b).
- Représentations sociales : « La représentation sociale est une modalité de connaissance particulière ayant pour fonction l'élaboration des comportements et la communication entre individus » (Moscovici, 1961, p. 25-26).
- Sciences : « Consiste à observer le monde en regardant, en écoutant, en observant et en enregistrant. La science est une curiosité qui se traduit par une action réfléchie sur le monde et son comportement » [traduction libre] (NASA Science, 2023, paragr. 1).
- STIM : Acronyme pour se référer à quatre disciplines, dont les sciences, la technologie, l'ingénierie et les mathématiques (Breiner et al., 2012).
- Mathématiques : Peuvent être considérées comme un langage structuré, dans lequel chaque symbole et chaque terme sont associés à une signification précise, ce qui permet une communication rigoureuse et claire de concepts (Khait, 2005).
- Technologie : « Toute modification du monde naturel visant à satisfaire les besoins ou les désirs de l'homme » [traduction libre] (National Research Council, 2012, p. 202).

1.4. Résumé du chapitre

Ce chapitre d'introduction fournit un contexte pour la présente étude, où nous explorons un développement récent dans le programme-cadre de sciences et de mathématiques des écoles secondaires de l'Ontario. Plus précisément, le programme-cadre mentionne désormais la nécessité d'utiliser le processus de design en sciences et les pratiques de codage dans les cours de sciences et de mathématiques en 9^e année.

Bien qu'il s'agisse d'un ajout intéressant au programme-cadre, peu de recherches ont été menées sur les représentations sociales du personnel enseignant en matière d'enseignement de l'ingénierie. Cette étude vise donc à mieux comprendre les représentations sociales que se font les membres du personnel enseignant de l'ingénierie, des spécialistes en ingénierie et de l'enseignement de l'ingénierie. Les informations recueillies dans le cadre de cette étude nous permettront d'en savoir plus sur la manière dont nous pouvons soutenir l'enseignement des nouveaux éléments du programme-cadre, afin d'assurer leur intégration en classe. L'enseignement de l'ingénierie dans les écoles secondaires est important si nous voulons intéresser des jeunes de genres différents à la profession et aider à résoudre les problèmes complexes et en constante évolution de la société.

Le chapitre 2 présente une synthèse de la littérature relative à l'enseignement de l'ingénierie.

Chapitre 2 – Recension des écrits

L'objectif de cette analyse de la documentation scientifique est d'examiner un corpus représentatif d'études des connaissances actuelles relatives à l'enseignement de l'ingénierie au palier secondaire, tout en cherchant à mettre en évidence les dimensions clés qui ont fait l'objet d'une attention croissante au cours des dernières années. Nous commençons par présenter certaines définitions liées à l'enseignement des STIM afin de situer le cadre général de cette étude. Un survol des stratégies d'enseignement liées à l'enseignement des STIM permet de mieux comprendre les stratégies utilisées dans l'enseignement de ces disciplines, incluant l'ingénierie.

Par la suite, nous nous penchons plus précisément sur l'ingénierie, une discipline spécifique des STIM. Nous en définissons les fondements, en plus de souligner son importance dans la société. Cette exploration nous mène au contexte ontarien, où l'introduction récente de l'ingénierie dans les cours de sciences et de mathématiques contribue à faire évoluer l'enseignement des STIM. Nous y abordons les contenus d'apprentissage inscrits dans les programmes-cadres de sciences et de mathématiques, ainsi que la façon dont l'ingénierie est abordée dans les programmes de formation initiale à l'enseignement. Cette section met également en lumière la nécessité d'intégrer l'enseignement de l'ingénierie de la maternelle à la 12^e année, afin de favoriser une exposition continue et significative à cette discipline.

Dans la section suivante, nous examinons la documentation relative aux représentations sociales de l'ingénierie, telles qu'elles sont véhiculées par le grand public, les élèves et le personnel enseignant. Nous abordons également le rôle du personnel enseignant dans la réussite scolaire des élèves, ainsi que son influence sur leurs réflexions quant à leurs choix de carrière. Ensuite, il y a un partage d'un aperçu de l'évolution de la population étudiante en ingénierie. Nous abordons ensuite les efforts déployés pour recruter des individus dans le domaine de l'ingénierie, ce qui nous amène à examiner le statut de la diversité des genres dans la profession d'ingénierie. Cela est suivi d'un aperçu des approches adoptées pour retenir les femmes dans la profession d'ingénierie au Canada. Nous concluons en décrivant la rareté de la littérature, en mettant en évidence les domaines où des recherches et des explorations supplémentaires sont nécessaires.

2.1. Comprendre les STIM

Avant d'examiner plus en détail la place de l'ingénierie dans ce cadre, il est important de mieux comprendre ce que recouvre l'enseignement des STIM, tant sur le plan de sa définition que sur le plan de ses approches pédagogiques. Cette section propose donc un survol des fondements de l'enseignement des STIM et des stratégies d'enseignement qui lui sont souvent associées.

2.1.1. Définition de l'enseignement des STIM

Au cours des dernières décennies, l'acronyme STIM est devenu un courant¹. Dans les sphères de la politique, de l'éducation et des sciences, un effort collectif semble avoir été entrepris pour impliquer les jeunes dans le vaste domaine des STIM. En effet, de nombreux pays développés considèrent que les compétences et les performances en matière de STIM leur permettent de devenir des leaders mondiaux de l'innovation, contribuant ainsi à l'essor de l'économie et au progrès de la société (Blackley & Howell, 2015; Reinking & Martin, 2018).

En éducation, le terme « STIM » recouvre un large éventail d'interprétations. La plupart des définitions des STIM s'alignent sur la notion suivante : « STIM est un programme d'études fondé sur l'idée d'éduquer les élèves dans quatre disciplines spécifiques - sciences, technologie, ingénierie et mathématiques - selon une approche interdisciplinaire et appliquée » [traduction libre] (Hom, 2014, paragr. 1). Les discussions tournent plutôt autour des stratégies pédagogiques employées dans le cadre de l'enseignement des STIM. Dans ces définitions, plusieurs éléments entrent en jeu, notamment l'application des connaissances, l'intégration de scénarios du monde réel, la création d'objets pratiques et la mise en œuvre de stratégies d'apprentissage basées sur des projets (Bouchillon, s. d.; Brown et al., 2011).

Pour établir une définition à laquelle nous adhérons dans le cadre de notre étude, nous nous référons à Judith Ramaley du « National Science Foundation » qui a forgé le terme STIM en 2001, ainsi qu'à la définition retenue par le ministère de l'Éducation de l'Ontario (2022b). Ramaley a proposé que cet enseignement soit axé sur des apprentissages contextualisés, des résolutions de problèmes de la vie courante et la poursuite d'innovation (Daugherty, 2013). Pour le ministère de l'Éducation de l'Ontario (2022b), « l'enseignement des STIM consiste en l'apprentissage interdisciplinaire des sciences, de la technologie, de l'ingénierie et des mathématiques et en leur application dans des situations authentiques » (paragr. 15). Cela étant dit, pour notre part, *l'enseignement des STIM est une approche pédagogique qui préconise l'enseignement des sciences, de la technologie, de l'ingénierie et des mathématiques de manière intégrée. Pour réaliser l'enseignement des STIM, les élèves innovent pour résoudre les problèmes auxquels notre société est actuellement confrontée.*

¹ Des variantes comme STIAM (sciences, technologie, ingénierie, arts et mathématiques) et STIML ou STIAML (ajoutant la lecture) ont également émergé afin de promouvoir une approche plus interdisciplinaire de l'enseignement, intégrant les compétences créatives et langagières dans les domaines des STIM.

2.1.2. Enseignement des STIM en contexte minoritaire francophone

En contexte minoritaire francophone, l'enseignement des STIM rencontre des obstacles particuliers liés à la langue, à la culture et aux ressources pédagogiques. La majorité des jeunes peuvent être exposés à un français académique ou à des contenus scientifiques standardisés qui ne correspondent pas à leur variété linguistique quotidienne, ce qui peut limiter la compréhension conceptuelle et la participation active en classe (Hernandez & Plyley, 2021; Mokiwa & Ramulumo, 2024). Les personnes enseignantes doivent également considérer la diversité culturelle et linguistique, incluant des élèves allophones et issus de foyers exogames, ce qui complexifie l'adaptation des activités pédagogiques (Cavanagh et al., 2016; Gratton & Chiasson, 2023).

À ces défis s'ajoutent des conditions propres à l'enseignement en milieu minoritaire francophone. Gilbert et al. (2004) soulignent entre autres le manque de matériel pédagogique adapté en français, l'isolement des écoles, la pauvreté culturelle du milieu, la pénurie de spécialistes, ainsi que le faible accès au perfectionnement professionnel. Les classes à niveaux multiples et les attentes croissantes de la société accentuent également la complexité du travail enseignant. Dans ce contexte, les membres du personnel enseignant assument un rôle élargi : en plus d'enseigner les STIM, ils doivent servir de modèles linguistiques et culturels, développer ou traduire du matériel pédagogique et chercher à rendre leurs activités pertinentes pour la communauté locale (Gilbert et al., 2004).

Pour surmonter ces obstacles, plusieurs stratégies pédagogiques peuvent être mises en œuvre afin de favoriser l'apprentissage des STIM dans les communautés francophones minoritaires. L'utilisation d'approches linguistiquement inclusives, telles que le « translanguaging² », permet aux élèves de mobiliser leurs compétences dans leur langue maternelle pour mieux comprendre des concepts scientifiques et mathématiques complexes (Hernandez & Plyley, 2021; Mokiwa & Ramulumo, 2024). L'intégration de projets et d'activités contextualisés, liés à la communauté locale et aux enjeux scientifiques réels, favorise la motivation tout en donnant du sens aux apprentissages (Cavanagh et al., 2016). La collaboration avec les familles et les organismes francophones locaux peut aussi renforcer le lien entre les contenus STIM, la culture et l'identité des élèves. Enfin, le développement des compétences langagières et scientifiques du personnel enseignant demeure essentiel pour créer des environnements d'apprentissage inclusifs, identitaires et stimulants (Cavanagh et al., 2016; Gratton & Chiasson, 2023).

² Le « translanguaging » est une approche pédagogique qui permet aux jeunes d'utiliser toutes les langues qu'ils connaissent pour apprendre, comprendre et exprimer des concepts (Mokiwa & Ramulumo, 2024).

2.1.3. Approches pédagogiques dans le domaine des STIM

Dans le domaine des STIM, l'éducation offre diverses approches pédagogiques visant à enrichir l'apprentissage des élèves. Le personnel enseignant a la possibilité d'explorer différentes méthodes, telles que l'apprentissage par projets, l'apprentissage par problèmes et bien plus encore. Cette section se penchera sur ces deux approches, souvent associées avec l'ingénierie, en mettant particulièrement l'accent sur l'intégration de l'ingénierie dans les cours de sciences et de mathématiques au palier secondaire (Cox et al., 2019; Dalle et al., 2003; Davenport Huyer et al., 2020; Farnsworth & Larson, 2020; Gutierrez-Berraondo et al., 2025; Hmelo-Silver, 2004; Jerbi, 2020; Smith et al., 2009; Tillman, 2013; Verma, 2011).

2.1.3.1. Apprentissage par projets

L'apprentissage par projets (APP) dans le contexte de l'enseignement des STIM suscite un vif intérêt depuis le début du 21^e siècle (Thomas, 2000). Cette approche pédagogique tire parti d'expériences d'apprentissage à long terme, interdisciplinaires et centrées sur l'élève, intégrées à des questions du monde réel. Elle est caractérisée par un objectif clair associé à une tâche ambiguë (Capraro & Slough, 2013), enracinée dans les principes du constructivisme et du constructionnisme (Bransford et al., 2000). Pour Han et al. (2015), l'APP devrait couvrir au moins deux matières STIM, tandis que pour Capraro et Jones (2013), la nature interdisciplinaire de l'APP n'est pas forcément nécessaire ni toujours voulue. Bien que nous soyons d'accord sur le fait que les projets ne doivent pas nécessairement impliquer plus d'une discipline, en général, si nous travaillons sur des problèmes authentiques, il est rare de trouver un problème qui n'implique pas de multiples disciplines. Nous préconisons ainsi que l'interdisciplinarité doit être gardée à l'esprit lors de la conception de projets.

Dans le contexte de l'enseignement des STIM, l'APP implique que les élèves travaillent dans des groupes d'apprentissage coopératif sur des tâches réelles et contextuelles qui nécessitent de résoudre des problèmes liés aux disciplines STIM (Capraro et al., 2013). Par conséquent, l'APP se prête bien au processus de design en ingénierie, où les équipes définissent un problème, établissent des critères, génèrent des solutions, fabriquent des prototypes, testent et itèrent. Selon Morgan et al. (2013), un résultat bien défini doit être fourni, mais le chemin pour atteindre ce résultat doit être déterminé par l'équipe. Cependant, nous soutenons que, bien que l'objectif pédagogique du projet doive être clairement défini dès le départ, la nature précise de l'artefact attendu peut rester ouverte au début du processus. Celui-ci devrait émerger une fois que les élèves auront cerné et défini le problème à résoudre, ce qui laisse place à la créativité et à la co-construction de solutions.

Les avantages de l'APP en STIM sont multiples. Tout d'abord, l'apprentissage interdisciplinaire STIM offre une alternative aux programmes d'études traditionnels fragmentés, créant un environnement d'apprentissage plus naturel et engageant, favorisant ainsi une compréhension conceptuelle approfondie (Hall, 1995, cité par Capraro & Jones, 2013, p. 56). De plus, la flexibilité de l'APP permet d'ajuster le programme en fonction des besoins individuels des élèves, favorisant des expériences d'apprentissage actif et engagé (Low & Shironaka, 1995). Le personnel enseignant peut répondre aux exigences du programme-cadre tout en offrant aux élèves la possibilité d'explorer et d'approfondir leurs propres centres d'intérêt (Hall, 1995 cité par Capraro & Jones, 2013, p. 56). En plaçant la responsabilité de leur propre apprentissage entre les mains des élèves, l'APP s'adapte à la diversité des besoins et des préférences en matière d'apprentissage, créant ainsi un environnement éducatif plus dynamique et centré sur l'élève (Low & Shironaka, 1995).

Johnson et al. (2015) ont étudié l'impact de l'APP sur l'apprentissage des membres du corps étudiant collégial. Les universitaires décrivent un programme d'ingénierie basé sur l'APP, visant à combler le fossé entre les compétences requises par les personnes diplômées en ingénierie et celles acquises dans les programmes traditionnels. Ce programme a permis à des membres du corps étudiant en ingénierie de premier cycle dans un collège communautaire américain de travailler sur des projets d'ingénierie réels pour une clientèle industrielle, les guidant à travers l'ensemble du processus de design, de la définition du champ d'application à la livraison finale. Pour évaluer l'efficacité du programme, Johnson et al. (2015) ont mené une étude comparative entre les membres du corps étudiant du programme APP et ceux d'un programme d'ingénierie traditionnel. Les résultats préliminaires indiquent que les membres du corps étudiant du programme APP présentent un plus grand sentiment d'efficacité personnelle et une motivation intrinsèque plus élevée, bien qu'ils aient montré des améliorations moins marquées en matière de stratégies cognitives et d'autorégulation par rapport à leurs pairs du programme traditionnel. Bien que ces résultats soient préliminaires, le programme APP semble offrir certains avantages par rapport au programme traditionnel pour les membres du corps étudiant en ingénierie (Johnson et al., 2015).

Une autre étude menée en 2011 et 2012 (Cervantes et al., 2015) a exploré l'impact d'une école intermédiaire du Texas qui a modifié son approche pédagogique pour se concentrer sur l'APP dans le but d'améliorer les performances scolaires et les résultats des tests. L'étude a comparé un groupe d'élèves d'une école utilisant l'APP à un groupe d'élèves d'une autre école appliquant une pédagogie traditionnelle, avec l'objectif d'évaluer les résultats des élèves en mathématiques et en lecture. Le groupe APP comprenait 87 élèves de 7^e année et 84 élèves de 8^e année, tandis que le groupe de comparaison comptait 140 élèves de 7^e année et 150 élèves de 8^e année. Les résultats montrent que l'APP a un effet positif sur les résultats des élèves en lecture et en mathématiques. Pour les élèves de 7^e année, le groupe APP

obtient des résultats nettement supérieurs dans toutes les catégories de lecture, notamment : la compréhension et l'analyse à travers les genres (Catégorie 1), la compréhension et l'analyse des textes littéraires (Catégorie 2), et la compréhension et l'analyse des textes informatifs (Catégorie 3). En mathématiques, les élèves du groupe APP ont surpassé ceux du groupe non-APP dans toutes les catégories : les nombres, les opérations et le raisonnement quantitatif (Catégorie 1), les modèles, les relations et le raisonnement algébrique (Catégorie 2), la géométrie et le raisonnement spatial (Catégorie 3), la mesure (Catégorie 4), ainsi que la probabilité et les statistiques (Catégorie 5). Des résultats similaires sont observés pour les élèves de 8^e année, où le groupe APP surpasse le groupe non-APP dans toutes les catégories de lecture et dans la catégorie mathématique de la géométrie et du raisonnement spatial (Catégorie 3) (Cervantes et al., 2015).

Cependant, malgré ses nombreux avantages, l'APP en STIM présente certaines limites. Tout d'abord, les contraintes de temps peuvent être perçues comme un obstacle par les membres du corps enseignant lors de la planification et de la mise en œuvre de cette stratégie d'apprentissage pratique (Coate & White, 1996, cité par Capraro & Jones, 2013, p. 56). De plus, les difficultés de planification et de mise en œuvre se manifestent lorsque le corps enseignant de différentes matières (au palier secondaire) peine à coordonner un temps de planification commun, souvent en raison d'un manque de soutien administratif adéquat (Coate & White, 1996, cité par Capraro & Jones, 2013, p. 56). Certaines personnes enseignantes peuvent également exprimer leur malaise face à l'idée de s'écarter des manuels traditionnels ou des routines en classe pendant l'APP, en raison du mouvement des élèves dans la classe au lieu d'être assis à des pupitres. Par ailleurs, la disparité potentielle des connaissances préalables des élèves d'une classe à l'autre peut constituer un défi à une intégration efficace des matières dans les projets interdisciplinaires, ajoutant ainsi une complexité supplémentaire à la mise en œuvre de cette approche innovante (Coate & White, 1996, cité par Capraro & Jones, 2013, p. 56).

L'APP offre une possibilité d'améliorer les compétences en matière de pensée critique et de résolution de problèmes tout en faisant le lien entre l'apprentissage en classe et les applications dans le monde réel. Bien que la mise en œuvre de l'APP puisse présenter des défis, notamment en ce qui concerne la préparation du personnel enseignant et de soutien administratif, ses avantages sur le plan d'engagement des élèves et de compréhension conceptuelle approfondie suggèrent qu'il devrait être pris en compte par les membres du corps enseignant à la recherche d'approches novatrices en matière d'éducation STIM.

Mayhoffer (2023) propose des suggestions perspicaces pour intégrer l'APP dans les classes STIM. Une idée de projet convaincante implique que les élèves étudient les diverses méthodes d'adaptation

employées par les animaux pour survivre dans les climats froids. Dans ce scénario, les élèves sont chargés de concevoir leurs propres adaptations pour aider les animaux qui luttent contre les températures glaciales. Un autre concept de projet intéressant est centré sur l'exploration de solutions de logement abordable ayant un impact minimal sur l'environnement. Les élèves peuvent relever le défi de concevoir des maisons miniatures, ce qui favorise la créativité et la sensibilisation aux questions de durabilité. Une troisième idée captivante concerne la question de l'accès à l'eau potable. Les élèves construiront des prototypes visant à réduire le risque de maladies d'origine hydrique, ce qui leur permettra d'approfondir des sujets tels que la microbiologie, la thermodynamique et les implications sociales (Mayhoffer, 2023). Ces projets n'impliquent pas seulement la création de prototypes, mais encouragent également l'itération. Les élèves sont ancrés dans des problèmes du monde réel, ce qui leur permet de s'inspirer de plusieurs disciplines et d'y contribuer, donc enrichissant ainsi leur expérience d'apprentissages. Une deuxième approche à explorer est l'apprentissage par problèmes.

2.1.3.2. Apprentissage par problèmes

L'apprentissage par problèmes est également une approche pédagogique centrée sur les élèves. Cette approche leur permet de faire de la recherche et d'appliquer leurs connaissances et habiletés pour trouver une solution à un problème. Les problèmes sont souvent de nature interdisciplinaire (comme l'APP) et ils nécessitent une personne pour les guider dans le processus d'apprentissage et pour faciliter des discussions sur leurs apprentissages pendant et après la résolution du problème (Savery, 2006). Torp et Sage (2002, cité par Savery, 2006, p. 12) décrivent l'apprentissage par problèmes comme un apprentissage expérimental organisé autour de la résolution de problèmes complexes et authentiques. Ici, les élèves sont engagés à trouver une solution au problème, à comprendre le problème et à faire de la recherche sur le problème. El Sayary et al. (2015) ajoutent que les élèves passent par trois étapes :

1. Que savons-nous ?
2. Qu'avons-nous besoin de savoir ?
3. Comment pouvons-nous trouver ce dont nous avons besoin ?

Hmelo-Silver (2004, cité par Savery, 2006, p. 12) insiste sur le fait que le problème ne doit pas avoir une seule réponse et que les élèves devraient travailler en groupes pour identifier les éléments à rechercher, appliquer leurs connaissances et réfléchir sur leur apprentissage. La collaboration est essentielle, car les élèves partagent leurs perspectives et leurs idées pour aboutir à des solutions innovantes (Barrows (s. d., cité par Savery, 2006, p. 13)). En gros, il y a trois types d'apprentissages par problèmes : l'apprentissage cognitif qui met l'accent sur la pensée critique, la créativité et l'innovation ;

l'apprentissage collaboratif qui est centré sur la collaboration, l'autodirection et la communication ; et l'apprentissage du contenu qui met l'accent sur l'intégration des connaissances dans les disciplines des STIM, l'utilisation de la technologie et la pertinence dans les contextes de la vie réelle. Ces apprentissages mènent au développement de capacités de réflexion d'ordre supérieur (El Sayary et al., 2015). Dans le contexte de l'apprentissage par problèmes, les personnes enseignantes agissent souvent comme des facilitatrices ou des guides, fournissant un soutien et des conseils d'experts tout au long du processus (Barrows, s. d., cité par Savery, 2006). L'apprentissage par problèmes peut présenter des défis dans les écoles où le programme est dicté par des normes provinciales et des examens standardisés qui ont des enjeux élevés (surtout dans le cas des États-Unis). Ces contraintes peuvent limiter la capacité du personnel enseignant et des élèves à s'engager pleinement dans des activités d'apprentissage par problèmes (Savery, 2006) qui peuvent prendre un certain temps.

L'apprentissage par problèmes et l'apprentissage par projets partagent des similitudes, comme le développement de compétences du 21^e siècle telles que la pensée critique, la pensée créative et la collaboration, l'accent sur des problèmes authentiques et leur nature interdisciplinaire, mais les deux présentent également des différences distinctes. Selon Savery (2006), l'APP est plus axé sur la réalisation d'un produit final, comme la construction d'une fusée ou la conception d'un site web. Les solutions proposées de l'apprentissage par problèmes, pour leur part, demeurent théoriques. L'approche par problèmes tend à être plus courte que l'APP étant donné que les élèves travaillent à la création d'un produit final.

Rehmat et Hartley (2020) ont étudié l'impact de l'apprentissage par problèmes sur les connaissances du contenu et les capacités de pensée critique des élèves de quatrième année par rapport aux méthodes d'apprentissage traditionnelles. Les scientifiques ont mené une étude dans quatre classes, avec 46 élèves dans le groupe d'apprentissage traditionnel et 52 élèves dans le groupe d'apprentissage par problèmes. Les résultats montrent une différence significative entre les deux groupes, le groupe d'apprentissage par problèmes faisant preuve d'une meilleure connaissance du contenu et d'une meilleure capacité de pensée critique. Les scientifiques postulent que l'apprentissage par problèmes permet aux élèves de s'engager activement dans de nouveaux concepts en se basant sur leurs connaissances antérieures, en effectuant des recherches et en étant actifs dans leur apprentissage. En passant du temps à générer des idées et à élaborer des plans d'action, les élèves acquièrent une compréhension concrète des sujets liés aux STIM et mettent en pratique des compétences similaires à celles utilisées par les personnes professionnelles (Rehmat & Hartley, 2020). La nature des problèmes présentés dans les scénarios d'apprentissage par la pratique encourage les élèves à développer leurs idées existantes et à concevoir des solutions innovantes. Ces problèmes du monde réel favorisent la créativité et la pensée

critique. Les élèves sont mis au défi d'élaborer des solutions multiples, ce qui a renforcé leurs capacités de résolution de problèmes et de prise de décision (Rehmat & Hartley, 2020).

L'efficacité de l'apprentissage par problèmes dépend fortement du rôle joué par la personne enseignante et de la conception des problèmes eux-mêmes. Les membres du personnel enseignant doivent développer des compétences en facilitation afin de guider les élèves tout en leur laissant la liberté d'explorer les problèmes et d'apprendre de manière autonome. Une implication excessive de la personne enseignante peut limiter l'exploration et la créativité des élèves, tandis qu'un manque de direction risque de provoquer leur désengagement ou leur confusion (Dolmans et al., 2005). Par ailleurs, bien que certains éducateurs jugent nécessaire de fournir des définitions et du vocabulaire dès le départ pour mieux préparer les élèves, cette approche peut réduire le défi posé par le problème et nuire à la motivation intrinsèque, qui est au cœur de l'APP (Barrows, 1986). La conception des problèmes constitue également un défi majeur. Ceux-ci doivent rester à structurer, ouverts et interdisciplinaires, tout en présentant une complexité suffisante pour inciter les élèves à s'engager dans une recherche approfondie et à développer un apprentissage contextualisé (Hmelo-Silver, 2004). Des problèmes trop simples ou dépourvus de pertinence dans le monde réel peuvent empêcher les élèves de construire des connaissances significatives, compromettant ainsi l'objectif pédagogique de l'APP.

Dans l'ensemble, l'apprentissage par problèmes s'est avéré efficace pour promouvoir un apprentissage plus approfondi et le développement de compétences chez les élèves du primaire, soulignant son potentiel pour améliorer la connaissance du contenu et les compétences en matière de pensée critique dans le cadre de l'enseignement (Rehmat & Hartley, 2020). Pour approfondir notre compréhension de l'enseignement des STIM, il est important de clarifier ce que nous entendons par « ingénierie » et d'examiner son rôle au sein de la société.

2.2. Définition de l'ingénierie et son rôle au sein de la société

L'ingénierie est une approche systématique et souvent itérative de la conception d'objets pour répondre aux besoins et aux désirs des humains (National Academy of Engineering and National Research Council, 2009). Elle repose sur l'utilisation des principes mathématiques, des sciences et de la technologie pour relever les défis à travers une approche structurée, utilisant le processus de design. Malgré sa nature systématique, l'ingénierie exige la pensée créative et critique pour parvenir à des solutions aux problèmes (Capraro et al., 2013).

Selon les résultats d'une étude pancanadienne, menée par Mujawamariya et Mavriplis (2022)³, dans laquelle plus de 1 400 membres du corps étudiant et professoral en ingénierie, ainsi que des membres de l'administration et des personnes œuvrant en ingénierie ont répondu à un questionnaire en ligne sur l'ingénierie et le rôle des femmes dans ce domaine, 97 % des personnes répondantes conviennent ou conviennent fortement que l'ingénierie peut être définie comme l'application des sciences, des mathématiques et de la technologie pour concevoir et résoudre des problèmes. De plus, l'ingénierie est perçue comme une entreprise collaborative nécessitant la coopération de gens avec lesquels 93 % des personnes répondantes sont fortement d'accord ou d'accord avec cette idée. En outre, il est largement reconnu que l'ingénierie joue un rôle crucial dans l'avancement de la société, avec 92 % des personnes répondantes fortement d'accord ou d'accord avec cette notion. L'ingénierie est également caractérisée par son accent sur le développement de solutions efficaces à des problèmes spécifiques, comme le soutiennent 93 % des personnes répondantes. Enfin, l'ingénierie est perçue comme une force innovante capable de transformer positivement la vie des gens, une idée soutenue par 79 % des personnes participantes à l'étude de Mujawamariya et Mavriplis (2022).

Sheppard et al. (2006) ajoutent :

Depuis deux siècles, l'ingénierie, en tant que pratique professionnelle, a influencé les tendances en politique, société, économie et technologie. Par conséquent, la personne du secteur de l'ingénierie est influencée par le passé, continue de façonner le présent et influencera l'avenir. L'ingénierie ne consiste pas seulement à mécaniser ou à numériser le monde pour rendre la vie moins pénible et les nations plus puissantes. L'ingénierie en tant que profession doit améliorer le monde pour le bien commun [traduction libre] (p. 430).

2.3. Enseignement de l'ingénierie

Après avoir défini ce qu'est l'ingénierie et souligné son importance dans la société, nous nous penchons maintenant sur son enseignement au palier secondaire en Ontario. Ce thème, déjà évoqué brièvement au chapitre 1, sera ici approfondi à travers l'analyse du contenu présent dans les programmes-cadres de sciences et de mathématiques. Nous mettrons également en lumière ce que la recherche révèle

³ Les données de cette recherche n'ont pas encore été publiées dans des revues scientifiques, mais l'autorisation de les employer ici a été obtenue auprès des universitaires.

quant aux retombées positives de l'enseignement de l'ingénierie pour les élèves. Enfin, nous examinerons la place qu'occupe cette discipline dans les programmes de formation initiale à l'enseignement en Ontario.

2.3.1. Enseignement de l'ingénierie dans les écoles secondaires de l'Ontario

Dans les écoles secondaires de l'Ontario, l'ingénierie est intégrée aux cours de sciences et de mathématiques selon deux approches distinctes : le processus de design et le codage. Mais comment cette intégration est-elle faite ?

En 2022, le curriculum de sciences de 9^e année a fait l'objet d'une mise à jour et est le seul cours de sciences qui met explicitement l'accent sur l'intégration des concepts et des processus d'ingénierie. Ce cours de sciences (SNC1W) englobe cinq domaines interreliés : A – Compétences, carrières et liens dans le domaine des STIM ; B – Biologie ; C – Chimie ; D – Physique ; E – Sciences de la Terre et de l'espace (Ministère de l'Éducation de l'Ontario, 2022a). Le domaine A, appelé « Habiletés liées aux STIM, carrières et liens connexes », est conçu pour doter les élèves des compétences et des connaissances nécessaires pour explorer des concepts et établir des connexions avec d'autres domaines, ainsi que pour explorer des carrières en STIM. L'idée centrale est que les domaines B à E intègrent des éléments du domaine A pour améliorer la compréhension en biologie, chimie, physique et sciences de la Terre et de l'espace, développer une compréhension holistique des STIM et établir des liens avec des situations authentiques. Le personnel enseignant est ainsi responsable de veiller à ce que les élèves se trouvent dans des situations d'apprentissage qui permettront d'employer la démarche de recherche, la démarche expérimentale et le processus de design en ingénierie. Cela permet aux élèves de mener des enquêtes et des expériences, de trouver des solutions à des problèmes, d'acquérir une compréhension conceptuelle des principes scientifiques examinés et de communiquer efficacement leurs résultats (Ministère de l'Éducation de l'Ontario, 2022a). Quant aux jeunes, ils ont la possibilité d'utiliser le codage comme outil d'exploration et de modélisation de concepts scientifiques. À cette fin, les élèves peuvent concevoir des expériences et des prototypes. Cette approche permet non seulement d'acquérir des bases solides en sciences, mais aussi de développer des compétences essentielles en matière d'ingénierie et de codage, préparant ainsi les élèves aux exigences interdisciplinaires du monde moderne (Ministère de l'Éducation de l'Ontario, 2022a).

Il est important de noter que le personnel enseignant a la possibilité d'intégrer le processus de design et le codage dans d'autres cours de sciences, même si ces éléments ne sont pas explicitement mentionnés dans le programme. Chaque cours de sciences des écoles secondaires de l'Ontario comprend une catégorie de contenus d'apprentissage appelée « Rapprochement entre les sciences, la technologie, la

société et l'environnement », qui encourage l'établissement de liens avec le monde. Ce contenu permet aux élèves d'explorer les problèmes actuels auxquels notre société est confrontée dans le domaine des sciences, de la technologie et de l'environnement. Par conséquent, certaines personnes enseignantes ont peut-être déjà choisi d'intégrer le processus de design d'ingénierie et le codage dans leurs cours de sciences, avant même l'introduction du nouveau programme-cadre de sciences de 9^e année.

Quant au cours de mathématiques en 9^e année, il a été révisé en 2021. Il s'agit maintenant d'un cours de mathématiques décloisonné (MTH1W) qui comprend les domaines suivants : AA – Apprentissage socioémotionnel en mathématiques ; A – Pensée mathématique et établissement de liens ; B – Nombres ; C – Algèbre ; D – Donnée ; E – Géométrie et mesure ; F – Littératie financière (Ministère de l'Éducation de l'Ontario, 2021a). Le codage est parsemé tout au long de ce programme-cadre pour appuyer l'apprentissage qui a commencé à l'élémentaire. Dans le domaine C « Algèbre », les élèves utilisent le codage pour représenter des situations, analyser des concepts et résoudre des problèmes dans différents contextes (Ministère de l'Éducation de l'Ontario, 2021a). Dans le domaine F « Littératie financière », les élèves programment des données financières. Il fait aussi mention d'utiliser des logiciels de codage tout au long du cours afin d'« interagir avec les mathématiques » (Ministère de l'Éducation de l'Ontario, 2021a, paragr. 30) et pour développer des habiletés liées au processus de mathématiques de « Sélection d'outils et de stratégies » (Ministère de l'Éducation de l'Ontario, 2021a).

Bien qu'il n'y ait pas d'inclusion explicite du processus de design d'ingénierie dans aucun cours de mathématiques, et que le codage trouve sa seule mention dans le programme-cadre de mathématiques de la 9^e année, cette absence sur papier ne reflète pas nécessairement la réalité de ce qui se passe dans les salles de classe en Ontario. Les modifications apportées aux programmes d'études pour inclure la programmation et le processus d'ingénierie sont assez récentes, et nous prévoyons qu'à mesure qu'elles seront continuellement révisées, ces éléments seront intégrés à un plus grand nombre de cours de sciences et de mathématiques. Maintenant que nous comprenons comment l'ingénierie pourrait être intégrée aux cours de sciences et de mathématiques, explorons les stratégies d'enseignement et d'apprentissage qui se prêtent bien à l'enseignement de l'ingénierie au secondaire.

2.3.2. Nécessité de l'enseignement de l'ingénierie

Quand Bybee (2011) a recensé les cent articles d'actualité les plus populaires du 20^e siècle, l'universitaire a constaté que 40 % de toutes les nouvelles traitaient directement de l'ingénierie et de la technologie. Par exemple, l'histoire la plus connue est celle des États-Unis qui ont lâché des bombes atomiques sur Hiroshima et Nagasaki en 1945, tandis que la nouvelle en 92^e place revient à l'histoire de

1997, lorsque le « Pathfinder » atterrit sur la planète Mars, renvoyant des photos étonnantes (Bybee, 2011). Après une enquête plus approfondie, Bybee (2011) découvre que presque tous les reportages étaient liés à l'ingénierie et à la technologie; soit qu'il y ait un lien direct avec ces disciplines soit qu'il y ait une implication future de l'ingénierie et de la technologie. Cela « représente de façon claire ce que le public examine et apprécie en matière d'ingénierie et de technologie » [traduction libre] (Bybee, 2011, p.24). En ce début du 21^e siècle, nous appuyons la position que prend Bybee (2011), qui affirme que ce siècle remarquera probablement d'autres contributions en matière d'ingénierie et de technologie alors que nous continuons à faire face à de nombreux défis communautaires et mondiaux. Cela nous amène à justifier l'intégration de l'ingénierie dans les salles de classe.

Six avantages majeurs à l'enseignement de l'ingénierie (Cunningham & Sneider, 2023; National Academy of Engineering and National Research Council, 2009) méritent d'être mentionnées, à savoir :

1. La contribution de l'ingénierie à la compréhension par les jeunes du monde construit par les humains
2. L'amélioration de l'apprentissage et des résultats en mathématiques et en sciences;
3. La sensibilisation à l'ingénierie et au travail des spécialistes en ingénierie;
4. L'augmentation de la motivation à poursuivre une carrière en ingénierie;
5. La compréhension et l'engagement dans le processus de design;
6. Le développement des compétences transférables chez les élèves.

Nous examinons chacun de ces points, dans les pages qui suivent, afin d'explorer plus en profondeur certains avantages majeurs de l'enseignement de l'ingénierie.

2.3.2.1. Compréhension d'un monde construit par les humains

Dans notre monde moderne, les spécialistes en ingénierie jouent un rôle indispensable dans le façonnement de notre environnement. Les objets, les systèmes, les innovations et les matériaux conçus sont tellement bien intégrés dans nos vies que nous les tenons souvent pour acquis. Des éléments aussi communs que l'électricité, les aliments sains, les téléphones, les ponts, les appareils ménagers et même les laisse pour chiens sont tous des produits de l'ingénierie (Cunningham & Sneider, 2023).

Il est donc essentiel pour les élèves (et les adultes) d'acquérir des connaissances et de développer des compétences sur ces technologies qui font partie intégrante de notre existence. L'enseignement de l'ingénierie nous aide non seulement à mieux comprendre le monde dans lequel nous vivons, mais nous encourage également à considérer les implications éthiques et sociales liées à ces technologies. Ces connaissances permettent aux individus de devenir des citoyens éduqués et informés, capables d'évaluer

de manière critique les impacts des technologies émergentes et de décider s'il convient de les adopter ou de les aborder avec prudence. De plus, les jeunes acquièrent un sens des responsabilités, ce qui fait qu'il est essentiel que les jeunes réfléchissent à la manière dont ces technologies peuvent affecter les individus et la société dans son ensemble (Cunningham & Sneider, 2023).

Par ailleurs, les jeunes devraient se pencher non seulement sur ce que la technologie peut faire, mais aussi sur la manière dont elle peut affecter la vie des gens. L'enseignement de l'ingénierie donne aux jeunes une vue d'ensemble des technologies existantes et les encourage à envisager des solutions innovantes pour relever les défis sociétaux les plus pressants. Essentiellement, elle forme des jeunes en ingénierie qui peuvent activement façonner le monde dans lequel nous vivons. Ces élèves deviennent capables de poser des questions éclairées et de prendre des décisions réfléchies concernant l'utilisation et le développement de la technologie (Cunningham & Sneider, 2023).

Ainsi, l'enseignement de l'ingénierie est un catalyseur qui favorise l'émergence d'une génération d'individus qui ne se contentent pas de naviguer dans le paysage riche en technologies, mais qui contribuent également à le faire progresser de manière responsable, garantissant ainsi un avenir plus radieux et plus équitable pour tout le monde (Cunningham & Sneider, 2023).

2.3.2.2. Apprentissage et compréhension en sciences et en mathématiques

Des projets impliquant l'ingénierie peuvent offrir un contexte attrayant qui motive les élèves, en alimentant leur enthousiasme à concevoir des solutions uniques à des problèmes de la vie réelle. Au cours d'une tâche impliquant des concepts d'ingénierie, les élèves appliquent activement les principes des sciences et des mathématiques, ce qui leur permet de mieux comprendre pourquoi et comment ces disciplines sont utiles (Cunningham & Sneider, 2023). Cela correspond à l'une des assertions les plus courantes concernant l'enseignement de l'ingénierie, à savoir qu'elle améliore la compréhension des sciences et des mathématiques par les élèves (Cunningham & Sneider, 2023; Hsu et al., 2011; Madara & Namango, 2016; National Academy of Engineering and National Research Council, 2009; Wiswall et al., 2014).

Hammack (2016), puis Cunningham et Sneider (2023) soulignent que le fait de s'attaquer à des problèmes d'ingénierie concrets et pratiques oblige les élèves à appliquer leurs connaissances en sciences et en mathématiques, ce qui leur permet de mieux comprendre les concepts clés. Rockland et al. (2010) avancent en outre que l'intégration de concepts d'ingénierie dans les cours de mathématiques et de sciences va au-delà d'une approche disciplinaire, permettant aux élèves d'identifier des liens avec la vie réelle, de résoudre des problèmes complexes et d'éveiller leur motivation. Ces universitaires décrivent avec

justesse cette synergie en affirmant que « quand on enseigne les sciences et l'ingénierie en tandem, elles s'étendent et se renforcent mutuellement » [traduction libre] (Rockland et al., 2010, p. 54).

Les recherches actuelles suggèrent que cet énoncé pourrait être exact. À titre d'exemple, Lachapelle et Cunningham (2007) déclarent que les élèves ayant participé au programme « Engineering is Elementary » ont une meilleure compréhension des concepts scientifiques que les élèves qui n'y ont pas participé. Ce programme d'études conçu pour les élèves de l'élémentaire permet aux élèves d'être exposés à l'ingénierie et à la technologie par l'entremise de thèmes scientifiques (Lachapelle & Cunningham, 2007). Chaque unité débute avec une histoire dans laquelle l'élève résout un problème réel en utilisant le processus de design. Afin de donner un contexte réel au problème, les histoires traitent de technologies qui sont actuellement en développement dans le monde (Lachapelle & Cunningham, 2007). Afin d'évaluer l'efficacité du programme d'études, une évaluation comprenant des questions de l'ingénierie et de sciences a été administrée auprès d'un premier groupe d'élèves ayant suivi le programme ($n = 5\,139$) et d'un deuxième groupe (le groupe contrôle) n'ayant pas suivi le programme ($n = 1\,827$). Pour le premier groupe d'élèves, l'évaluation a été effectuée avant et après l'achèvement d'un module de cours. Les résultats révèlent que les élèves ayant complété une unité d'ingénierie (à comparer au groupe contrôle et à eux-mêmes avant d'avoir commencé le programme) ont une meilleure compréhension des concepts scientifiques liés aux unités (Lachapelle & Cunningham, 2007).

Le projet décrit par Habash et Suurtamm (2010) illustre une approche différente, axée sur le niveau secondaire et universitaire. Les universitaires ont mis en place un programme de sensibilisation multidimensionnel basé sur une plateforme de mécatronique, qui a réuni des élèves du secondaire et des personnes étudiantes en ingénierie à l'Université d'Ottawa. Le corps étudiant en ingénierie a collaboré pour concevoir et présenter des démonstrations interactives aux classes du secondaire, illustrant de manière tangible comment les connaissances en sciences et en mathématiques se traduisent par des solutions concrètes. Le projet a rejoint 44 élèves du secondaire, qui ont rempli un court sondage écrit à la fin des séances, ainsi qu'un groupe de personnes étudiantes en ingénierie responsables de la conception et de la prestation des activités. Les résultats démontrent une forte influence positive sur les perceptions des jeunes : 97 % d'entre eux ont affirmé que les démonstrations les ont aidés à comprendre les liens entre les sciences et les mathématiques apprises à l'école et leur application au monde réel, 72 % ont rapporté que les séances les ont rendus plus intéressés par les sciences et les mathématiques, et 86 % ont indiqué que leur intérêt pour une carrière en ingénierie avait augmenté. Ce type d'initiative met en lumière l'efficacité des programmes de sensibilisation en génie pour accroître l'engagement des élèves, relier les apprentissages scolaires aux applications concrètes et élargir leur compréhension des possibilités offertes par le domaine de l'ingénierie.

Dans le même ordre d'idées, les responsables du projet de l'état américain New Jersey, « Engineering Our Future », remarquent que les élèves du primaire, de l'intermédiaire et du secondaire ayant suivi leur programme ont de meilleurs résultats en mathématiques et en sciences lors des tests d'évaluation de l'État. « Engineering Our Future » est un projet de collaboration avec le « Stevens Institute of Technology », le Département d'éducation du New Jersey et un musée de sciences situé à Boston. Le programme dispense des formations professionnelles au personnel enseignant, de l'assistance technique et de l'appui dans la salle de classe, permettant d'inclure des activités d'innovation dans les salles de classe de la maternelle à la 12^e année (Hotaling et al., 2007).

En revanche, ce ne sont pas tous les programmes qui ont rapporté des résultats positifs quant à une meilleure compréhension en mathématiques et en sciences. Tran et Nathan (2010) ont évalué le programme « Project Lead the Way » et constatent qu'il n'y avait pas d'augmentation significative dans la réussite des élèves en mathématiques et en sciences. « Project Lead the Way » est un programme d'études pour les paliers intermédiaire et secondaire aux États-Unis. À l'intermédiaire, le programme comprend cinq cours de dix heures chacun offerts sur une période de neuf semaines pour présenter l'ingénierie (ainsi que les sciences, les mathématiques et la technologie) en vue d'outiller les jeunes afin de les aider à résoudre des problèmes de la vie quotidienne. Pour le palier secondaire, il s'agit d'offrir trois cours d'une durée de dix heures chacun offerts pendant une période d'un an conçus comme des cours de base à l'ingénierie (tels que les principes de l'ingénierie) et des cours spécialisés (par exemple, l'ingénierie aérospatiale). Le programme s'adresse aux élèves qui désirent poursuivre leurs études postsecondaires en ingénierie. « Project Lead the Way » est l'un des programmes de l'ingénierie précollégial les plus populaires aux États-Unis (Tran & Nathan, 2010).

Ce même programme a été évalué par d'autres universitaires et les résultats sont contradictoires à ceux de Tran et Nathan (2010). Schenk et al. (2011) affirment que « Project Lead the Way » mène à de meilleurs résultats en mathématiques et en sciences au test de l'État d'Iowa (nommé l'« Iowa Test of Educational Development »). Van Overschelde (2013) partage également les effets positifs des résultats du programme. En comparant les élèves ayant suivi le programme avec des élèves ne l'ayant pas suivi, Van Overschelde (2013) a conclu que les élèves ayant suivi le programme réussissent mieux le test de mathématiques de l'État du Texas. De plus, plus d'élèves satisfaisaient aux critères de préparation pour l'université, le nombre d'inscriptions aux études postsecondaires augmente, et les jeunes décident d'entrer sur le marché du travail et gagnent des salaires plus élevés que ceux n'ayant pas suivi le programme.

Quoique les résultats varient entre les programmes d'études, la recherche suggère que les élèves du primaire, de l'intermédiaire et du secondaire peuvent, dans certaines circonstances, améliorer leurs

connaissances en sciences et en mathématiques par l'entremise d'activités d'ingénierie (Hammack, 2016). L'intégration de l'ingénierie ne garantit pas cependant une meilleure compréhension en sciences et en mathématiques (National Academy of Engineering and National Research Council, 2009).

2.3.2.3. Sensibilisation à l'ingénierie et au travail des spécialistes en génie

Un bénéfice de la profession d'ingénierie pour la société est que celle-ci résout des problèmes qui nous affectent. Par contre, si les jeunes ont une vision limitée du travail des personnes œuvrant en ingénierie, ils entretiennent des stéréotypes négatifs de la profession et pensent que ces personnes ne font que conduire des trains ou réparer des voitures, ils peuvent être moins enclins à considérer des études et des carrières en ingénierie (National Academy of Engineering and National Research Council, 2009). Ils peuvent aussi continuer à propager ces mêmes stéréotypes, d'où la motivation de sensibiliser les élèves à l'ingénierie et au travail des spécialistes en ingénierie.

Hotaling et al. (2007), Lachapelle et Cunningham (2007) et la National Academy of Engineering et le National Research Council (2009) sont d'avis que l'intégration d'activités d'ingénierie permet aux élèves d'acquérir une meilleure connaissance des diverses carrières en ingénierie et des tâches accomplies par les spécialistes en ingénierie. Certaines initiatives telles que « Engineering Our Future » et « Engineering is Elementary » réussissent à sensibiliser les personnes qui y participent. Les élèves ayant participé à « Engineering Our Future » ont des conceptions plus représentatives de l'ingénierie que les autres, peuvent reconnaître le travail fait par des personnes œuvrant en ingénierie (Hotaling et al., 2007), sont capables de nommer plusieurs types d'ingénierie et peuvent décrire des activités d'ingénierie (Hirsch et al., 2005). À leur tour, les élèves ayant participé à « Engineering is Elementary » ont une meilleure compréhension du travail des personnes en ingénierie et une conception élargie de la technologie (Lachapelle & Cunningham, 2007). Les impacts positifs ne s'arrêtent pas aux élèves : le personnel enseignant ayant mené des activités d'ingénierie avec ses élèves est également sensibilisé aux carrières en ingénierie (McGrath et al., 2008).

De manière complémentaire, le programme Future City (Andrews Paulsen, 2020), qui existe aux États-Unis et au Canada, illustre également l'effet de l'ingénierie sur la sensibilisation des élèves. Dans une étude menée sur le programme américain, 46 % des jeunes ont indiqué que la participation au projet les avait aidés à percevoir un lien entre leurs intérêts personnels et une carrière en ingénierie. Future City est une expérience d'apprentissage par projet où les élèves de la 6^e à la 8^e année imaginent, conçoivent et construisent des villes du futur. Les jeunes travaillent en équipe avec une personne enseignante et des spécialistes en ingénierie pour planifier et construire leur ville. Le programme 2020 a impliqué 1 560 élèves,

démontrant qu'une exposition concrète à des activités d'ingénierie collaboratives peut renforcer la compréhension de la profession et stimuler l'intérêt pour des parcours futurs dans ce domaine.

L'intégration de l'ingénierie dans la salle de classe peut donc exposer les élèves à l'ingénierie, les sensibiliser quant à leur travail et peut-être même les inciter à poursuivre des carrières dans le domaine (Hammack, 2016). Dans cette optique, les responsables de l'orientation des élèves peuvent jouer un rôle complémentaire, en consolidant les apprentissages réalisés en classe et en accompagnant les élèves dans l'exploration de parcours professionnels en ingénierie. Une approche orientante, impliquant à la fois le personnel enseignant disciplinaire et les services d'orientation, pourrait renforcer l'impact de ces initiatives sur les choix de carrière des jeunes.

2.3.2.4. Motivation à poursuivre une carrière en ingénierie

Le Canada devrait être capable d'attirer de jeunes personnes compétentes et créatives vers la profession d'ingénierie pour continuer à prospérer économiquement et demeurer un des pays leaders en innovation. Cependant, plusieurs élèves qui pourraient poursuivre une carrière en ingénierie ne le font pas. C'est peut-être parce que ces jeunes ne comprennent pas le travail que font les personnes en ingénierie ou que les élèves ne pensent pas avoir les habiletés nécessaires pour poursuivre une carrière en ingénierie. Ce dernier point est particulièrement vrai pour les filles et les élèves de minorités visibles (Chang, 2002; Hammack, 2016; National Academy of Engineering and National Research Council, 2009; UNESCO, 2017)⁴.

Jusqu'en 2022, le système éducatif ontarien misait sur l'idée que les élèves qui aiment les sciences et les mathématiques et qui y réussissent se tourneraient naturellement vers l'ingénierie, même si cette discipline n'était pas explicitement abordée dans les cours. Or, cette approche ne semble pas avoir permis d'attirer une diversité d'élèves vers le domaine. C'est la raison pour laquelle l'intégration de l'ingénierie dans les classes de la maternelle à la 12^e année pourrait être une stratégie pour attirer plus d'élèves de diverses origines. L'idée selon laquelle l'exposition à la profession d'ingénierie par l'entremise d'activités (scolaires, périscolaires ou parascolaires) afin d'attirer plus d'élèves à la profession a été proposée par la National Academy of Engineering et le National Research Council (2009) appuyé par Cunningham et Sneider

⁴ Ce phénomène est bien documenté aux États-Unis et à l'échelle internationale grâce à l'UNESCO, mais il est difficile de trouver des recherches similaires effectuées au Canada, surtout au sein de la population franco-ontarienne. C'est le cas d'une grande partie des données utilisées dans la présente recension des écrits, ce qui justifie le besoin et l'intérêt pour notre projet de recherche.

(2023). Ces universitaires expliquent qu'en faisant participer les élèves à des expériences d'ingénierie authentiques et pertinentes qui ont des applications dans le monde réel, qui mentionnent explicitement l'ingénierie et où les élèves agissent en tant que spécialistes de l'ingénierie, on augmente les probabilités de poursuivre une carrière en ingénierie. Cette approche permet aux jeunes d'envisager le rôle qu'ils pourraient jouer dans l'ingénierie pour aider le monde (Cunningham & Sneider, 2023).

Certaines études confirment ce constat. Ferreira (2002) a effectué une étude de cas afin de déterminer l'impact d'un programme parascolaire auprès de 18 filles à l'intermédiaire. L'étude conclut que 14 des 18 filles désiraient (au moment du questionnaire) poursuivre l'ingénierie après avoir participé au programme. Une autre recherche menée par Anderson et al. (2005) met en relief le fait que 80 % des filles du secondaire qui ont participé à un camp d'été en ingénierie (n = 355) intitulé « Discover Engineering » ont démontré plus d'intérêt pour la profession d'ingénierie qu'au début du camp. L'objectif du camp était d'initier des filles à l'idée de poursuivre des carrières en ingénierie, en les exposant aux défis et aux apports de ce domaine par l'entremise d'activités et de discussions. Le camp fut mené par des spécialistes en ingénierie et en sciences, ainsi que des étudiantes dans ce même domaine à l'Université Ryerson (aujourd'hui appelée Toronto Metropolitan University). Des sondages de suivi ont ensuite été menés auprès des personnes participantes au camp qui sont maintenant inscrites à des études postsecondaires (n = 162). D'après les universitaires, 31 % des personnes participantes ont poursuivi des carrières en ingénierie après le secondaire, 27 % en sciences de la nature, 10 % en technologies et les autres (32 %) dans d'autres domaines (Anderson et al., 2005). Les élèves qui ont participé au camp d'été s'intéressaient déjà aux sciences et aux mathématiques, sans avoir encore choisi un parcours professionnel précis. Nous ne pouvons pas déterminer si l'impact serait aussi important chez les élèves qui sont moins enclins à s'intéresser aux mathématiques et aux sciences.

Les élèves ne tirent pas les mêmes bénéfices des initiatives en ingénierie, et cela ne signifie pas nécessairement un échec du programme. Par exemple, Bayles et al. (2007) ont offert un programme d'enrichissement d'ingénierie pour les élèves en douance qui demandait de compléter un projet de design sur l'énergie renouvelable. À la suite de l'expérience, les élèves ont rempli un questionnaire sur leurs intérêts et attitudes envers l'ingénierie. Douze pourcents des élèves démontraient moins de confiance dans leurs habiletés à devenir des spécialistes en ingénierie à la suite de leur participation, comparé à 42 % qui se sentaient plus en confiance, et 7 % avaient moins d'intérêt à poursuivre une carrière en sciences ou en ingénierie tandis que 43 % avaient plus d'intérêt. Même si la proportion d'élèves ayant rapporté une baisse d'intérêt ou de confiance est relativement faible, ces résultats pourraient indiquer que l'expérience a permis à certains jeunes de mieux se connaître et de mieux cerner leurs intérêts professionnels.

2.3.2.5. Compréhension et engagement dans le processus de design

Le processus de design est, comme son nom l'indique, un processus, qui est utilisé par les spécialistes en ingénierie pour résoudre des problèmes à multiples solutions (National Academy of Engineering and National Research Council, 2009) ou pour répondre à un besoin (Ministère de l'Éducation de l'Ontario, 2022a). La littérature montre que plusieurs modèles du processus de design existent et qu'ils se ressemblent sur les grandes lignes, tout en présentant des différences dans le nombre et le libellé des étapes. Par exemple, certaines personnes décrivent un processus en cinq étapes (réflexion, définition du problème, idéation, prototype, évaluation) (Dym et al., 2005), tandis que d'autres en identifient six, sept ou même huit (avec l'ajout de la communication, la révision du prototype, choisir la meilleure solution comme une étape elle-même) (Mangold & Robinson, 2013; TeachEngineering, s. d.-a; Tien Long et al., 2020). Ces variations reflètent les différences de priorités, comme l'intégration de l'humain, l'itération ou l'évaluation formalisée. Le processus est parfois nommé différemment. Par exemple, le processus de conception technologique est couramment utilisé au Québec.

Pour cette recherche, nous adoptons un modèle de design qui comprend six étapes et qui souligne l'aspect humain du processus, qui met l'accent sur l'importance de l'évaluation et de la modification du prototype, qui demande que les élèves communiquent ensuite leur solution et qui est en lien avec le modèle proposé par le ministère de l'Éducation de l'Ontario. Les étapes retenues sont : réflexion et interrogation; définition et recherches; idéation; prototype; mise à l'essai; et communication (visuel à l'Annexe 2) (Actua, 2023). Le Tableau 3 ci-dessous présente une description de chacune des étapes du processus de design (Actua, 2023; Ministère de l'Éducation de l'Ontario, 2022a).

Tableau 3 – Étapes et pistes à suivre pour effectuer le processus de design en salle de classe

Étapes	Pistes à suivre
La réflexion et l'interrogation	• Réfléchir à la communauté pour explorer ce qui pourrait être amélioré (Actua, 2023). • « Identifier des personnes touchées par le problème » (Ministère de l'Éducation de l'Ontario, 2022a, paragr. 85). • Interroger les membres de la communauté pour explorer leurs préoccupations (Actua, 2023). • « Faire preuve d'empathie de bien comprendre leurs préoccupations » (Ministère de l'Éducation de l'Ontario, 2022a, paragr. 85).
La définition et les recherches	• Définir la question à laquelle répondre (Actua, 2023). • « Mener des recherches sur le problème et les solutions existantes » (Actua, 2023, paragr. 2). • Explorer les solutions existantes au problème (Actua, 2023).
L'idéation	• Effectuer « un remue-méninges afin de trouver plusieurs idées pour résoudre le problème » (Actua, 2023, paragr. 3). • Choisir une idée qui corresponde à la résolution du problème, au budget, aux matériaux et aux contraintes de temps. Il peut s'agir d'améliorer une solution existante (Ministère de l'Éducation de l'Ontario, 2022a). • Élaborer des critères de réussite (Ministère de l'Éducation de l'Ontario, 2022a).
Le prototype	• Planifier le design de la solution (Ministère de l'Éducation de l'Ontario, 2022a). • « Prendre en considération les questions économiques, environnementales, éthiques, de santé et de sécurité » (Ministère de l'Éducation de l'Ontario, 2022a, paragr. 87). • Créer un prototype à partir du design (Actua, 2023). Celui-ci pourrait être un objet, une simulation, un modèle informatique, un processus, un système, etc. (Ministère de l'Éducation de l'Ontario, 2022a).
La mise à l'essai	• « Mettre au point des tests pour évaluer la solution » (Ministère de l'Éducation de l'Ontario, 2022a, paragr. 88). • Mettre à l'essai la nouvelle idée sous de vraies conditions (ou du plus que possible) (Khandani, 2005) • Prendre des observations (Ministère de l'Éducation de l'Ontario, 2022a). • Recueillir des commentaires de la part du public cible et des camarades de classe (Ministère de l'Éducation de l'Ontario, 2022a). • Analyser les résultats de la mise à l'essai « pour déterminer les modifications à apporter au prototype » (Ministère de l'Éducation de l'Ontario, 2022a, paragr. 89). • Peaufiner le prototype (Actua, 2023).

Étapes	Pistes à suivre
La communication	• Déterminer les informations importantes à partager du projet (Ministère de l'Éducation de l'Ontario, 2022a). • Élaborer « un plan de présentation ou de démonstration » (Actua, 2023, paragr. 6). • Utiliser un vocabulaire approprié pour le public cible (Ministère de l'Éducation de l'Ontario, 2022a). • Faire une révision de l'ébauche et apporter des changements au besoin (Ministère de l'Éducation de l'Ontario, 2022a). • Présenter le prototype (la solution au problème) (Ministère de l'Éducation de l'Ontario, 2022a).

L'Annexe 2 expose une version du processus de design qui est légèrement différente de celle proposée dans le programme-cadre de sciences de l'Ontario. Nous avons travaillé sur cette version du processus de design avec l'équipe éducative d'Actua afin de proposer des orientations au personnel enseignant pour tenter de faciliter la tâche d'entreprendre le processus de design avec ses élèves. Mais dans l'ensemble, le processus reste similaire à celui proposé par le ministère de l'Éducation de l'Ontario. Il s'agit d'un processus itératif dans lequel les élèves travaillent en collaboration et s'engagent dans leur propre apprentissage pour résoudre des problèmes sociétaux liés aux STIM.

La beauté du processus de design est qu'il peut être utilisé dans une variété de cours et de multiples niveaux d'enseignement (Cunningham et al., 2007). Grâce à ce processus, les élèves peuvent recourir à leurs connaissances antérieures en sciences, en mathématiques, en technologie et dans d'autres disciplines, tout en mettant en œuvre leurs expériences de vie pour résoudre un problème de la vie quotidienne (Bull et al., 2009; Kelley, 2010; Meyrick, 2012). De plus, ce processus permet aux élèves de s'imprégner des concepts abstraits dans le contexte de problèmes concrets, ce qui pourrait avoir un impact positif sur leur apprentissage des concepts en ingénierie, mais aussi d'autres disciplines scolaires, telles que les sciences et les mathématiques (National Academy of Engineering and National Research Council, 2009). Pour toutes ces raisons, nous nous concentrons sur le processus de design comme moyen d'intégrer l'ingénierie dans les cours au palier secondaire.

D'après Lachapelle et Cunningham (2007), les élèves ayant participé au programme « Engineering is Elementary » ont une meilleure compréhension des étapes du processus de design et du vocabulaire lié à l'ingénierie et à la technologie. Quelques universitaires avancent l'idée qu'il n'est cependant pas toujours évident pour le personnel enseignant d'enseigner le processus de design en raison d'un manque de compréhension quant à la manière dont il peut être intégré aux programmes-cadres (Hill & Smith, 1998;

Ressler & Ressler, 2004). En fait, il n'est pas toujours facile pour les élèves d'apprendre et de mettre en œuvre ce processus. Les élèves ont tendance à perdre du temps à essayer de définir le problème parce que les outils ou l'expérience de la définition d'un problème leur font défaut.

Selon Damphousse (2017), lorsqu'ils réalisent une démarche d'analyse technologique, les jeunes adoptent souvent des stratégies d'essais et d'erreurs, explorant différentes façons de comprendre le fonctionnement d'un objet technique plutôt que de suivre strictement les étapes formelles du processus de design. Damphousse identifie trois types principaux de démarches :

1. La démarche séquentielle, où les élèves analysent l'objet étape par étape, du début à la fin, en suivant un ordre linéaire.
2. La démarche par systèmes, où les élèves étudient l'objet en identifiant d'abord ses sous-systèmes et composants avant de comprendre le tout.
3. La démarche en spirale, où les élèves alternent entre l'analyse globale et les détails des composants, revenant plusieurs fois sur différentes parties de l'objet pour affiner leur compréhension.

Ces types de démarches montrent que les « essais et erreurs » des élèves ne sont pas simplement aléatoires : il s'agit de stratégies exploratoires qui leur permettent de construire progressivement leur compréhension du processus de design. Il peut être difficile pour le personnel enseignant d'intégrer des concepts précis tout en permettant aux élèves de s'engager pleinement dans le processus de design, ce qui souligne l'importance d'un encadrement pédagogique adapté et d'une pratique répétée pour développer la maîtrise du processus.

Pour répondre à ce défi et favoriser l'exploration de l'ingénierie en classe, Ève Langelier, responsable de la Chaire pour les femmes en sciences et génie au Québec, et son équipe ont développé une trousse pédagogique innovante. Cette trousse invite les élèves à résoudre un problème technologique en explorant l'utilisation des machines simples. Cette approche permet aux élèves non seulement de mieux comprendre le travail des personnes œuvrant en ingénierie, mais aussi de reconnaître l'importance des machines simples dans des contextes pratiques. Selon le site Web de la Chaire, les résultats obtenus lors des tests sont prometteurs : la majorité des élèves développent un intérêt accru pour les sciences et la technologie tout en acquérant une compréhension plus claire du rôle de l'ingénierie dans la société. Les jeunes signalent également être capables de reconnaître des machines simples dans des objets du quotidien. Cette trousse constitue donc un outil précieux pour intégrer l'ingénierie dans les cours, tout en rendant les concepts accessibles et engageants pour les élèves (Chaire pour les femmes en sciences et en

génie au Québec, 2016). À son tour, Penner et al. (1997) constatent que les élèves du primaire ont de la difficulté à comprendre comment créer un prototype. Au lieu de considérer un prototype comme étant un objet physique fonctionnel, les élèves le comprennent comme une maquette, donc un produit non fonctionnel de taille réduite. La préparation du personnel enseignant est donc essentielle pour favoriser son intégration en classe.

2.3.2.6. Développement des compétences du 21^e siècle chez les élèves

Dans le cadre de l'enseignement de l'ingénierie, les élèves sont placés dans des situations d'apprentissage qui aident à développer leurs compétences transférables, telles que la résolution de problèmes, l'innovation, la pensée créative, la collaboration et la littératie technologique. Selon le ministère de l'Éducation de l'Ontario (2022b), celles-ci sont « nécessaires pour répondre aux besoins économiques et sociétaux du monde d'aujourd'hui et pour devenir une citoyenne ou un citoyen ayant une culture scientifique » (paragr. 27). Nous explicitons, en détail, chacun de ces avantages.

2.3.2.6.1. La résolution de problèmes

L'enseignement de l'ingénierie offre aux élèves une plateforme pour développer leurs compétences en matière de résolution de problèmes. Grâce à l'intégration de l'ingénierie dans les cours (parmi d'autres stratégies), les élèves peuvent être exposés à des problèmes authentiques, ce qui leur permet d'acquérir des stratégies de résolution de problèmes efficaces pour relever des défis complexes. Les élèves apprennent à adopter des perspectives multiples, à décomposer des problèmes complexes en éléments plus faciles à gérer et à cultiver la volonté de prendre des risques calculés. De plus, l'enseignement de l'ingénierie inculque la précieuse leçon de la persévérance face à l'échec, en soulignant que les échecs font naturellement partie du parcours de résolution de problèmes (Cunningham & Sneider, 2023; TeachEngineering, s. d.-a).

2.3.2.6.2. L'innovation et la pensée créative

Parallèlement, encourager l'innovation et la pensée créative chez les élèves est important, car, comme le souligne Sternberg (2007), « les problèmes auxquels nous sommes confrontés, que ce soit dans nos familles, nos communautés ou nos nations, sont nouveaux et difficiles, et nous devons penser de manière créative et divergente pour les résoudre » [traduction libre] (p. 7). Ainsi, la participation à un enseignement de l'ingénierie peut faciliter le développement de la pensée créative, en donnant aux élèves les moyens d'aborder les problèmes avec des perspectives innovantes (Cunningham & Sneider, 2023).

Cependant, il est important de reconnaître que ce résultat souhaité n'est pas toujours atteint, en particulier au niveau du baccalauréat en ingénierie. Comme le révèle une personne étudiante de premier cycle dans le cadre de l'étude de Cropley (2015) :

En tant que personnes en génie, nous sommes censées être les innovatrices du monde, inspirées par la créativité et la passion de la résolution de problèmes. Cependant, de nombreux programmes d'études privent le corps étudiant de leur enthousiasme pour les défis à relever. Les membres du corps étudiant obtiennent leur diplôme sans y être préparés [traduction libre] (p.7).

Une autre personne a déclaré :

Je pense que les spécialistes en ingénierie ont besoin de discussions ouvertes et de projets d'équipe, plutôt que de devoirs hebdomadaires qui ne traitent que de problèmes théoriques. Je comprends qu'il est nécessaire d'acquérir une base solide sur les principes fondamentaux, mais cela ne devrait pas s'étendre sur quatre années d'études de premier cycle, sans l'apprentissage pratique supplémentaire. Le corps étudiant oublie alors pourquoi il se passionne pour l'ingénierie [traduction libre] (p. 7-8).

Ces voix soulignent la nécessité d'une approche plus équilibrée entre la théorie et la pratique, dans laquelle des expériences d'apprentissage concrètes, comme la participation au processus de design d'ingénierie, sont intégrées afin de renforcer les compétences en pensée créative des personnes apprenantes.

2.3.2.6.3. La collaboration

La collaboration est une compétence clé que les élèves peuvent développer grâce à l'enseignement de l'ingénierie. Pour travailler sur des projets à l'aide du processus de design, les élèves doivent collaborer avec leurs pairs (TeachEngineering, s. d.-a), répartir les tâches, partager les responsabilités et résoudre collectivement les problèmes d'ingénierie. Ces expériences pratiques jouent un rôle essentiel dans le développement des compétences des élèves en matière de communication et de travail d'équipe.

Cependant, il importe de noter que la simple participation à des projets de collaboration ne permet pas toujours d'encourager pleinement les compétences de collaboration des élèves. Pour y parvenir, une approche plus délibérée est nécessaire. Les élèves devraient avoir la possibilité de réfléchir sur leurs expériences en équipe et d'apprendre à identifier puis à résoudre les problèmes liés à la dynamique de leur groupe. Cette approche globale vise à assurer que les élèves ne se contentent pas de participer à des

tâches collaboratives, mais de développer et d'affiner activement les compétences collaboratives essentielles à la réussite de leurs études et de leurs projets professionnels (Mercier et al., 2023).

2.3.2.6.4. La littératie technologique

La littératie technologique correspond à la capacité de comprendre les concepts fondamentaux et les processus associés à la technologie et à l'ingénierie (Bybee, 2000). Elle inclut à la fois la compréhension des objets techniques et des systèmes (Dampousse, 2017) et la capacité à utiliser et intégrer des outils technologiques et numériques dans des contextes d'apprentissage et de résolution de problèmes (Gareau, 2022). Selon Dampousse (2017), développer la littératie technologique implique de savoir analyser, observer et raisonner sur le fonctionnement des objets techniques, en allant au-delà de leur simple utilisation. Gareau (2022), pour sa part, souligne l'importance pour les élèves et le personnel enseignant de mobiliser des connaissances technologiques, disciplinaires et pédagogiques afin d'intégrer efficacement les outils numériques dans l'enseignement des sciences et de la technologie. Ainsi, la littératie technologique peut être comprise comme un ensemble de compétences permettant à la fois d'analyser, comprendre et manipuler des objets techniques, et de mobiliser des outils technologiques pour résoudre des problèmes et prendre des décisions éclairées.

Plusieurs universitaires ont démontré que l'intégration de l'ingénierie dans les classes de la maternelle à la 12^e année peut contribuer à l'amélioration des habiletés des élèves en matière de technologie (Hammack et al., 2015; Hotaling et al., 2007; Lachapelle et al., 2006). Les habiletés en technologie sont importantes afin de développer une pensée critique en technologie et de prendre des décisions éclairées sur des questions technologiques (National Research Council & National Academy of Engineering, 2006) qui ont un impact sur notre société. Par exemple, les élèves habiles en technologie sont capables d'évaluer les produits à acheter et à utiliser, de prendre des décisions éclairées en matière de soins de santé et de réparer des équipements qui fonctionnent mal (Hammack, 2016). Les personnes qui ne maîtrisent pas la technologie risquent de rencontrer des difficultés à comprendre certains enjeux sociétaux et à prendre des décisions éclairées, ce qui pourrait les amener à faire de mauvais choix. Cette réalité est d'autant plus importante à considérer dans un contexte démocratique, où les personnes citoyennes ont le droit de voter pour des personnes qui prendront des décisions influençant l'avenir des STIM. Ainsi, même si les élèves du secondaire ne votent pas encore, il est essentiel de les préparer à devenir de jeunes adultes capables de participer pleinement à la société. Une bonne maîtrise des technologies contribuera à les transformer en personnes qui votent de façon informée (Hammack, 2016).

Des recherches actuelles suggèrent que les élèves et les adultes ont une vision étroite et parfois fautive de la technologie. Les élèves les plus jeunes ont tendance à associer la technologie aux objets nécessitant de l'électricité, comme des ordinateurs, des téléphones et des tablettes (Cunningham et al., 2005). Très peu d'élèves identifient les ponts et les pansements comme étant des technologies. Les résultats ne sont pas si différents chez les adultes. Dans une enquête menée auprès d'adultes (Rose et al., 2004), la plupart associe la technologie aux ordinateurs. En contraste, l'étude de Damphousse (2025) a permis d'identifier cinq conceptions distinctes de la technologie chez le personnel enseignant québécois : comme une discipline autonome, comme une science appliquée, comme une entité interdépendante de la science, comme une discipline « caméléon » capable de s'adapter à divers contextes, et comme un outil répondant aux besoins humains. Ces conceptions témoignent d'une vision plus riche et nuancée, façonnée en partie par la formation reçue.

Par ailleurs, les élèves ayant bénéficié d'un enseignement en ingénierie semblent développer une conception plus large de la technologie (Hotaling et al., 2007; Lachapelle & Cunningham, 2007), ce qui renforce les arguments en faveur de son intégration dans les programmes scolaires. En développant ces compétences, les élèves ont les moyens de s'attaquer aux problèmes de l'avenir, en s'équipant pour contribuer à l'innovation et à la recherche de solutions dans divers domaines (Cunningham & Sneider, 2023).

2.3.3. Enseignement de l'ingénierie dans les programmes de formation à l'enseignement

Avec l'intégration progressive de l'ingénierie dans les programmes-cadres de sciences et de mathématiques au palier secondaire, notamment en Ontario, il devient nécessaire d'assurer une formation adéquate du personnel enseignant. Cette préparation passe notamment par l'introduction, dans les programmes de formation à l'enseignement, de contenus et d'approches liées à l'ingénierie. Que ce soit par des parcours spécialisés en STIM, des cours techno-pédagogiques ou des initiatives collaboratives entre facultés, plusieurs universités canadiennes amorcent cette transformation. Ces efforts visent à outiller les futurs membres du personnel enseignant pour intégrer l'ingénierie de manière contextualisée, inclusive et engageante.

À titre d'exemple, l'université Thompson Rivers, en Colombie-Britannique, propose un baccalauréat en éducation secondaire spécialisé en STIM. Ce programme, axé sur une pédagogie interdisciplinaire et expérientielle, inclut des cours tels que « Introduction to STEM » et « STEM Specialist », qui permettent aux personnes étudiantes d'expérimenter des approches par projets liées au curriculum provincial. Il s'agit

d'un exemple prometteur d'intégration explicite de l'ingénierie dans la formation initiale (Thompson Rivers University, s. d.).

Au Québec, l'Université de Sherbrooke se distingue par l'offre de deux profils — sciences et technologies et mathématiques — dans son programme de formation à l'enseignement au secondaire. Deux cours obligatoires, Modélisation mathématique en ingénierie et Programmation informatique pour l'enseignement des STIM, y sont proposés en collaboration avec la Faculté de génie. Ils visent à développer des compétences concrètes en design et en codage chez les personnes étudiantes (Université de Sherbrooke, s. d.). L'Université Laval, quant à elle, offre un programme en enseignement secondaire – profil sciences et technologie – articulé autour du département de génie. Des cours comme Dessin technique pour l'ingénierie et Géologie pour l'ingénierie, ainsi que des stages en milieu scolaire, permettent d'explorer les STIM sous différents angles et de les ancrer dans la pratique pédagogique (Université Laval, 2025).

Certaines universités anglophones ontariennes intègrent l'ingénierie par l'intermédiaire de filières connexes. À York University, la filière « Technological Education » forme le personnel enseignant à intervenir dans des domaines comme la technologie informatique, la conception technologique et les communications. Ces domaines, bien qu'associés à l'enseignement technologique, partagent plusieurs fondements avec l'ingénierie appliquée, même si celle-ci n'est pas mentionnée explicitement (York University, 2025). D'autres établissements, comme Queen's University, misent sur la collaboration interfacultaire. En partenariat avec la Faculté de génie, la Faculté d'éducation propose des ateliers d'alphabétisation STIM destinés aux personnes au programme de formation à l'enseignement. L'usage d'outils comme micro:bit favorise l'appropriation de pratiques pédagogiques actives, technologiques et ancrées dans le développement des compétences liées à l'ingénierie (Smith Engineering News, 2021).

Enfin, à l'Université d'Ottawa, bien qu'il n'existe pas encore de parcours formel en enseignement des STIM, plusieurs initiatives soutiennent l'intégration des technologies et des pratiques liées à l'ingénierie dans la formation du personnel enseignant. L'edstudiO, un espace numérique pédagogique, accompagne les personnes étudiantes en enseignement dans l'intégration de la technologie dans divers contextes scolaires. De plus, la Faculté d'éducation collabore avec le programme de sensibilisation en génie pour offrir des ateliers tels que les soirées MakerEd, qui initient les futurs membres du personnel enseignant à des outils en codage, en robotique et en conception technologique (Université d'Ottawa, s. d.).

Dans l'ensemble, ces initiatives témoignent d'une volonté croissante d'intégrer l'ingénierie dans la formation initiale du personnel enseignant au Canada. Bien que les approches varient selon les contextes

institutionnels, elles contribuent à enrichir les pratiques de formation et à développer une posture professionnelle favorable à l'enseignement de cette discipline. Nous soutenons qu'une exposition prolongée et structurée serait bénéfique pour les personnes en formation, mais reconnaissons également que même des ateliers ponctuels peuvent jouer un rôle positif dans la sensibilisation et la formation continue. Dans la section suivante, nous nous penchons sur les représentations sociales de l'ingénierie, afin de mieux comprendre les perceptions qui influencent cette disposition à enseigner cette discipline.

2.4. Représentations sociales de l'ingénierie

Dans le paysage de l'enseignement de l'ingénierie, les représentations sociales des différentes parties prenantes jouent un rôle dans le façonnement de la trajectoire de la discipline. Cette partie de la revue de la littérature se penche sur les représentations sociales à multiples facettes du domaine de l'ingénierie, en se concentrant spécifiquement sur la manière dont le public, les élèves et le personnel enseignant conceptualisent et comprennent le domaine de l'ingénierie. L'importance de ces représentations va au-delà de simples constructions cognitives ; elles exercent une influence considérable sur les attitudes et l'information des gens. Nous explorons davantage le concept des représentations sociales dans le cadre conceptuel.

2.4.1. Représentations du public

Aux États-Unis, le travail des personnes en ingénierie semble mal compris (Cunningham, 2009). Une recherche menée en Grande-Bretagne souligne des résultats similaires (Marshall et al., 2007). La perception de mille personnes participantes est que majoritairement les personnes en ingénierie réparent des objets. Ces idées fausses circulent et affectent les perceptions des élèves, ainsi que celles du personnel enseignant. Au Canada, Ingénieurs Canada (2017) a mené une enquête en ligne auprès de 1200 personnes résidant au Canada. Ces personnes furent sélectionnées au hasard et étaient âgées de 18 ans et plus. À la question : « Dans quelle mesure connaissez-vous chacune des professions suivantes ? » (Ingénieurs Canada, 2017, p. 7), la réponse pour la profession d'ingénierie est que 40 % des personnes répondantes détiennent une connaissance vague et générale des personnes œuvrant en ingénierie. Comparée à d'autres professions, l'ingénierie est moins connue que la profession d'infirmière et celle des comptables, mais plus que le domaine d'architecture. Quant à leur personnalité, une forte majorité des personnes répondantes indiquent que les spécialistes en ingénierie sont des personnes « modernes, ouvertes aux nouvelles idées et intéressant[e]s » (p. 29), mais ont moins tendance à dire que ce sont des personnes terre-à-terre et gentilles (Ingénieurs Canada, 2017).

2.4.2. Représentations des élèves

Plusieurs universitaires révèlent que les élèves pensent que les spécialistes en ingénierie travaillent à construire quelque chose (Fralick et al., 2009; Karatas et al., 2011; Thompson & Lyons, 2008). Fralick et al. (2009) ont mené une étude aux États-Unis auprès de 1600 élèves de l'intermédiaire pour connaître leurs représentations des spécialistes en ingénierie et des scientifiques. Pour analyser leurs représentations, les universitaires ont demandé aux élèves de dessiner des scientifiques (aussi connu comme le « Draw A Scientist Test ») ou des spécialistes en ingénierie (« Draw An Engineer Test ») au travail. Il a été demandé aux personnes ayant participé à l'étude de nommer la personne qu'elles ont dessinée et d'inclure une description, dont des informations personnelles, le milieu de travail, une description de l'emploi et une description de ce que fait la personne dans le dessin. Les universitaires ont analysé 928 dessins de scientifiques et 744 dessins de personnes en ingénierie. Les élèves représentent souvent les personnes en ingénierie comme étant une abeille ouvrière, voulant dire une personne qui effectue un travail manuel à l'extérieur avec des structures civiles, des outils et des véhicules. D'autres élèves ne donnent pas d'actions aux personnes en ingénierie, ce qui pourrait signifier que les jeunes n'ont pas de représentations assez fortes des spécialistes en ingénierie pour qu'ils puissent en faire un dessin. En fait, 29 % des dessins n'ont pas de personnes (comparé à 2 % chez les dessins de scientifiques). C'est une preuve vivante du déficit à combler dans l'enseignement de l'ingénierie qui devrait offrir une meilleure compréhension de l'ingénierie et du travail connexe qu'effectuent les personnes en ingénierie. Quand le genre peut être identifié dans les dessins, il y avait une prédominance d'hommes pour les deux types de dessins (« Draw A Scientist Test » et « Draw An Engineer Test »). Pour le « Draw A Scientist Test », les hommes représentent 61 % des dessins, tandis que les femmes en représentent 33 % (le genre ne peut être déterminé pour les autres dessins). Pour le « Draw An Engineer Test », les hommes représentent 49 % des dessins, tandis que les femmes en représentent 13 % (Fralick et al., 2009). Le genre ne peut pas être déterminé dans 38 % des dessins.

Dans le même ordre d'idées, Karatas et al. (2011) ont mené des entrevues auprès de 20 élèves de la sixième année et leur ont demandé de dessiner des personnes en ingénierie. Leurs représentations révèlent une vision de personnes bâtissant ou fabriquant des produits. Seule une petite portion des élèves sait que les personnes en ingénierie suivent un processus de design. Alors que les élèves ont déclaré que l'ingénierie n'est pas un domaine masculin, tous leurs dessins, sauf un, représentaient des hommes.

Ces représentations influencent la persévérance et l'enthousiasme des élèves lors d'activités d'ingénierie et affectent la probabilité que les jeunes choisissent de poursuivre des études dans ce domaine (Wigfield & Eccles, 2000), en particulier les filles. Malheureusement, il semble que le personnel enseignant

entretienne les mêmes idées préconçues de l'ingénierie que le public (Brophy et al., 2008). Nous explorons certaines de ces idées dans les pages suivantes.

2.4.3. Représentations du personnel enseignant

Hammack (2016) a mené une étude auprès de 542 membres du corps enseignant de la maternelle à la cinquième année de l'Oklahoma, aux États-Unis, afin de déterminer leur degré de familiarité avec l'ingénierie et le processus de design. Dans cette étude à méthodes mixtes, l'universitaire rapporte que les personnes participantes considèrent les spécialistes en ingénierie comme des personnes douées en mathématiques et en sciences, qui aiment réparer les choses, et que l'ingénierie mène à une carrière bien rémunérée. Ces résultats corroborent ceux de l'étude de Brophy et al. (2008). Dans cette étude, le personnel enseignant indique que l'ingénierie est un domaine d'études spécialisées qui devrait être enseigné aux élèves en douance. Autrement dit, seulement les élèves qui réussissent bien en mathématiques et en sciences devraient s'y diriger. Selon Brophy et al. (2008), pour cette raison, le personnel enseignant pense que l'ingénierie ne s'adresse qu'à quelques élèves et par conséquent n'y met pas beaucoup d'effort. La recherche de Yaşar et al. (2006) aboutit à des résultats similaires selon lesquels le personnel enseignant entretient des stéréotypes quant aux habiletés nécessaires pour devenir spécialistes en ingénierie.

L'étude de Hammack (2016) auprès du corps enseignant du primaire aux États-Unis souligne que les personnes participantes ne pensent pas que les spécialistes travaillant en ingénierie ont de bonnes aptitudes verbales et écrites et qu'elles collaborent bien avec les autres. Tous ces propos nous amènent à nous demander si le personnel enseignant a encore une vision stéréotypée des gens en ingénierie. De plus, le personnel enseignant a fait la remarque que les spécialistes en ingénierie conçoivent ou créent des choses. Les personnes participantes insistent également sur le fait que les personnes en ingénierie construisent ou réparent des machines, ce qui est semblable aux conclusions tirées par Lachapelle et al. (2006) auprès du corps enseignant de la maternelle à la sixième année. Ce dernier exprime une compréhension limitée de l'ingénierie et du processus de design et a tendance à l'utiliser de manière interchangeable avec la méthode scientifique. Le corps enseignant participant à l'étude de Lachapelle et al. (2006) indique également qu'il n'utilise pas d'activités d'ingénierie en classe et qu'il est incapable de donner des exemples d'activités en ingénierie. Cela n'est pas surprenant si l'on considère que très peu des membres du personnel enseignant au primaire se sentent préparés à enseigner l'ingénierie, 4 % selon une étude aux États-Unis (Banilower et al., 2013). Bien que des données similaires ne soient pas disponibles au Canada, des informations concernant l'enseignement des mathématiques le sont. Dans ce cas, 19 % du personnel enseignant du primaire en Ontario ayant répondu à un questionnaire ont un niveau élevé

d'anxiété pour enseigner les mathématiques, 64 % un niveau modéré et 17 % un niveau faible (Adeyemi, 2015). Si les données relatives à l'enseignement de l'ingénierie sont similaires ou pires que celles des États-Unis ou à l'enseignement des mathématiques en Ontario, c'est inquiétant, car les perceptions du personnel enseignant envers l'ingénierie affectent ses pratiques pédagogiques (Jarvis & Rennie, 1996; Rohaan et al., 2010) et l'intégration de ce domaine dans la salle de classe (Stubbs & Myers, 2016). Yaşar et al. (2006) concluent que si le personnel enseignant a des perceptions négatives de l'ingénierie il a moins tendance à l'enseigner.

Compte tenu du fait que l'enseignement de l'ingénierie apparaît dans les « Next Generation Science Standards »⁵ aux États-Unis et que le personnel enseignant est encore très peu familier avec l'ingénierie, nous nous demandons où se situe le corps enseignant de l'Ontario, qui est une province qui vient tout juste d'ajouter explicitement une mention au processus de design en sciences et du codage en mathématiques, et ce, seulement pour les cours de la 9^e année.

2.4.4. Effets des représentations de l'ingénierie par le personnel enseignant sur les élèves

Selon Lambert et al. (2007) et Brophy et al. (2008), les perceptions de l'ingénierie du personnel enseignant ont un effet direct sur celles des élèves. Par exemple, si le personnel enseignant pense que seules les personnes intelligentes peuvent poursuivre leurs études en génie (Cunningham, 2009), ce message sera transmis aux élèves. Rohaan et al. (2010) ajoutent que les connaissances du personnel enseignant (dans le cas de la technologie) affectent aussi les connaissances, les attitudes et par conséquent la motivation des élèves dans le domaine. Ucar (2012) affirme que tous les aspects de l'enseignement des sciences (et potentiellement de l'ingénierie), incluant les pratiques pédagogiques, le contenu du cours et les évaluations, sont influencés par les attitudes et croyances du personnel enseignant. Par exemple, Ucar (2012) a mené une recherche auprès de 96 enseignantes et 49 enseignants de sciences de l'élémentaire (sixième à la huitième année) en Turquie. Les personnes participantes ont suivi un programme de formation continue d'une durée de quatre ans. Après la participation au programme, le corps enseignant a changé ses perceptions des sciences, des scientifiques et de l'enseignement des sciences. La plus grande distinction s'est trouvée dans la façon dont les

⁵ « Les Next Generation Science Standards (NGSS) sont des normes de contenu scientifique de la maternelle au secondaire. Les normes définissent les attentes concernant ce que les élèves doivent savoir et être capables de faire. Les NGSS ont été élaborées par les états afin d'améliorer l'enseignement des sciences pour tous les élèves » [traduction libre] (Get to Know, s. d., paragr. 1).

personnes participantes percevaient l'enseignement des sciences. Elles ont évolué d'une vision d'un enseignement centré sur la personne enseignante à celle centrée sur les élèves.

Dans le même esprit, les représentations du personnel enseignant à l'égard de la technologie jouent un rôle clé dans les expériences vécues par les élèves. Par exemple, Mastafi (2020) démontre que lorsque les personnes enseignantes perçoivent les outils numériques comme des leviers pédagogiques favorisant l'interactivité, l'autonomie et la compréhension conceptuelle, elles sont plus susceptibles de concevoir des environnements d'apprentissage stimulants. À l'inverse, des conceptions limitées ou purement utilitaires de la technologie mènent souvent à un usage restreint, limitant ainsi les occasions d'apprentissage actif, de résolution de problèmes et de développement de compétences diversifiées.

Munier et al. (2021) soulignent également l'effet des croyances du corps enseignant sur l'adoption de nouvelles approches pédagogiques. Leur étude, qui portait sur l'impact d'un programme de formation continue à l'enseignement des sciences fondé sur l'investigation, révèle que les effets sur les pratiques en classe et sur l'apprentissage des élèves sont limités lorsque les représentations des membres du corps enseignant ne sont pas elles-mêmes remises en question. Même en présence de ressources et de formations, les conceptions initiales agissent comme des filtres qui influencent la manière dont les innovations sont interprétées et intégrées.

Bien que leur étude porte sur les élèves, Damphousse et al. (2021) fournissent également des pistes utiles sur les pratiques pédagogiques en ingénierie. En explorant comment 12 élèves du secondaire opèrent une dissection mécanique, les universitaires identifient différentes approches, dont la dissection en spirale, qui a permis une meilleure compréhension du fonctionnement d'un objet sans devoir le remonter. Cette approche, bien que prometteuse, ne convient pas à tous les profils d'élèves, ce qui souligne l'importance d'adapter l'enseignement à la diversité des cheminements. Indirectement, cela renforce l'idée que la manière dont la personne enseignante conçoit l'activité (et la discipline elle-même) influence profondément les stratégies d'apprentissage possibles pour les élèves.

En somme, il apparaît que les représentations qu'entretient le personnel enseignant envers l'ingénierie affectent le temps investi dans cet enseignement, mais aussi la manière dont elle est présentée, et par conséquent la motivation des élèves envers cette discipline ; ce qui rejoint le concept des représentations sociales que nous allons préciser dans la prochaine section. Une question se pose : quel rôle jouent les membres du personnel enseignant dans la réussite scolaire des élèves ?

2.5. Rôle du personnel enseignant

Le personnel enseignant joue un rôle essentiel dans le développement académique et personnel des élèves. Au-delà de l'enseignement des contenus disciplinaires, il agit comme guide, modèle et source d'inspiration, aidant les élèves à explorer leurs champs d'intérêt, à développer leur confiance et à envisager leur avenir. Cette influence peut avoir un impact considérable sur la réussite scolaire, mais aussi sur la connaissance et la motivation des élèves pour différentes trajectoires professionnelles, notamment dans les domaines des STIM et de l'ingénierie. Dans les sections qui suivent, nous explorerons ces deux dimensions du rôle du personnel enseignant : sa contribution à la réussite scolaire des élèves, ainsi que son influence sur leurs choix de carrière.

2.5.1. Rôle du personnel enseignant dans la réussite scolaire

Le rapport Coleman, intitulé « Equality of Educational Opportunity », considéré comme l'un des documents les plus importants du 20^e siècle aux États-Unis, souligne l'importance de la qualité du personnel enseignant pour la réussite des élèves (Craig et al., 2019) en affirmant que la qualité des personnes enseignantes est plus importante que les programmes d'études et les installations scolaires. Cette relation est particulièrement vraie pour les élèves de minorités visibles (Goldhaber, 2016). Le rapport souligne également que les effets observés sur la réussite des élèves sont plus importants aux niveaux supérieurs de l'enseignement (Craig et al., 2019). Darling-Hammond (2000) a examiné des documents politiques provenant de 50 États américains et soutient l'idée selon laquelle les investissements dans la qualité du personnel enseignant sont liés à l'amélioration des performances des élèves en lecture et en mathématiques. La recherche indique que des personnes enseignantes bien préparées ont une influence plus forte sur les résultats des élèves que des facteurs tels que la pauvreté, les antécédents linguistiques et le statut de minorité (Darling-Hammond, 2000).

La méta-analyse de Hattie (2003) souligne également l'impact substantiel du personnel enseignant sur la réussite des élèves. Hattie constate que les élèves contribuent à 50 % de la variation de leurs résultats aux tests de performance, tandis que leur foyer, leur école, leur direction scolaire et leurs pairs représentent collectivement 5 % à 10 % chacun. Le personnel enseignant, selon Hattie, contribue à hauteur de 30 % à la variation des résultats des élèves. Des facteurs tels que la qualité de l'enseignement, les stratégies de questionnement et la rétroaction contribuent à leurs effets sur les élèves (Hattie, 2003). Selon Hattie (2003), « c'est ce que le personnel enseignant sait, fait et dont il se soucie, ce qui est très puissant dans cette équation de l'apprentissage » [traduction libre] (p. 2). Hattie suggère donc de se concentrer davantage sur le personnel enseignant afin d'optimiser l'apprentissage des élèves. Hattie affirme que nous

devrions viser à avoir des personnes enseignantes expertes ayant des représentations profondes de l'enseignement et de l'apprentissage. Ces personnes expertes sont capables de mieux organiser et utiliser leurs connaissances du contenu. Elles sont capables de « combiner de nouvelles connaissances sur le contenu d'une matière avec des connaissances antérieures ; de relier le contenu de la leçon actuelle à d'autres matières du programme d'études ; de rendre les leçons uniques en les modifiant, en les combinant et en les complétant en fonction des besoins de leurs élèves et de leurs propres objectifs » [traduction libre] (Hattie, 2003, p. 5). Les personnes enseignantes expertes sont particulièrement aptes à résoudre les problèmes, à créer un environnement optimal pour l'apprentissage, à mieux évaluer le niveau de compréhension des élèves, à fournir une rétroaction utile, à avoir un grand respect pour leurs élèves et à être passionnées par l'enseignement et l'apprentissage. De plus, les personnes enseignantes expertes font participer les élèves à l'apprentissage, créent des défis pour les élèves et ont une influence positive sur les résultats des élèves (Hattie, 2003).

Les études précédentes soulignent le rôle crucial de la qualité du personnel enseignant dans les résultats scolaires, en particulier l'importance d'un enseignement efficace pour influencer la réussite des élèves (Craig et al., 2019; Goldhaber, 2016). Si l'on étend cette compréhension au domaine de l'enseignement de l'ingénierie, il s'avère que les personnes enseignantes expertes dans ce domaine doivent posséder des qualités spécifiques. S'inspirant des idées de Hattie (2003), ces personnes enseignantes doivent non seulement faire preuve de connaissances et d'expertise approfondies en ingénierie, mais aussi exceller dans l'organisation et l'utilisation efficace de ces connaissances. Elles doivent également être capables d'intégrer les concepts d'ingénierie aux connaissances préalables des élèves en matière de STIM, de créer des activités d'apprentissage stimulantes et de résoudre habilement les problèmes qui peuvent survenir au cours du processus d'enseignement. L'évaluation précise de la compréhension des élèves, en particulier dans des processus complexes tels que le processus de design, devient primordiale. Les personnes enseignantes expertes qui s'engagent dans l'enseignement de l'ingénierie doivent également faire preuve de passion pour l'enseignement, favoriser un environnement d'apprentissage positif et impliquer activement les élèves dans le processus d'apprentissage, conformément aux principes plus larges énoncés par Hattie (2003). Ces considérations mettent en évidence l'interconnexion entre les pratiques d'enseignement efficaces et leur application dans le contexte spécialisé de l'enseignement de l'ingénierie.

Sachant que le personnel enseignant a un impact sur la réussite scolaire des élèves, passons maintenant à l'exploration du rôle du personnel enseignant dans le choix de carrière de ses élèves.

2.5.2. Rôle du personnel enseignant dans le choix de carrière

L'influence du personnel enseignant sur le parcours professionnel des élèves est un aspect important du développement de l'éducation, comme le montrent quelques études (Faitar & Faitar, 2013; Jacobs & Bleeker, 2004). Aux premiers stades de l'éducation, les parents et le personnel enseignant apparaissent comme des figures influentes dans la formation des aspirations professionnelles futures des enfants (Faitar & Faitar, 2013; Jacobs & Bleeker, 2004). Cependant, l'impact du corps enseignant va au-delà de la simple inspiration, comme l'ont démontré Beilock et al. (2010) qui constatent que les personnes enseignantes de l'école élémentaire peuvent, par inadvertance, projeter leurs angoisses des mathématiques sur les élèves. Dans leur étude, les universitaires observent que des niveaux élevés d'anxiété en mathématiques chez les enseignantes sont en corrélation avec de moins bons résultats en mathématiques chez les filles, mais non chez les garçons. Les filles sont aussi plus nombreuses à adhérer au stéréotype selon lequel les garçons sont plus doués pour les mathématiques que les filles.

Ces résultats s'inscrivent dans un phénomène plus large de mathophobie et d'anxiété face aux mathématiques, qui touche à la fois les filles et les garçons, bien que les filles l'expriment plus ouvertement (Lafortune & Gagné, 2024). La mathophobie peut se manifester par une peur intense et une aversion pour les mathématiques, pouvant entraîner un évitement ou influencer le choix de carrière, notamment dans les domaines des STIM. À l'inverse, une anxiété modérée et bien encadrée peut favoriser la motivation et le plaisir de résoudre des problèmes mathématiques. Ainsi, les attitudes et les comportements du personnel enseignant, en particulier envers les mathématiques, peuvent renforcer ou réduire l'impact de l'anxiété sur les élèves, avec des conséquences directes sur leur orientation vers les carrières en STIM (Lafortune & Gagné, 2024).

Le rôle du personnel enseignant dans l'orientation des élèves vers des carrières spécifiques semble encore plus prononcé dans l'enseignement au palier secondaire. Faitar et Faitar (2013) ont mené une enquête auprès de 80 membres du corps étudiant sur le rôle du corps enseignant dans la détermination des études postsecondaires en biologie, pré-pharmacie, chiropractique, diététique et sports et exercices. Le corps étudiant non caucasien constitue la base d'analyse de la présente étude américaine. Pour toutes les personnes interrogées, l'effort individuel est souligné pour la réussite scolaire, ainsi qu'un environnement bien structuré et finalement le rôle critique du personnel enseignant pour offrir du soutien et des conseils (Faitar & Faitar, 2013).

Dick et Rallis (1991) ont étudié les choix de carrière des élèves en 12^e année, en particulier les jeunes personnes qui envisageaient une carrière dans l'ingénierie ou les sciences. Leurs conclusions

indiquent que les élèves qui envisageaient une carrière dans ces domaines reconnaissaient plus fréquemment que les jeunes qui envisageaient des domaines autres que l'ingénierie et les sciences, l'influence du personnel enseignant dans leur processus de prise de décision de carrière. Il est intéressant de noter que, dans le groupe d'élèves, les filles qui n'envisageaient pas de faire carrière dans l'ingénierie ou les sciences identifient moins souvent une personne enseignante comme ayant exercé une influence personnelle sur leur choix de carrière que les femmes qui envisagent de faire carrière dans ces domaines et les garçons qui ne prévoyaient pas de faire carrière dans ces domaines. Cela implique que, pour certaines jeunes femmes, l'influence d'un membre du personnel enseignant pourrait jouer un rôle crucial dans leur décision de poursuivre une carrière en sciences ou en ingénierie. Cependant, les résultats de l'enquête ne donnent qu'un aperçu limité de la force relative que les élèves attribuent à chaque influence sur leur choix de carrière, puisque les élèves n'ont pas classé les influences par ordre de priorité.

Sur ce thème, des recherches récentes menées par Bieri Buschor et al. (2014) et Hazari et al. (2010) renforcent l'idée que le personnel enseignant, en particulier celui qui a des attitudes encourageantes, peut avoir un impact significatif sur la motivation des élèves à poursuivre des carrières en sciences ou en ingénierie. L'étude, menée par Ikonen et al. (2017) auprès de 246 élèves de la 9^e année et de 7 personnes œuvrant en orientation en Finlande, souligne la nécessité pour le personnel enseignant, en particulier celui de mathématiques, de physique et de chimie, de jouer un rôle plus important dans les discussions sur les carrières. Ces universitaires suggèrent que le fait de favoriser des discussions plus approfondies entre les élèves et le corps enseignant peut contribuer à atténuer les stéréotypes liés au genre et à actualiser les connaissances des élèves sur les possibilités de carrière dans les STIM (Ikonen et al., 2017).

En gros, l'influence du personnel enseignant sur le parcours professionnel des élèves est prouvée à tous les stades de l'éducation. De l'école élémentaire à l'école secondaire, les attitudes, les encouragements et les conseils du corps enseignant influencent considérablement les perceptions et les décisions des élèves concernant leurs futures carrières, en particulier dans les domaines des STIM.

2.6. Diversité, genre et accès en ingénierie

Après avoir exploré l'influence du personnel enseignant sur la réussite scolaire et l'orientation professionnelle des élèves, il convient maintenant de se pencher sur un enjeu sociétal plus large qui souligne la nécessité d'intégrer l'ingénierie dès le parcours scolaire : la diversité de genres et l'inclusion dans ce domaine. Cette section propose un survol de l'évolution du nombre d'inscriptions en ingénierie au Canada, en portant une attention particulière à la participation de jeunes issues de la diversité de genres.

Nous explorons les facteurs qui motivent leur choix de carrière, ainsi que les obstacles persistants qui peuvent limiter leur accès et leur rétention dans le domaine. Enfin, nous nous penchons sur les efforts de recrutement et les raisons qui poussent certaines personnes à quitter la profession.

2.6.1. *Évolution du nombre de personnes étudiantes en ingénierie au Canada*

Le paysage de la formation en ingénierie dans les universités canadiennes a connu certains changements depuis 1973. À cette époque, 20 151 personnes étudiantes poursuivaient des études de premier cycle en ingénierie, ce qui représentait 5,9 % de l'ensemble des inscriptions à ce niveau. Du côté des études de maîtrise, 2 849 personnes poursuivaient des études en ingénierie, soit 8,5 % de l'ensemble des inscriptions à la maîtrise, et 1 398 personnes suivaient un programme de doctorat en ingénierie, soit 10,4 % de l'ensemble du corps étudiant de doctorat (Gadalla, 2001).

Vingt-deux ans plus tard, soit en 1995, le nombre de membres du corps étudiant au premier cycle en ingénierie a augmenté pour passer à 44 296 personnes, ce qui représentait 7,5 % de tout le corps étudiant de premier cycle au Canada. Le nombre de personnes faisant leur maîtrise en ingénierie a aussi connu une augmentation avec 6 876 personnes, soit 9,8 % de l'ensemble du corps étudiant en maîtrise. Pour sa part, le nombre de personnes poursuivant des études doctorales en génie s'élevait à 3 728, ce qui équivalait à 13,7 % de la population totale des personnes étudiantes au doctorat dans les établissements postsecondaires au Canada (Gadalla, 2001).

À partir de 2021, les universités canadiennes ont plus que doublé leur population étudiante générale, qui a atteint plus de 1,2 million de personnes. Dans la discipline de l'ingénierie, il y avait 100 638 personnes au premier cycle, soit 9,5 % de l'ensemble du corps étudiant de premier cycle du pays. Il y avait également 11 679 membres du corps étudiant qui poursuivaient des études de maîtrise en génie, ce qui représentait 7,7 % de l'ensemble de la population étudiante en maîtrise dans les universités canadiennes. La discipline de l'ingénierie a également attiré 9 873 personnes au doctorat, soit 16,7 % du nombre total de membres du corps étudiant au doctorat au Canada (Statistique Canada, 2022b). Le Tableau 4 présente ces chiffres ainsi que le nombre total de personnes étudiantes, toutes disciplines confondues, dans les établissements postsecondaires canadiens (Gadalla, 2001; Statistique Canada, 2022b).

Tableau 4 – Nombre et pourcentage de personnes dans des programmes d'ingénierie au Canada en 1973, 1995 et 2021

	1973			1995			2021		
	Nombre en génie	% en génie	Nombre total (toutes disciplines)	Nombre en génie	% en génie	Nombre total (toutes disciplines)	Nombre en génie	% en génie	Nombre total (toutes disciplines)
Baccalauréat	20 151	5,9	342 945	44 296	7,5	593 705	100 638	9,5	1 056 021
Maîtrise	2849	8,5	33 352	6882	9,8	69 817	11 679	7,7	152 306
Doctorat	1398	10,4	13 496	3728	13,7	27191	9873	16,7	58 959

Les données indiquent que le pourcentage de membres du corps étudiant au baccalauréat en ingénierie (par rapport à l'ensemble du corps étudiant) a augmenté au fil du temps. En 1973, les personnes étudiantes en ingénierie représentaient 5,9 % de l'ensemble de la population étudiante, contre 7,5 % en 1995 et 9,5 % en 2021. Cela suggère une motivation croissante pour l'ingénierie en tant que domaine d'études.

En ce qui concerne les personnes étudiantes qui sont inscrites à des programmes de maîtrise en ingénierie, bien que le nombre de personnes ait augmenté considérablement, passant de 2849 en 1973 à 6882 en 1995, puis à 11 679 en 2021, le pourcentage total de personnes étudiantes en maîtrise a diminué dans les 26 dernières années. En 1973, les personnes étudiantes en maîtrise représentaient 8,5 % du total des personnes dans un programme de maîtrise, un pourcentage qui a légèrement augmenté à 9,8 % en 1995, mais qui a ensuite diminué à 7,7 % en 2021. Cette tendance nécessite d'explorer davantage les facteurs qui sous-tendent ces changements. De plus, le pourcentage de personnes étudiantes en ingénierie inscrites à des programmes de doctorat a connu une croissance substantielle au fil des ans. En 1973, seuls 10,4 % des personnes au doctorat suivaient un programme en génie, contre 13,7 % en 1995 et 16,7 % en 2021. Cela pourrait suggérer une tendance à vouloir se spécialiser dans le domaine de l'ingénierie.

Dans l'ensemble, ces données indiquent une tendance positive dans la croissance du nombre de personnes étudiantes en ingénierie et une proportion plus élevée de personnes étudiantes aux études supérieures. Cette augmentation d'intérêt pour les études supérieures pourrait être attribuée à la complexité croissante de la technologie et de l'innovation dans le monde moderne, incitant ainsi les individus à vouloir contribuer à son avancement.

En examinant les provinces et les territoires du Canada pour l'année 2020, on constate que c'est en Ontario et au Québec que l'on trouve la plus grande proportion de personnes étudiantes au premier cycle

en ingénierie. L'Ontario représente 45,4 %, tandis que le Québec représente 24,2 % du total des inscriptions canadiennes (Ingénieurs Canada, 2021). Le Tableau 5 ci-dessous présente le nombre d'inscriptions en génie en Ontario de 2016 à 2020, ainsi que le taux d'inscriptions en Ontario par rapport au Canada. Selon ce tableau, on remarque un maintien de l'intérêt pour le génie en Ontario (tout comme au Canada) avec 3838 personnes étudiantes supplémentaires de 2016 à 2020.

Tableau 5 – Nombre total d'inscriptions à des programmes d'ingénierie de premier cycle en Ontario : 2016 à 2020

	2016	2017	2018	2019	2020
Nombre d'inscriptions en Ontario	37 208	36 434	37 398	40 162	41 046
Taux d'inscriptions en Ontario (en %)	44,7	44,2	41,9	45,5	45,4
Nombre total d'inscriptions pour le Canada	83 301	82 473	89 242	88 273	90 311

Ingénieurs Canada (2021) spécifie le type de programme d'ingénierie des personnes étudiantes en 2020 en Ontario tel que représenté au Tableau 6 qui montre le nombre de personnes dans chaque discipline de l'ingénierie.

Tableau 6 – Nombre total d'inscriptions à des programmes d'ingénierie de premier cycle agréés en Ontario, par discipline pour l'an 2020

Disciplines	Nombre	Pourcentage
Biosystèmes	1 550	3,78
Chimique	3 104	7,6
Civil	4 948	12,1
Informatique	5 200	12,7
Électrique	4 784	11,7
Physique	504	1,2
Environnement	897	2,2
Géologique	142	0,3
Industriel ou fabrication	893	2,2
Matériaux ou métallurgie	355	0,9
Mécanique	9 258	22,6
Minier ou minéralurgique	227	0,5
Logiciel	2 723	6,6
Autres	3 449	8,4
Années communes ⁶	3 011	7,3
Total	41 046	100

Les données du tableau révèlent des tendances significatives dans les préférences en matière de programmes d'études de premier cycle en Ontario. L'ingénierie mécanique est le programme le plus populaire, attirant 22,6 % du corps étudiant en ingénierie. Le nombre élevé d'inscriptions en ingénierie mécanique suggère sa popularité durable, probablement en raison de sa large applicabilité dans diverses industries. L'ingénierie informatique suit avec 12,7 % des personnes étudiantes qui choisissent cette discipline. La prééminence de l'ingénierie informatique reflète possiblement la demande croissante de compétences numériques dans le secteur technologique. L'ingénierie civile et l'ingénierie électrique sont également assez populaires au sein du corps étudiant de premier cycle, représentant respectivement 12,1 % et 11,7 % des inscriptions. Ces disciplines générales continuent d'attirer de jeunes adultes, probablement en raison de leur réponse à des besoins constants. L'ingénierie civile est essentielle pour les infrastructures, l'urbanisme et d'autres projets nécessitant l'expertise de spécialistes en ingénierie civile. L'image associée à la profession d'ingénierie, souvent illustrée par la construction de ponts, reste pertinente pour de nombreuses personnes (Mackay, 2016), ce qui peut aussi inciter le corps étudiant à

⁶ L'expression « Années communes » fait référence à une structure de programme dans laquelle le corps étudiant suit un tronc commun général en ingénierie pendant la première ou les deux premières années de leurs études avant de se spécialiser dans une discipline spécifique.

choisir cette voie. Quant à l'ingénierie électrique, la demande en Ontario est également élevée, potentiellement en raison des véhicules électriques, des énergies renouvelables et d'autres technologies nécessitant des spécialistes. Cette discipline offre également une diversité de débouchés professionnels, ce qui pourrait en faire un choix attrayant pour le corps étudiant.

À l'inverse, certains programmes affichent des taux d'inscription nettement faibles. L'ingénierie géologique a le taux d'inscription le plus bas, avec seulement 0,3 % du corps étudiant qui opte pour ce domaine. L'ingénierie minière ou minéralurgique est légèrement plus populaire, mais reste l'une des filières les moins prisées, avec 0,5 % du corps étudiant. Les faibles taux d'inscription en ingénierie géologique, minière et minéralurgique peuvent être dus à leur nature spécialisée et à la demande limitée de l'industrie en Ontario. Mais qu'en est-il des femmes dans des institutions postsecondaires et dans l'ingénierie au fil des ans ?

2.6.1.1. Nombre de jeunes issus de la diversité des genres en ingénierie

En 1973, les femmes représentaient 42,6 % de l'ensemble des programmes de premier cycle des universités canadiennes. L'année 1982 a marqué un tournant dans l'enseignement postsecondaire : les femmes ont été plus nombreuses que les hommes à opter pour des études de premier cycle (Gadalla, 2001). Toutefois, cela n'est pas le cas pour les études de premier cycle dans le domaine de l'ingénierie. En 1973, il n'y avait que 337 femmes, soit 1,7 %, dans des programmes d'ingénierie de premier cycle au Canada (Gadalla, 2001). La représentation a beaucoup changé depuis ce temps avec des femmes représentant aujourd'hui environ 23,2 % des programmes de premier cycle au Canada (Ingénieurs Canada, 2021).

La Figure 1 présente le nombre de personnes étudiantes de premier cycle dans les programmes d'ingénierie au Canada, ainsi que le nombre de femmes en ingénierie (Ingénieurs Canada, 2015, 2017a, 2019, 2020, 2021; Statistique Canada, 2022b). Pour un aperçu des chiffres précis de la Figure 1 ainsi que le pourcentage de femmes en ingénierie entre 1997 et 2021, consultez l'Annexe 3.

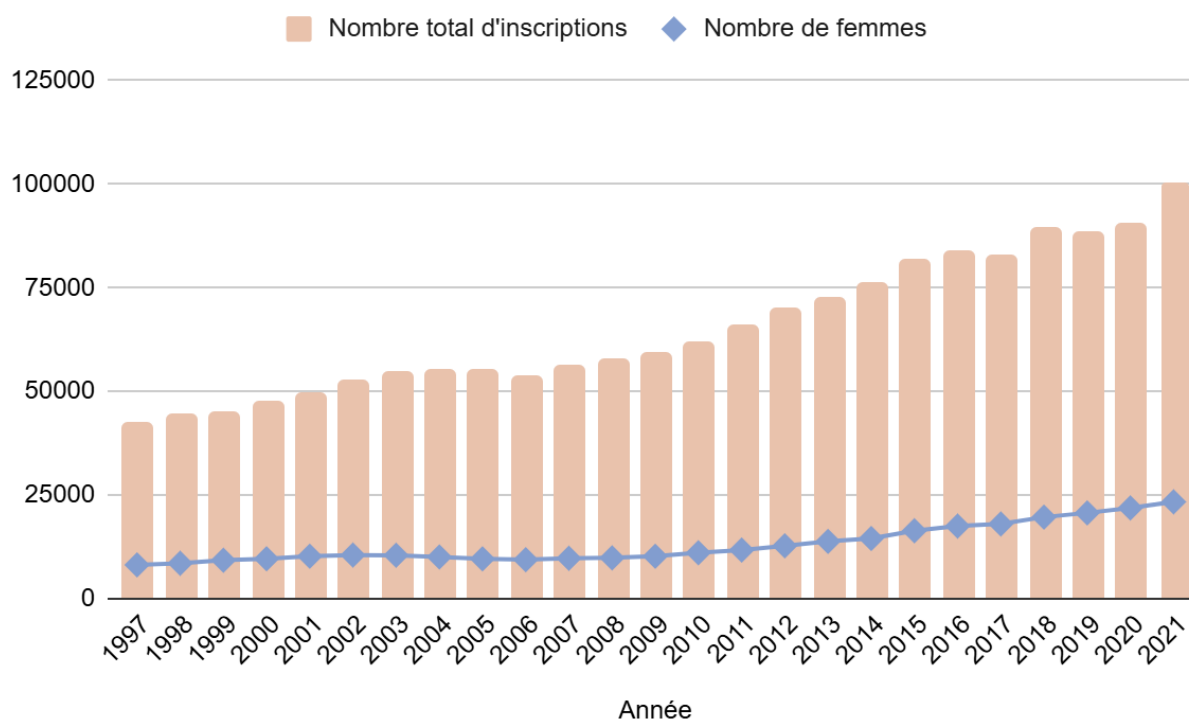


Figure 1 – Graphique des inscriptions au premier cycle en ingénierie au Canada

Les données révèlent que le nombre d'inscriptions de femmes a augmenté de façon constante au fil des ans. En 1997, il y avait 8 099 femmes inscrites, comparativement à 23 319 en 2021, indiquant une tendance positive dans la participation des femmes à l'ingénierie. Alors que le nombre absolu d'inscriptions de femmes a augmenté, le pourcentage d'inscriptions de femmes en ingénierie a fluctué. Il a débuté à 19,3 % en 1997, a culminé à 24,2 % en 2020, puis a légèrement diminué pour atteindre 23,2 % en 2021 (Ingénieurs Canada, 2021; Statistique Canada, 2022). Ces chiffres suggèrent que, bien qu'il y ait une tendance à la hausse de la participation des femmes en génie, il y a eu des périodes de variation.

Il est également important de noter que, malgré nos efforts de recherche, aucune donnée spécifique concernant les personnes trans⁷ n'a été trouvée dans le contexte universitaire canadien. Cette lacune souligne l'importance d'une collecte de données inclusive pour assurer une représentation complète de la diversité dans le domaine de l'ingénierie. Alors que nous continuons à chercher des informations sur cette

⁷ Une personne trans est quelqu'un qui a une « identité de genre différente de son genre assigné à la naissance, qu'elle modifie ou non son expression de genre ou son corps pour les faire concorder avec cette identité » (Office québécois de la langue française, 2024, paragr. 1).

population, il est crucial de promouvoir des environnements inclusifs et équitables pour toutes les identités de genre en ingénierie. Étant donné que les femmes représentent actuellement moins d'un quart des personnes étudiantes en ingénierie et encore moins au niveau professionnel, des initiatives telles que l'initiative « 30 en 30 » d'Ingénieurs Canada visant à atteindre 30 % de femmes parmi les nouveaux permis d'ingénierie professionnels d'ici 2030 sont importantes pour progresser vers une représentation plus équilibrée des genres (Ingénieurs Canada, s. d.-a).

En examinant de plus près la province de l'Ontario, en l'an 2000, sur les 41 046 inscriptions au premier cycle en génie, plus d'un quart, soit 25,4 %, étaient des femmes. Bien que l'Ontario ne détienne pas le pourcentage le plus élevé d'étudiantes au premier cycle (27,2 % pour Terre-Neuve), il demeure au-dessus de la moyenne nationale de 23,2 % (Ingénieurs Canada, 2021). Pour explorer davantage les choix disciplinaires des femmes en ingénierie en Ontario, les données du Tableau 7 mettent en lumière les programmes qui attirent le plus grand nombre d'étudiantes.

Tableau 7 – Nombre total et pourcentage de femmes inscrites à des programmes d'ingénierie de premier cycle agréés en Ontario en 2020

Discipline	Nombre de femmes inscrites au premier cycle en génie	Nombre de personnes de tous les genres	Pourcentage de femmes dans la discipline (%)
Biosystèmes	839	1 550	54,13
Chimique	1 310	3 104	42,20
Civil	1 428	4 948	28,86
Informatique	916	5 200	17,62
Électrique	890	4 784	18,60
Physique	119	504	23,61
Environnement	381	897	42,47
Géologique	65	142	45,77
Industriel ou fabrication	379	893	42,44
Matériaux ou métallurgie	127	355	35,77
Mécanique	1 595	9 258	17,23
Minier ou minéralurgique	51	227	22,47
Logiciel	464	2 723	17,04
Autres	985	3 449	28,56
Années communes ⁶	884	3 011	29,36
Total	10 434	41 046	

Les données mettent en évidence des disparités de genre importantes dans les disciplines de l'ingénierie. L'ingénierie logiciel (17,04 %), l'ingénierie mécanique (17,23 %) et l'ingénierie informatique (17,62 %) affichent les taux de représentation féminine les plus bas (Ingénieurs Canada, 2021). Bien que l'ingénierie mécanique attire un grand nombre d'hommes, cet intérêt ne semble pas se refléter chez les femmes. Une des raisons possibles est l'association erronée entre l'ingénierie mécanique et le métier de mécanicienne, ce qui peut créer de la confusion et dissuader certaines femmes. De plus, l'ingénierie mécanique est parfois perçue comme exigeante physiquement et nécessitant une expertise technique poussée dans des domaines comme la machinerie ou la fabrication. Cette perception, combinée au manque de modèles féminins dans ce domaine, peut perpétuer l'idée que cette discipline n'est pas destinée aux femmes. Cela est regrettable, car l'ingénierie mécanique reste un pilier fondamental de l'ingénierie. En ce qui concerne l'ingénierie logiciel et l'ingénierie informatique, ces domaines suscitent également peu d'intérêt parmi les femmes. Cela peut refléter des déséquilibres plus larges entre les genres dans l'industrie technologique. La représentation persistante de ces disciplines comme des professions « geek » ou la vision stéréotypée d'un homme absorbé par le codage peuvent ne pas être attrayantes pour certaines femmes. Cependant, avec l'introduction du codage dans les écoles élémentaires et secondaires de l'Ontario, il est possible que cette perception évolue, favorisant une plus grande diversité, bien que ces changements prennent du temps avant de se refléter dans les données.

À l'inverse, les disciplines affichant une représentation féminine plus élevée incluent l'ingénierie des biosystèmes (54,13 %), l'ingénierie géologique (45,77 %), l'ingénierie environnementale (42,47 %), l'ingénierie industrielle ou de fabrication (42,44 %) et l'ingénierie chimique (42,20 %) (Ingénieurs Canada, 2021). L'ingénierie des biosystèmes pourrait être attrayante pour certaines femmes, car elle est perçue comme étant liée à la biologie et à la santé, des domaines historiquement bien représentés par les femmes. Les génies géologiques et environnementaux sont étroitement liés aux sciences environnementales et aux enjeux du changement climatique, des sujets qui résonnent avec de nombreuses femmes souhaitant contribuer positivement à la société. L'ingénierie industrielle ou de fabrication, avec son image axée sur l'optimisation et la gestion, semble également correspondre à des compétences dans lesquelles les femmes se reconnaissent souvent. Enfin, l'ingénierie chimique attire des femmes, probablement en raison de l'intérêt historique pour la chimie, qui se traduit naturellement par cette discipline.

Ces tendances soulignent l'influence des stéréotypes de genre sur le choix des disciplines en ingénierie. Les disciplines perçues comme plus techniques ou physiques sont moins attrayantes pour les femmes, renforçant l'idée que l'ingénierie souffre d'un problème d'image. Beaucoup ne semblent pas

comprendre pleinement la nature et les possibilités offertes par chaque discipline, ce qui freine une répartition plus équilibrée des genres dans ces domaines.

2.6.1.2. Facteurs de motivation pour s'inscrire en ingénierie

Plusieurs études (Alpay et al., 2008; Kolmos et al., 2013; Matusovich et al., 2010; Shehab et al., 2015; Sheppard et al., 2010; Wang, 2013; Watson et al., 2015) mettent en lumière les facteurs qui influencent la décision du corps étudiant de choisir l'ingénierie comme matière d'études et révèlent des informations intéressantes sur leurs facteurs de motivation. Dans l'étude menée par Alpay et al. (2008) au Royaume-Uni, les universitaires ont cherché à comprendre les facteurs qui influencent la décision des personnes étudiantes de premier cycle en ingénierie de poursuivre leurs études. Leur questionnaire auprès de 2 330 membres du corps étudiant de l'Imperial College de Londres montre que ces personnes font généralement ce choix vers l'âge de 16 ans. Dans cette étude, l'influence des parents est identifiée comme le facteur le plus important dans leurs décisions de carrière, soit 26,8 % des réponses (n = 1 280) ayant souligné le rôle de leurs parents. Le deuxième facteur le plus influent est l'école ou le corps enseignant, comme l'indiquent 18,1 % des personnes répondantes. D'autres facteurs, tels que les intérêts personnels, jouent également un rôle, motivant environ 10 % des personnes étudiantes. Aussi, plus de la moitié des personnes répondantes (54,3 %) ont des parents ayant une formation dans les domaines des STIM (Alpay et al., 2008), ce qui indique une forte influence intergénérationnelle sur leur choix de carrière.

Ces résultats obtenus au Royaume-Uni mettent en évidence l'influence substantielle de l'orientation parentale et de l'environnement scolaire sur la décision des élèves de poursuivre des études en ingénierie. L'étude indique une corrélation notable entre les antécédents familiaux des personnes étudiantes et leur choix de l'ingénierie comme baccalauréat. Toutefois, ces résultats soulignent l'importance des efforts continus visant à promouvoir l'inclusivité et à encourager la participation des femmes dans toutes les disciplines de l'ingénierie.

Les personnes participantes à l'étude d'Alpay et al. (2008) indiquent aussi que leur motivation pour l'ingénierie découle du désir d'inventer quelque chose de nouveau, de laisser sa marque dans le monde et d'atteindre la sécurité financière. Une différence significative entre les genres ressort de ces motivations, les étudiantes (33,5 %) mettant l'accent sur le désir de changer les choses et les étudiants (29,3 %) étant davantage motivés par la perspective d'inventer quelque chose de nouveau. L'amour des mathématiques et de la physique joue un rôle crucial dans les décisions du corps étudiant, en particulier chez les femmes, où 38 % d'entre elles trouvent ces matières agréables et contribuant à leur motivation pour l'ingénierie. Parmi les autres raisons invoquées, citons les nombreuses options de carrière et le plaisir du travail

pratique (Alpay et al., 2008). L'étude souligne que les motivations personnelles et les perspectives de carrière sont des facteurs clés dans le choix de l'ingénierie comme études de premier cycle.

Dans le cadre d'une recherche menée auprès de membres du corps étudiant dans leur première année en ingénierie civile dans un établissement d'enseignement supérieur du Sud-Est des États-Unis (Watson et al., 2015), des questions à choix multiples et une question ouverte ont été posées à 97 personnes. Il convient de noter que 91 % des personnes s'identifient comme des hommes. Cette étude révèle que les aspects pratiques et techniques constituent une forte source de motivation : 45,4 % d'entre elles citent le désir de construire des choses et de réaliser un travail pratique comme principale motivation. Une carrière stimulante et technique apparaît également importante, comme l'indiquent 24,7 % des personnes répondantes. En revanche, l'influence de mentors et les cours ou expériences antérieures jouent un rôle plus limité, avec seulement 1,0 % et 3,1 % des réponses, respectivement. Les facteurs parentaux et familiaux ont également une influence moindre, mentionnée par seulement 6,2 % des personnes participantes en ingénierie civile, puisque seulement 6,2 % d'entre elles indiquent qu'il s'agit d'un facteur de motivation (Watson et al., 2015). Ces résultats soulignent que les aspects pratiques et concrets de l'ingénierie civile, en particulier chez les étudiants, sont de fortes motivations pour choisir ce domaine. L'étude suggère également que ces membres du corps étudiant sont plus motivés intrinsèquement et moins influencés par des facteurs externes, tels que les mentors ou la famille.

Shehab et al. (2015) ont aussi mené une étude pour explorer les facteurs qui influencent les choix d'ingénierie parmi le corps étudiant de premier cycle, mais cette fois-ci auprès des personnes issues de minorités aux États-Unis. Les universitaires ont interrogé des personnes de diverses origines ethniques, dont 29 personnes autochtones, 37 personnes hispano-américaines, 35 personnes asiatiques et 37 personnes afro-américaines, qui avaient obtenu un diplôme en ingénierie dans le Sud-Ouest des États-Unis. L'étude révèle que l'influence des autres, tels que la famille, les camarades et le personnel enseignant, ainsi que l'intérêt général pour les STIM sont des facteurs de motivation courants pour ces personnes participantes. Toutefois, les facteurs de motivation spécifiques varient d'un groupe ethnique à l'autre. Les personnes autochtones, afro-américaines et asiatiques sont principalement motivées par un intérêt général pour les STIM. En revanche, les personnes hispano-américaines sont plus fortement influencées par des facteurs externes, tels que la famille, les camarades et le personnel enseignant, alors que les personnes américaines d'origine asiatique mettent l'accent sur les attentes en matière de résultats, y compris les perspectives d'emploi et les objectifs financiers (Shehab et al., 2015).

L'étude de Shehab et al. (2015) souligne l'importance des facteurs sociaux et culturels, ainsi que des intérêts personnels pour les STIM, en tant que facteurs de motivation clé pour le corps étudiant issu de

minorités qui poursuivent des études de premier cycle en ingénierie. Les universitaires suggèrent que les différents groupes ethniques peuvent avoir des motivations distinctes pour entrer dans le domaine, ce qui est essentiel pour promouvoir la diversité dans l'ingénierie. L'enquête de Kolmos et al. (2013) auprès de personnes étudiantes danoises en ingénierie de premier cycle dans huit institutions postsecondaires a permis de mieux comprendre les motivations de ces personnes. Les universitaires constatent que la motivation intrinsèque (aimer l'ingénierie et vouloir construire des choses) et le désir d'avoir un impact sociétal positif (résoudre des problèmes sociétaux) sont les facteurs les plus importants qui poussaient le corps étudiant à choisir l'ingénierie. La motivation financière, telle que la perspective d'un emploi bien rémunéré et la sécurité financière, joue également un rôle. En revanche, les motivations des mentors et des parents se révèlent moins importantes. L'étude a également mis en évidence des différences entre les genres, les étudiants accordant plus d'importance à la motivation intrinsèque, à la motivation sociale, à la motivation financière et à la motivation parentale, tandis que les étudiantes mettent l'accent sur la motivation de mentors (Kolmos et al., 2013). Cette recherche souligne le rôle de la motivation intrinsèque et du désir d'avoir un impact positif en tant que facteurs importants dans le choix de l'ingénierie comme études de premier cycle. Les différences entre les genres suggèrent que les programmes de mentorat peuvent être plus influents pour encourager les femmes à poursuivre des études en génie, ce qui souligne que le soutien et le mentorat peuvent être des stratégies efficaces pour accroître la diversité des genres dans ce domaine.

En résumé, ces études mettent collectivement en lumière les multiples facettes des motivations du corps étudiant à poursuivre des études en ingénierie. Elles mettent en exergue les rôles importants de la famille, du corps enseignant, des mentors, des intérêts personnels, de l'impact sociétal et des considérations pratiques qui poussent le corps étudiant à s'orienter vers des études en ingénierie, tout en mettant en évidence l'influence du genre et de l'identité ethnique dans ces décisions. La compréhension de ces facteurs de motivation peut contribuer à l'élaboration de stratégies efficaces pour attirer et soutenir le corps étudiant dans le domaine de l'ingénierie, en promouvant la diversité et en favorisant l'innovation future. Passons maintenant aux stratégies mises en place pour tenter d'attirer plus de femmes dans la profession d'ingénierie.

2.6.2. Efforts de recrutement pour promouvoir la participation des femmes en ingénierie

Les efforts visant à recruter des femmes dans le secteur de l'ingénierie impliquent une approche à multiples facettes qui commence dès la préscolaire et vise à dissiper les stéréotypes et à promouvoir l'inclusion. Des recherches montrent que dès la petite enfance, les jouets et les activités sont souvent genrés, les filles reçoivent des poupées et du matériel « rose », tandis que les garçons reçoivent des jouets

de construction et des activités associées à la logique et à la résolution de problèmes (Descarries-Bélanger & Mathieu, 2009). Cette différenciation peut renforcer des rôles de genre traditionnels et influencer les aspirations professionnelles futures. Pour contrer ces effets, diverses initiatives et programmes ont été mis en place pour présenter aux filles les concepts de l'ingénierie et les modèles à suivre, afin de susciter la motivation et la passion pour la profession, tout en promouvant des environnements d'apprentissage inclusifs et non genrés.

L'un de ces efforts est le Guide de sensibilisation 30 en 30 élaboré par Ingénieurs Canada (s. d.-c) en collaboration avec des personnes expertes, qui aide les programmes de sensibilisation à l'ingénierie à lutter contre les stéréotypes liés au genre et à intégrer l'équité et l'inclusion. Des programmes comme « Explorer le génie » fournissent des ressources et des éléments interactifs permettant aux jeunes personnes canadiennes d'explorer différentes disciplines de l'ingénierie. Les événements organisés dans le cadre du « Mois national de l'ingénierie » proposent des activités pratiques visant à démontrer l'attrait et l'engouement pour l'ingénierie. De plus, Ingénieurs Canada, en partenariat avec les Guides du Canada, a lancé un programme d'écussons d'ingénierie, décernés aux Guides qui réalisent des activités liées à l'ingénierie. Cette initiative vise à démontrer l'impact de l'ingénierie dans la vie quotidienne et à encourager les filles à poursuivre des carrières dans l'ingénierie, en mettant l'accent sur les modèles féminins (Ingénieurs Canada, s. d.-c). GÉNiales les filles ou « Go ENG Girl », un événement annuel organisé par l'« Ontario Network of Women in Engineering », propose aux filles de la 7^e à la 11^e année des activités d'ingénierie pratiques et des expositions, ainsi que des récits inspirants d'ingénieures et professeures (Ingénieurs Canada, s. d.-c).

Cependant, la recherche sur les stages coopératifs en STIM à l'Université de Sherbrooke souligne que ces initiatives de sensibilisation ne suffisent pas à elles seules. Brodeur et al. (2024) ont constaté que, même si les programmes coopératifs offrent des opportunités précieuses pour le développement de compétences, l'expérience professionnelle et l'exploration de carrière, les étudiantes font souvent face à des défis liés à la confiance, à l'intégration sociale et aux interactions de genre dans des environnements majoritairement masculins. Les expériences négatives, incluant des comportements inappropriés, la discrimination ou des milieux de travail mal adaptés, ont affecté le sentiment d'appartenance des étudiantes et parfois conduit à remettre en question leur choix de carrière. À l'inverse, la participation à des activités sociales, la présence d'un encadrement soutenant et l'exposition à des modèles diversifiés ont favorisé l'engagement et la motivation. Ces résultats montrent que les initiatives visant à encourager les femmes en ingénierie doivent non seulement garantir l'accès aux opportunités, mais aussi veiller à la qualité des expériences, en créant des environnements inclusifs et soutenant qui renforcent la confiance, le sentiment d'appartenance et l'engagement à long terme.

De plus, la recherche indique que les efforts nationaux ne suffisent pas si, au quotidien, les jeunes filles ne rencontrent pas d'encouragements cohérents dans leur parcours scolaire. Dans une étude menée en milieu francophone minoritaire au Canada, Mujawamariya et Mavriplis (2012) ont observé que quelques membres du corps enseignant du secondaire affirment ne jouer aucun rôle particulier dans l'encouragement des filles vers les STIM. Pour eux, l'enseignement des sciences devait rester neutre et identique pour tous les jeunes, leur approche reposant davantage sur les intérêts individuels que sur le genre. Ils évitent aussi de souligner les contributions scientifiques selon qu'elles provenaient d'hommes ou de femmes. Toutefois, d'autres personnes enseignantes ayant participé à l'étude reconnaissent explicitement leur responsabilité et mettent en œuvre différentes stratégies : présenter des modèles féminins en STIM; inviter des conférencières issues de divers domaines en STIM ; montrer la diversité des carrières scientifiques, au-delà du laboratoire ; encourager les filles, valoriser leurs compétences et renforcer leur confiance. Une personne enseignante souligne aussi que cette responsabilité dépasse l'école. Selon elle, la famille, les jouets, les stéréotypes de genre et la société dans son ensemble façonnent très tôt les intérêts différenciés des filles et des garçons, limitant leur vision des possibles.

Ces constats rejoignent ceux de McNally (2020), qui analyse le rapport PISA (Programme international pour le suivi des acquis des élèves) de 2018 et souligne que les écarts en mathématiques et en sciences sont minimes, voire inexistantes. « En moyenne, dans les pays de l'OCDE [Organisation de coopération et de développement économiques], les garçons surpassent légèrement les filles en mathématiques, mais l'inverse est observé en sciences » (McNally, 2020, p. 1). Le genre n'apparaît donc pas comme un facteur explicatif des écarts de performance en STIM. Les écoles ont un rôle crucial à jouer dans la réduction des écarts de genre grâce à des stratégies constructives, ciblées et inclusives. Ces efforts doivent s'attaquer aux stéréotypes, valoriser les modèles féminins et offrir un environnement éducatif favorable à tous les jeunes.

Dans l'ensemble, qu'il s'agisse d'initiatives nationales ou de pratiques pédagogiques locales, l'objectif reste le même : franchir les barrières et encourager davantage de femmes à poursuivre une carrière en ingénierie en leur offrant une exposition, un soutien et des opportunités dès leur plus jeune âge, tout au long de leurs études supérieures et au-delà. Mais quel effet ont ces programmes sur la diversité des genres dans la profession d'ingénierie ?

2.6.3. Diversité des genres dans les professions de l'ingénierie

Les efforts déployés pour inciter les femmes à s'intéresser à l'ingénierie au Canada ont donné des résultats positifs en ce qui concerne l'augmentation de la représentation des femmes dans les professions

de l'ingénierie. En 2022, le Canada comptait 47 941 femmes en génie, soit 15 % de l'ensemble des membres en ingénierie du pays. Il s'agit d'une augmentation par rapport aux 14,4 % enregistrés en 2021, ce qui indique une tendance positive vers une plus grande diversité de genres dans le domaine (Ingénieurs Canada, 2023).

En Ontario, il y a 14 469 femmes sur un total de 101 247 membres, ce qui représente 14,3 % de la main-d'œuvre en ingénierie dans la province. Bien que ce pourcentage soit légèrement inférieur à la moyenne nationale, il y a toujours de nombreux efforts visant à recruter et à soutenir les femmes dans le domaine de l'ingénierie au niveau provincial (Ingénieurs Canada, 2023). Il est intéressant de noter que c'est au Québec que l'augmentation du nombre de femmes s'identifiant à l'ingénierie a été la plus importante, avec une croissance d'environ 26,8 % entre 2021 et 2022. Cela souligne l'efficacité des initiatives ciblées pour favoriser la diversité des genres au sein de la communauté de l'ingénierie (Ingénieurs Canada, 2023). En plus de la représentation féminine, il y a aussi des membres qui s'identifient possiblement comme trans⁸, soit 867 au Canada et 10 en Ontario. Ces chiffres soulignent l'importance de l'inclusion et de la création d'un environnement où les personnes de toutes les identités de genre se sentent accueillies et soutenues dans la poursuite d'une carrière en ingénierie. Le Tableau 8 ci-dessous fournit ces informations de manière un peu plus détaillée (Ingénieurs Canada, 2023).

Tableau 8 – Nombre et pourcentage des personnes professionnelles en ingénierie au Canada et en Ontario

Genres des personnes	Ontario	Canada
Nombre de femmes	14 469	47 941
Pourcentage de femmes	14,3 %	15,03 %
Nombre d'hommes	86 768	270 215
Pourcentage d'hommes	85,70 %	84,70 %
Nombre de personnes trans, autres, sans objet ou préfèrent ne pas répondre	10	867
Pourcentage de personnes trans, autres, sans objet ou préfèrent ne pas répondre	0,01 %	0,27 %
Total	101 247	319 023

Maintenant que nous avons une idée de la proportion des femmes actuellement dans la profession, nous pouvons explorer ce qui peut contribuer à leur départ de la profession.

⁸ On ne peut conclure précisément parce que la catégorie a été jumelée avec « Autre », « Préfère ne pas répondre » ou « Sans objet ».

2.6.4. Facteurs contribuant au départ des femmes de la profession d'ingénierie

Le maintien des femmes dans la profession d'ingénierie est essentiel pour faire progresser la diversité des genres au sein de la profession. Malgré les progrès réalisés dans les taux d'inscription et d'obtention de diplômes par les femmes dans les programmes d'ingénierie, la proportion de femmes en ingénierie reste faible, avec peu de variation dans le temps. Il est essentiel de comprendre les facteurs qui contribuent au départ des femmes de la profession pour mettre en œuvre des stratégies de rétention efficaces (Ingénieurs Canada, s. d.-b).

Dans « Stemming the Tide : Why Women Leave Engineering », une étude menée aux États-Unis, Fouad et Singh (2011) font état d'un nombre considérable de femmes ayant abandonné leur carrière en ingénierie il y a plus de cinq ans ($n = 795$). Ces femmes ont principalement étudié l'ingénierie industrielle, l'ingénierie mécanique et l'ingénierie chimique, et près de la moitié d'entre elles ont obtenu des diplômes supplémentaires, notamment des maîtrises. Bien qu'elles aient quitté l'ingénierie, la majorité de ces femmes sont actuellement employées, et une grande partie gagne plus de 100 000\$ par an. Un certain nombre d'entre elles occupent des postes de gestion ou de direction. Elles travaillent principalement dans les domaines de l'éducation, de la santé et des activités de consultation (Fouad & Singh, 2011).

Parmi celles qui ont abandonné leur carrière en ingénierie, près de la moitié ont invoqué des raisons telles que de mauvaises conditions de travail, des déplacements excessifs, des possibilités d'avancement limitées ou un salaire trop bas. Un tiers a quitté l'entreprise en raison d'une insatisfaction à l'égard du climat de travail, des relations managériales ou de la culture organisationnelle. Un quart a choisi de partir pour donner la priorité à des engagements familiaux (Fouad & Singh, 2011). Pour celles qui ont décidé en fin de compte de ne pas faire profession en ingénierie après avoir obtenu leur diplôme, environ un tiers a attribué la décision à la perception de l'ingénierie comme étant inflexible, ou à la culture du lieu de travail qui ne soutient pas les femmes. Trente pour cent se sont désintéressées de l'ingénierie ou ont développé un intérêt pour un autre domaine. Nombre d'entre elles mettent à profit les connaissances et les compétences acquises dans le cadre de leur formation dans divers domaines alternatifs, comme le souligne le rapport de Fouad et Singh (2011), bien que les données exactes ne soient pas précisées.

Les organismes canadiens de réglementation de l'ingénierie s'attaquent activement aux problèmes de maintien des effectifs par le biais de programmes de mentorat, d'enquêtes sur le lieu de travail, de possibilités de réseautage et d'améliorations des politiques en matière de ressources humaines. Les efforts visent à cibler des étapes spécifiques du continuum de la carrière en ingénierie où l'attrition s'observe.

Ceux-ci sont initiés après l'obtention du diplôme, pendant les programmes d'ingénierie stagiaire et au cours des cinq premières années d'emploi (Ingénieurs Canada, s. d.-b).

2.7. Lacunes dans la littérature

Dans cette section, nous résumons les principales lacunes relevées dans la littérature. Notre revue a mis en évidence plusieurs manques significatifs et la synthèse qui suit présente ceux qui nous semblent les plus saillants.

Il est difficile de trouver des recherches menées auprès d'élèves, en particulier dans les classes de sciences et de mathématiques des écoles secondaires. De même, les études réalisées dans les écoles de langue française de l'Ontario sont rares. Une lacune notable réside dans la pénurie de recherches sur les représentations de l'ingénierie par le personnel enseignant au Canada, et cette pénurie est encore plus prononcée dans le contexte des écoles de langue française de l'Ontario.

Les études existantes ont tendance à se concentrer sur le personnel enseignant du primaire, négligeant ainsi leurs collègues du palier secondaire. Étant donné la nature segmentée de l'enseignement au palier secondaire, l'intégration de l'enseignement de l'ingénierie peut sembler particulièrement ardue par rapport à l'enseignement à l'élémentaire, ce qui justifie un examen plus approfondi. De plus, les défis uniques auxquels sont confrontées les personnes enseignantes dans le contexte francophone, y compris la rareté des ressources disponibles en français, ajoutent une autre couche de complexité à ce paysage de la recherche.

Cette lacune dans la littérature mérite qu'on s'y attarde pour mieux comprendre et surmonter les obstacles à l'intégration de l'ingénierie dans les programmes scolaires, et pour soutenir plus efficacement le corps enseignant et les élèves dans ce domaine.

2.8. Résumé du chapitre

L'ingénierie, largement définie comme l'application des sciences, des mathématiques et de la technologie pour concevoir et résoudre des problèmes, joue un rôle crucial dans l'avancement de la société (Bybee, 2011). Cette importance est étayée par les nombreux avantages de son intégration dans les salles de classe, notamment en renforçant la compréhension du monde construit par les humains, en améliorant les performances en mathématiques et en sciences, en sensibilisant aux carrières en ingénierie et en développant des compétences du 21^e siècle chez les élèves.

L'intégration de l'enseignement de l'ingénierie dans les écoles secondaires de l'Ontario à travers des approches telles que le processus de design et le codage est essentielle pour préparer les élèves aux défis du 21^e siècle (Ministère de l'Éducation de l'Ontario, 2021). Le rôle crucial du personnel enseignant dans l'orientation professionnelle des élèves souligne l'importance de comprendre leurs représentations sociales de l'ingénierie, car celles-ci influencent directement la motivation des élèves dans ce domaine.

Les motivations pour étudier l'ingénierie varient, mais comprennent souvent l'influence des parents et de l'environnement scolaire, les motivations personnelles et le désir de laisser sa marque dans le monde, soulignant l'importance de stratégies inclusives pour promouvoir la diversité et l'équité dans le domaine de l'ingénierie.

L'augmentation constante du nombre de personnes étudiantes en ingénierie au Canada, en particulier en Ontario, reflète un intérêt croissant pour ce domaine d'études et de spécialisation (Statistique Canada, 2021). Malgré cette progression, des disparités persistent entre les genres, soulignant la nécessité de promouvoir l'inclusivité et de favoriser la participation des femmes dans toutes les disciplines de l'ingénierie.

Chapitre 3 – Cadre conceptuel de la recherche

Le fondement de cette recherche repose sur trois concepts essentiels : les représentations sociales, la disposition du personnel enseignant à enseigner l'ingénierie et l'enseignement intégré des STIM. Chacun de ces concepts sera examiné et discuté dans le contexte spécifique de cette étude.

Avant d'aborder ces concepts, il importe de préciser le terme « ingénierie ». Dans le cadre de cette étude, le terme ingénierie désigne l'ensemble des processus créatifs et itératifs visant à concevoir, construire, tester et optimiser des solutions techniques à des problèmes réels, en mobilisant les connaissances en sciences, mathématiques et technologie (National Academy of Engineering and National Research Council, 2009). Ce terme ne correspond pas toujours à l'usage courant dans le contexte québécois, où l'on emploie plus fréquemment le terme technologie pour désigner des activités similaires dans le milieu scolaire. Par ailleurs, dans certains contextes éducatifs, le terme technologie peut aussi être associé au domaine numérique. Afin d'éviter toute ambiguïté, le présent texte retient le terme ingénierie dans le sens précisé ci-dessus, tout en reconnaissant que son usage peut varier selon les régions et les systèmes éducatifs.

3.1. Théorie des représentations sociales

Nous cherchons à comprendre les représentations sociales du personnel enseignant de l'ingénierie, des spécialistes de l'ingénierie et de l'enseignement de l'ingénierie ; à déterminer si ces représentations sociales ressemblent à celles des spécialistes en ingénierie et du corps étudiant en génie⁹; et à explorer si ces représentations affectent la disposition du personnel enseignant à entreprendre l'enseignement de l'ingénierie.

3.1.1. Concept des représentations sociales

Les représentations sociales découlent des représentations collectives introduites en 1898 par le sociologue Durkheim (Pouliot et al., 2013; Rekik et al., 2018). Ce n'est qu'en 1961 que l'analyse a été reprise par le psychologue social et historien des sciences Serge Moscovici, pour en élaborer un concept. Moscovici analyse la manière dont un savoir scientifique se transforme en un savoir commun, c'est-à-dire la

⁹ Grâce à la recherche des professeures Mujawamariya et Mavriplis intitulée « Le génie au service des femmes : Rethinking the Faces and Spaces of Engineering » pour laquelle nous avons été assistante à la recherche, nous avons accès à cette documentation pour en faire la comparaison.

façon dont on passe d'un système de concepts théoriques (non familier) à un système de représentation (familier) (Rekik et al., 2018; Techio et al., 2016).

Malgré le fait que Moscovici ne veuille pas définir les représentations sociales, mais plutôt les décrire, il finit par proposer quelques définitions du concept. La raison de son hésitation est que Moscovici considère les représentations sociales comme dynamiques alors que les définitions sont plutôt restrictives (Lianawati & Pou, 2019). Mais, voici quelques définitions : « La représentation sociale est une modalité de connaissance particulière ayant pour fonction l'élaboration des comportements et la communication entre individus » (Moscovici, 1961, p. 25-26); « La représentation sociale est un mode de connaissance construit collectivement, destinée à organiser les conduites et orienter les communications à propos d'un objet » (Moscovici, 1961, p. 37); et : « une représentation est toujours une représentation de quelqu'un tout autant qu'une représentation de quelque chose » (Moscovici, 1961, p. 27).

Depuis lors, le concept des représentations sociales fut le sujet de nombreuses études. Cependant, il n'y a toujours pas de consensus sur sa définition. Pour Jodelet (2003), une représentation sociale est « une forme de connaissance socialement élaborée et partagée, ayant une visée pratique et concourante à la construction d'une réalité commune à un ensemble social » (p. 53). Cette connaissance se forme à partir d'informations, de savoirs, de modèles et d'expériences. Celles-ci sont transmises d'un individu à un autre grâce aux traditions, à l'éducation et à la communication sociale (Pouliot et al., 2013). Pour Abric (2011), les représentations sociales sont le résultat des interactions entre une personne, le monde social et la position qu'elle occupe dans ce monde (Pouliot et al., 2013). Abric (2003) définit la représentation sociale comme :

[...] un ensemble organisé d'opinions, d'attitudes, de croyances et d'informations se référant à un objet ou une situation. Elle [la représentation sociale] est déterminée à la fois par le sujet lui-même (son histoire, son expérience), par le système social et idéologique dans lequel il est inséré, et par la nature des liens que le sujet entretient avec le système social (p. 206).

Roussiau et Bonardi (2001) utilisent à nouveau le terme « opinions », mais précisent que les opinions permettent au sujet de maîtriser l'environnement dans lequel il se trouve. Pour ces personnes, il s'agit d'« une organisation d'opinions socialement construites relativement à un objet donné, résultant d'un ensemble de communications sociales, permettant de maîtriser l'environnement et de se l'approprier en fonction d'éléments symboliques proposés à son ou ses groupes d'appartenance » (p. 19).

Bien que nous ne réduisons pas les représentations sociales à une seule définition, nous apprécions l'importance de l'ajout fait par Sammut et al. (2015) de les utiliser pour agir de façon

significative. Ces universitaires définissent les représentations sociales comme étant « des systèmes de connaissances, ou des formes de sens commun, sur lesquels les sujets humains s'appuient pour donner du sens au monde qui les entoure et agir à son égard de manière significative » [traduction libre] (Sammur et al., 2015). Cela est d'autant plus important que le sujet de cette étude est l'ingénierie, qui est une profession connue pour avoir un impact sur la société.

Après avoir décrit les représentations sociales, nous allons maintenant étudier comment elles sont construites.

3.1.2. Construction des représentations sociales

En 1961, Moscovici s'est rendu compte que les représentations sociales étaient construites par trois dimensions que Jodelet (2003) a ensuite appelées le « contenu ». Ces dimensions sont : l'attitude, l'information et le champ de représentation. Jodelet (2003) ajoute également que pour construire les représentations sociales, il y a un processus en deux étapes : l'objectivation et l'ancrage. Nous nous inspirons de Médard (2005) pour réaliser l'élément visuel suivant sur la façon dont les représentations sociales sont construites (Figure 2).

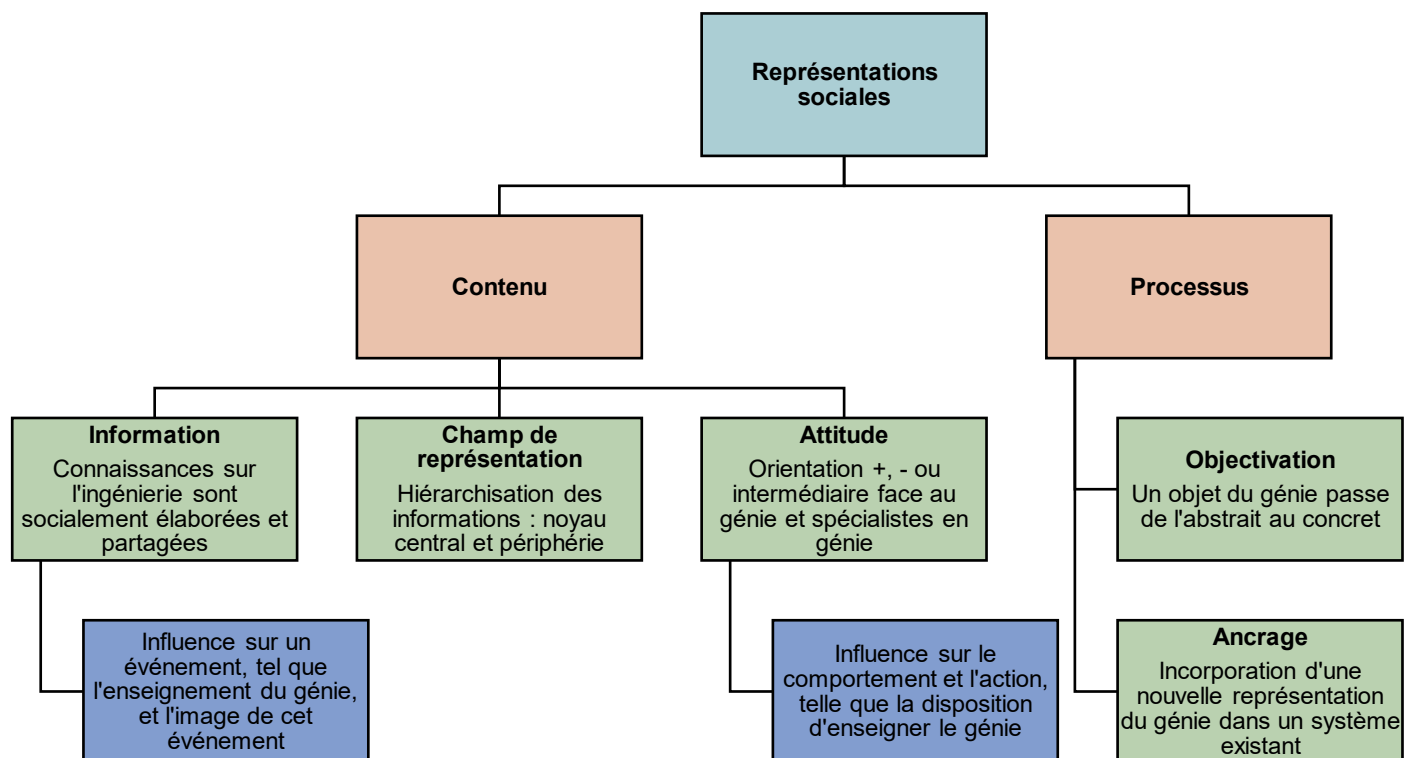


Figure 2 – Organisation des représentations sociales adaptée de Médard (2005)

Les sections suivantes comprennent des encadrés illustrant la construction d'une représentation sociale largement reconnue, celle du « savant fou » ou « scientifique fou ». Ces encadrés offrent des exemples détaillés pour aider à contextualiser et à appliquer les concepts théoriques abordés.

3.1.2.1. Contenu des représentations sociales

Les universitaires s'accordent pour souligner que le contenu d'une représentation sociale comprend l'information, le champ de représentation et l'attitude (Médard, 2005; Pfeuti, 1996; Pouliot et al., 2013). L'information fait référence aux connaissances de l'objet d'un groupe de personnes (Moscovici, 2004). Ces connaissances peuvent être plus ou moins précises, nombreuses et variées (Pfeuti, 1996). Dans notre cas, nous portons une attention particulière aux connaissances du personnel enseignant face à l'ingénierie. Jodelet (2003) explique que ces connaissances ont une influence sur un événement, tel que la disposition à enseigner l'ingénierie et l'image que se fait la personne de cet événement.

Les informations ou connaissances qui circulent sur le savant fou proviennent de livres, de dessins animés, des médias et de films. Par exemple, dans le film « Retour vers le futur », le Dr Emmett Brown est dépeint comme un scientifique aux cheveux fous, portant un sarrau blanc, travaillant dans un laboratoire isolé et réalisant des expériences aux conséquences graves, comme le voyage dans le temps.

Le champ de représentation réfère à l'idée que les informations ne sont pas toutes au même niveau et doivent par conséquent être hiérarchisées et structurées. C'est ainsi qu'on se réfère au noyau central d'Abric (1994) selon lequel « l'organisation d'une représentation présente une modalité particulière, spécifique : non seulement les éléments de la représentation sont hiérarchisés, mais par ailleurs toute représentation est organisée autour d'un noyau central, constitué d'un ou de plusieurs éléments qui donnent à la représentation sa signification » (Abric, 1994, p. 19). Dans cette théorie, le noyau est central, car il organise la représentation dans sa globalité, et est plus résistant au changement. Les autres éléments, organisés autour du noyau central, sont périphériques, car ils sont plus instables et moins signifiants (que le noyau) dans la représentation (Pfeuti, 1996).

La compréhension collective d'un savant fou mélange des éléments factuels et fictifs qui créent une image partagée qui façonne les discussions sur les scientifiques. Au noyau central de cette représentation, le savant fou est perçu comme une personne extrêmement intelligente, qui repousse les limites pour développer de nouvelles connaissances, mais qui travaille souvent seule, isolé de la société. Les éléments périphériques, plus flexibles et adaptables, incluent des caractéristiques comme leur apparence (cheveux fous, lunettes, sarrau blanc) et leur environnement (un laboratoire rempli de verrerie). Ces éléments peuvent évoluer au fil du temps, tandis que le noyau central reste assez stable. Par exemple, au début du 20^e siècle, l'accent était souvent mis sur les expériences biologiques ou chimiques, comme dans « Frankenstein ». Aujourd'hui, l'attention se porte davantage sur l'intelligence artificielle (IA) et la robotique, reflétant les préoccupations sociétales actuelles et ancrant ces nouvelles peurs dans la représentation existante du savant fou.

L'attitude est la prise de position ou l'orientation (soit positive, négative ou intermédiaire¹⁰) d'une personne face à un objet (Moscovici, 2004). Il s'agit d'une posture cognitive profondément ancrée chez une personne, et donc peu encline au changement. Cette prise de position « est déterminante dans la sélection des informations et dans leur hiérarchisation dans le champ » (Pouliot et al., 2013, p. 14) et va ensuite réguler le comportement et l'action (Pouliot et al., 2013). Par exemple, si un membre du personnel enseignant a une attitude négative face à l'ingénierie, il sera moins disposé à l'enseigner.

¹⁰ Le terme « intermédiaire » est délibérément utilisé ici, car il reflète la présence d'une attitude caractérisée par une position sur un continuum entre les évaluations positives et négatives. Cette position s'appuie sur un jugement plutôt que sur la neutralité, qui implique l'absence de position évaluative. Le terme « neutre » n'est donc pas approprié dans ce contexte (Moliner & Tafani, 1997).

Le savant fou suscite des émotions variées. Certaines personnes admirent son génie et ses travaux révolutionnaires, tandis que d'autres craignent les conséquences potentielles de ses actions. Une figure historique comme Albert Einstein illustre bien cette dualité : il est célébré comme un génie, mais suscite des inquiétudes en raison de son association avec le développement des armes nucléaires.

3.1.2.2. Processus de formation des représentations sociales

Comme illustré à la Figure 2, deux processus sont au cœur de l'émergence des représentations sociales : l'objectivation et l'ancrage (Pouliot et al., 2013; Rekik et al., 2018; Sarrica et al., 2019). Il est à noter que les deux étapes se passent en même temps (Lianawati & Pou, 2019).

L'objectivation consiste à transformer ce qui est conceptuel en une concrétisation et à lui assigner une fonction (Rekik et al., 2018). Cela se déroule en trois phases :

1. Sélection et décontextualisation : au cours de cette phase, l'objet lui-même est sélectionné parmi les autres objets sociaux, et des informations déjà recueillies sur l'objet sont triées (Pfeuti, 1996; Techio et al., 2016) « en fonction de critères culturels (accès inégal aux informations suivant l'appartenance à un groupe culturel) et de représentations déjà existantes » (Pfeuti, 1996, p. 6). Cela mène à la formation d'un schéma figuratif.
2. Formation d'un schéma figuratif : les concepts sont schématisés et transformés en images. Il s'agit du noyau essentiel de la représentation, parce que le sujet a condensé les éléments d'informations importantes et omis les aspects plus conflictuels (Lianawati & Pou, 2019). Le sujet conserve ce qui est logique afin de concrétiser une entité abstraite en une image de l'objet (Pfeuti, 1996).
3. Naturalisation : La naturalisation rend compte de l'utilisation des représentations sociales dans la vie quotidienne. Ainsi, dans cette phase, les éléments des représentations deviennent réalité (Lianawati & Pou, 2019).

Enfin, des traits comme les cheveux fous, le sarrau blanc et la réalisation d'expériences risquées sont devenus des marqueurs facilement reconnaissables du savant fou. Grâce à des processus comme l'objectivation, ces peurs et idées abstraites sont rendues concrètes et visuelles.

À son tour, l'ancrage se produit lorsqu'un nouvel objet est incorporé dans le système de catégories préexistant. L'ancrage désigne la reconnaissance d'objets non familiers sur la base de catégories existantes et fonctionnelles dans la mémoire. En intégrant des objets non familiers, les représentations préexistantes sont, dans une certaine mesure, modifiées parce qu'il y aura une comparaison, interprétation et assimilation des représentations (Techio et al., 2016).

À mesure que l'IA et les robots deviennent plus répandus, les peurs liées à la technologie se rapprochent de celles associées au savant fou. Cela modifie la représentation en y incorporant de nouveaux éléments. Par exemple, une personne travaillant dans la technologie avec des applications d'IA controversées pourrait être perçue comme un savant fou. Ici, le noyau central reste le même pour le savant fou (génie, inventif, isolé, qui présente une ambiguïté morale), mais les éléments périphériques changent : au lieu d'être dans un laboratoire avec de la verrerie, cela devient une entreprise technologique dans laquelle on retrouve de nombreux serveurs.

3.1.3. Personnel enseignant et les représentations sociales

Dans un environnement scolaire, les membres du personnel enseignant ont des interactions et des communications fréquentes les uns avec les autres. Par le biais de la résolution collaborative de problèmes et des discussions entre pairs, ils établissent le cadre des représentations sociales. Ainsi, leurs activités quotidiennes façonnent et remodelent les représentations sociales des membres de l'équipe enseignante, lesquelles se manifestent à leur tour dans leurs interactions avec leurs collègues et leurs élèves. En d'autres termes, les actions et les expériences vécues quotidiennement par les membres du corps enseignant jouent un rôle important dans la formation de leurs perceptions et de leurs compréhensions, qui se reflètent ensuite dans la manière dont ils interagissent avec les autres personnes dans l'environnement éducatif (Linton et al., 2013).

Comme nous l'avons vu précédemment, les représentations sociales peuvent influencer les attitudes des membres du corps enseignant, ce qui se répercute ensuite sur leurs comportements et leurs actions en classe (Linton et al., 2013). Face aux nouveaux défis éducatifs, les membres du corps enseignant utilisent constamment des représentations sociales pour comprendre, catégoriser (hiérarchiser les informations) et prendre des décisions concernant des phénomènes peu familiers. Les processus mentaux d'ancrage et d'objectivation facilitent l'exploration, la compréhension et l'intégration de nouveaux concepts. De ce fait, les représentations sociales facilitent la communication au sein des groupes

professionnels et influencent le comportement dans les milieux sociaux, façonnant ainsi leur réalité sociale (Linton et al., 2013). Par conséquent, la théorie des représentations sociales peut aider à comprendre les représentations qu'ont les membres du corps enseignant de l'ingénierie, des personnes œuvrant en ingénierie et de l'enseignement de l'ingénierie.

3.1.4. Influence des variables démographiques sur les représentations sociales

Les variables démographiques telles que l'âge, le genre, l'expérience en enseignement, le niveau d'éducation, les matières enseignées et la familiarité avec les personnes travaillant dans le domaine de l'ingénierie peuvent influencer les représentations sociales de l'ingénierie chez le personnel enseignant (Bandura, 1999). Par exemple, les membres du corps enseignant qui ont plus d'expérience dans l'enseignement des sciences et des mathématiques peuvent avoir des perceptions différentes de l'enseignement de l'ingénierie par rapport au personnel enseignant avec moins d'expérience. Dans la même veine, les personnes enseignantes qui ont suivi des cours d'ingénierie peuvent avoir une meilleure compréhension de l'ingénierie, ce qui influe sur leur attitude vis-à-vis de l'enseignement de cette discipline. Le genre de la personne peut également jouer un rôle dans l'élaboration de ses représentations de l'ingénierie notamment en raison de la socialisation de rôles de genre.

Il est donc important d'explorer les facteurs démographiques du personnel enseignant en lien avec ses représentations sociales de l'ingénierie afin de mettre en lumière les complexités liées à sa disposition pour entreprendre un enseignement de l'ingénierie. En examinant ces variables dans le contexte de la théorie des représentations sociales, cette étude vise à fournir une analyse des facteurs qui façonnent les représentations sociales des membres du corps enseignant à l'égard de l'enseignement de l'ingénierie.

3.1.5. Éléments théoriques retenus dans la présente étude

Étant donné que les seuls éléments des représentations sociales qui peuvent être observés sont l'information et l'attitude, nous allons procéder en étudiant ces deux dimensions. Notre étude vise à mieux comprendre les connaissances et les attitudes que le personnel enseignant entretient à l'égard de l'ingénierie, des spécialistes en ingénierie et de l'enseignement de l'ingénierie. Il s'agit également de déterminer si ces représentations sociales ont influencé leur intégration de l'ingénierie dans la classe de sciences et de mathématiques, tel que décrit dans le concept des représentations sociales.

3.2. Disposition du personnel enseignant à entreprendre un enseignement de l'ingénierie

La disposition du personnel à enseigner l'ingénierie dans les cours de sciences et de mathématiques peut découler de ses représentations sociales de l'ingénierie et des gens œuvrant en

ingénierie. Comme mentionné précédemment, l'information (ou les connaissances) (Moscovici, 2004) de l'ingénierie que le personnel enseignant possède a une influence soit positive soit négative sur l'enseignement de l'ingénierie (Jodelet, 2003). Pour cette raison, nous explorons comment les membres du corps enseignant définissent l'ingénierie et le rôle de l'ingénierie dans la société. L'attitude est également un facteur déterminant lorsqu'on examine la disposition du corps enseignant à intégrer l'ingénierie dans ses cours. Comme l'ont mentionné Pouliot et al. (2013), l'attitude envers l'ingénierie et les spécialistes en ingénierie peut influencer son comportement et ses actions. Par exemple, une personne qui a une attitude positive envers l'ingénierie pourrait être plus encline à l'intégrer dans son enseignement, et l'inverse est aussi probable.

La Figure 3 schématise des représentations du personnel enseignant, mettant en évidence les liens entre ses informations, ses attitudes et sa disposition à entreprendre un enseignement de l'ingénierie. Ce modèle met en évidence une relation réciproque entre les informations et les attitudes, car l'information peut façonner les attitudes du personnel enseignant en fournissant le contenu cognitif sur lequel les attitudes sont basées. Par exemple, si une personne enseignante apprend des informations positives sur l'ingénierie, elle peut développer une attitude positive à cet égard. En revanche, les attitudes peuvent également influencer le traitement et l'interprétation de l'information. Nos attitudes affectent la façon dont nous encodons et interprétons les choses que nous rencontrons dans le monde (Maio & Haddock, 2010). Les gens peuvent être plus réceptifs aux informations qui correspondent à leurs attitudes et croyances existantes, tout en rejetant ou en ignorant les informations qui les contredisent.

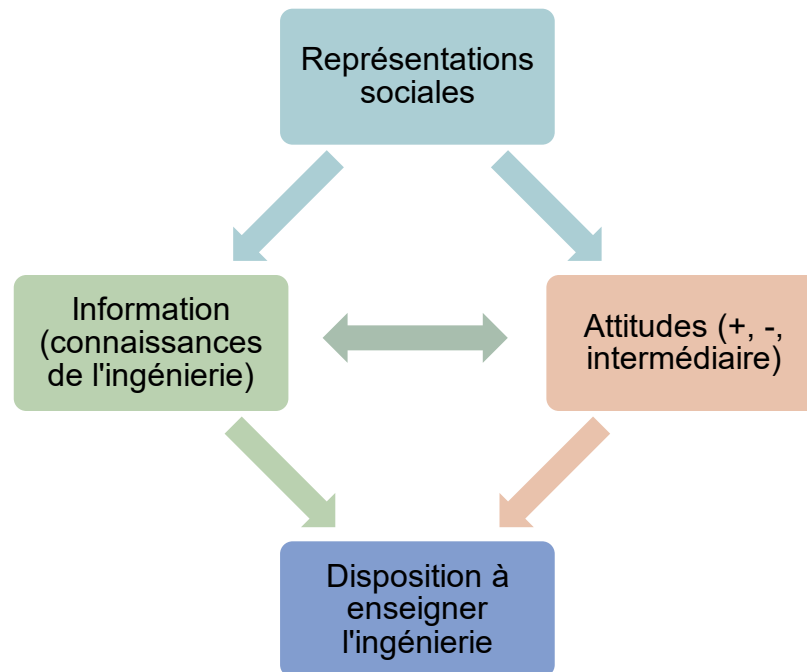


Figure 3 – Représentation visuelle de la disposition du personnel à entreprendre un enseignement de l'ingénierie

Ainsi, la relation entre l'information, les attitudes et la disposition du personnel enseignant à enseigner l'ingénierie est dynamique, et elle mérite d'être examinée dans le cadre de la théorie des représentations sociales.

3.3. Cadre conceptuel pour l'enseignement intégré des STIM

L'enseignement des STIM englobe un vaste éventail d'approches pédagogiques s'étendant du traditionnel cloisonnement disciplinaire à des initiatives interdisciplinaires visant à résoudre des problèmes du monde réel. De même, l'intégration des STIM dans la salle de classe présente de multiples facettes et ne se limite pas à une seule définition. Nous proposons donc un modèle pour comprendre les principaux éléments essentiels de l'enseignement intégré des STIM, tels que l'utilisation de problèmes du monde réel, l'intégration de l'ingénierie et le développement des habiletés du 21^e siècle.

Après avoir exploré les éléments que nous avons jugés importants, nous nous penchons sur certains cadres conceptuels de l'enseignement intégré des STIM qui ont contribué à éclairer notre propre modèle. En nous appuyant sur ces cadres et des perspectives théoriques établis, nous synthétisons les idées clés et identifions les thèmes communs qui sous-tendent un enseignement STIM intégré efficace. En

situant notre approche dans le paysage plus large des cadres existants, nous comprenons mieux les fondements théoriques et les implications pratiques de l'enseignement intégré des STIM.

Enfin, nous présentons notre modèle. Fondé sur nos expériences, nos recherches et les cadres conceptuels étudiés, celui-ci représente une approche holistique et systématique de l'enseignement intégré des STIM.

3.3.1. *Éléments importants du cadre*

Cette section s'appuie sur les éléments que nous avons jugés importants à la lumière de nos expériences en enseignement et de nos travaux de recherche. Nous approfondissons chacun de ces aspects en explorant leurs nuances ainsi que les interrelations qui les unissent. Cette exploration détaillée donne un aperçu des complexités de l'enseignement intégré des STIM et jette les bases d'une analyse plus approfondie. Commençons tout d'abord par explorer le premier élément que nous trouvons essentiel, les problèmes authentiques.

3.3.1.1. Se concentrer sur les problèmes du monde réel

En s'attaquant à des défis authentiques, les élèves assument le rôle de personnes agentes de changement au sein de la classe (Gunckel & Tolbert, 2018). Ces problèmes devraient également résonner avec les expériences vécues des élèves (Diekman et al., 2010). En prenant explicitement en compte des facteurs tels que le genre et l'origine ethnique dans la sélection des problèmes, les pédagogues peuvent favoriser l'engagement des élèves et cultiver des identités STIM auprès d'une diversité d'élèves (Roehrig et al., 2021).

Ainsi, les initiatives intégrées en matière de STIM ne devraient pas seulement comprendre des tâches de conception de voitures ou de fusées, mais aussi des projets axés sur des enjeux communautaires et sociétaux. Selon Roehrig et al. (2021), ces derniers trouvèrent un écho plus profond auprès des filles et des jeunes racisés. En alignant le contenu des STIM sur les intérêts personnels et les expériences communautaires des élèves, les membres du personnel enseignant peuvent exploiter la motivation intrinsèque et favoriser une plus grande diversité dans les domaines des STIM. Ainsi, nous préconisons que les problèmes du monde réel soient au cœur de l'apprentissage des STIM, notamment grâce au processus de conception en ingénierie.

3.3.1.2. L'ingénierie comme pilier fondamental

Avec l'intégration de l'ingénierie dans le programme-cadre de sciences, il est désormais essentiel que les élèves s'immergent dans le processus de design (Ministère de l'Éducation de l'Ontario, 2022b). L'ingénierie occupe également une place centrale dans la plupart des définitions des STIM intégrés (Roehrig et al., 2021). Puisque le design est largement reconnu comme étant au cœur de l'activité d'ingénierie (Dym, 1999), les élèves devraient avoir l'opportunité de s'investir dans le processus de design, d'apprendre de leurs échecs et d'améliorer leurs solutions (Stretch & Roehrig, 2021).

En impliquant les élèves dans le processus de design itératif, les membres du personnel enseignant leur permettent d'appliquer les principes scientifiques et les concepts mathématiques dans des situations pratiques. De plus, en considérant l'échec comme une composante inhérente au processus de design, les élèves développent la résilience et la persévérance, des qualités indispensables pour réussir dans les domaines des STIM et au-delà (Roehrig et al., 2021). En amont de notre analyse, nous avons élaboré un modèle conceptuel de l'enseignement intégré des STIM, ancré dans les écrits scientifiques récents et dans notre expérience professionnelle. Ce modèle, qui met l'accent sur le rôle structurant de l'ingénierie dans la résolution de problèmes authentiques, sert de cadre de référence pour guider l'interprétation des données. Il est appelé à évoluer selon les constats issus de la recherche.

3.3.1.3. L'apprentissage contextualisé

Dans une approche intégrée des STIM, il est important d'établir une cohérence entre les problèmes du monde réel et les contenus d'apprentissage. Les élèves doivent pouvoir appliquer leurs connaissances en STIM pour concevoir des prototypes. Sans une intégration explicite et claire entre le contexte du problème et les contenus d'apprentissage, les élèves risquent de se limiter à des expérimentations (essais et erreurs) plutôt que de s'appuyer sur leurs connaissances et compétences (McComas & Burgin, 2020; Moore et al., 2015; Roehrig et al., 2021).

L'ingénierie exige l'utilisation et l'application de connaissances en sciences, mathématiques et technologie. L'enseignement des STIM au palier secondaire pourrait mettre en avant cette interdisciplinarité en permettant aux élèves d'appliquer des concepts mathématiques, scientifiques et technologiques adaptés à leur niveau de développement, dans le contexte de la résolution de problèmes d'ingénierie (Arik & Topçu, 2022; National Research Council, 2012; Reynante et al., 2020).

En ancrant les activités pédagogiques dans des contextes authentiques, le corps enseignant favorise une compréhension conceptuelle approfondie et facilite le transfert des apprentissages d'une

discipline à une autre. En alignant délibérément les contenus d'apprentissage sur les défis du monde réel, les élèves appliquent leurs connaissances de manière nouvelle et pertinente, cultivant ainsi leur esprit critique et leur capacité à résoudre des problèmes (Roehrig et al., 2021).

3.3.1.4. L'intégration du contenu

En plus d'établir des liens entre les disciplines STIM et les problèmes réels, il est crucial de favoriser des liens explicites entre les disciplines STIM elles-mêmes. Alors que les membres du corps enseignant peuvent reconnaître ces interconnexions, les élèves ont souvent du mal à les saisir de manière autonome (Dare et al., 2021; Tran & Nathan, 2010). Les élèves devraient non seulement avoir la possibilité d'apprendre et d'appliquer le contenu et les compétences des STIM (Tran & Nathan, 2010), mais également de comprendre comment les différentes disciplines des STIM se recoupent et se complètent. Cela implique de rendre ces liens explicites dans le programme d'études (English, 2016; Tran & Nathan, 2010).

Pour parvenir à l'intégration du contenu, les mathématiques et la technologie, par exemple, ne devraient pas se limiter à leurs rôles traditionnels de simples outils au service des sciences et de l'ingénierie (Walker III, 2017). La technologie, au-delà des outils de base tels que les logiciels de texte, peut être intégrée aux pratiques d'enseignement des STIM grâce à des simulations et à la modélisation, démontrant ainsi son impact sur la compréhension conceptuelle des sciences par les élèves (Aminger et al., 2021). Concernant les mathématiques, elles sont souvent reléguées au second plan, servant principalement d'outil de mesure et d'analyse des données, sans mettre suffisamment l'accent sur les objectifs d'apprentissage conceptuel des mathématiques (Ring et al., 2017; Roehrig et al., 2021; Walker III, 2017). Il a été montré qu'engager les élèves dans des tâches mathématiques exigeantes sur le plan cognitif, telles que la modélisation mathématique, améliore leur compréhension des concepts mathématiques et des phénomènes scientifiques (Aminger et al., 2021). La modélisation mathématique implique l'utilisation d'équations pour représenter des phénomènes scientifiques et communiquer des idées scientifiques (Bialek & Botstein, 2004; Brush, 2015).

Il est donc crucial d'être plus explicite dans l'enseignement des STIM. Les disciplines non-STIM devraient être intentionnellement intégrées dans le processus d'apprentissage, car elles fournissent souvent des perspectives précieuses sur le contexte sociopolitique plus large des problèmes en question (Gunckel & Tolbert, 2018). En guidant les élèves dans l'examen critique des intersections entre les diverses disciplines des STIM et au-delà, les personnes enseignantes leur donnent les moyens de développer une

compréhension holistique des problèmes complexes et d'élaborer des solutions innovantes qui transcendent les frontières disciplinaires (Roehrig et al., 2021).

3.3.1.5. Développement des compétences du 21^e siècle

L'enseignement intégré des STIM devrait favoriser le développement des compétences du 21^e siècle (Sias et al., 2017; Wang & Knobloch, 2018). De manière générale, les compétences du 21^e siècle comprennent la construction des connaissances, la résolution de problèmes réels, la communication efficace, la collaboration, l'esprit critique, l'utilisation des technologies de l'information et de la communication pour l'apprentissage, la créativité et la collaboration; ce sont les compétences « nécessaires pour qu'une personne s'adapte et prospère dans un monde en constante évolution » [traduction libre] (Stehle & Peters-Burton, 2019, p. 2). S'engager dans le processus de design en ingénierie incorpore intrinsèquement la créativité et la pensée critique, car il n'y a pas de solution unique, favorisant ainsi le potentiel de solutions de design transformantes et innovantes (Petroski, 2016; Simpson et al., 2018; Stretch & Roehrig, 2021). Lorsque les élèves testent leurs conceptions et améliorent leurs solutions de conception, il y aura des échecs. Comme mentionné précédemment, l'échec devrait être attendu pour que l'innovation se produise, et la capacité à apprendre de l'échec puisse conduire à des conceptions plus solides (Henry et al., 2021; Simpson et al., 2018).

Le travail en petits groupes lors du processus de design nécessite que les élèves négocient l'apprentissage et fassent des compromis (Asunda, 2014). Le travail en groupe favorise donc la pensée critique et la créativité et bien sûr la coopération. Cependant, il est à noter que le personnel enseignant devrait faciliter le travail en petits groupes pour assurer une participation équitable de chaque membre de l'équipe (Roehrig et al., 2021).

3.3.1.6. Sensibiliser les élèves aux carrières en STIM

Il est important d'exposer les élèves aux carrières en STIM pendant leur parcours scolaire (Jahn & Myers, 2014). Pour ce faire, le personnel enseignant peut offrir des occasions qui permettent aux élèves de s'engager dans des pratiques authentiques en STIM (Kitchen et al., 2018; Ryu et al., 2019), tout en décrivant des carrières spécifiques pertinentes pour les sujets étudiés (Roehrig et al., 2021).

Promouvoir la participation future à des carrières en STIM requiert une sensibilisation approfondie des élèves aux différentes professions dans ces domaines (Jahn & Myers, 2014; Luo et al., 2021). Cela implique non seulement de permettre aux élèves de s'engager dans des tâches authentiques propres aux spécialistes en STIM (Kitchen et al., 2018; Ryu et al., 2019), mais aussi de favoriser le développement de

leur identité en STIM. Un ensemble de recherches récentes a montré que l'intérêt, l'attitude et l'identité en STIM servent de prédicteurs de la poursuite soutenue dans les disciplines STIM, bien plus que leur simple performance scolaire (Avraamidou, 2020; Rodriguez et al., 2019; Tai et al., 2006).

Pour construire notre propre modèle d'enseignement intégré des STIM, nous nous sommes appuyées sur quelques cadres conceptuels développés au cours de la dernière décennie (Kelley et Knowles, 2016; Roehrig et al., 2021; Yata et al., 2020). Ces cadres, bien que distincts dans leur origine et leurs objectifs, partagent une volonté commune de structurer l'intégration de l'ingénierie dans l'enseignement des sciences, technologies et mathématiques. Nous les présentons en explicitant leur contexte de développement, leurs axes prioritaires et leurs apports pour notre propre réflexion.

3.3.2. Des cadres conceptuels actuels

Tout d'abord, le cadre conceptuel proposé par Yata et al. (2020), développé dans le contexte de l'éducation japonaise, met l'accent sur le « besoin de savoir » et le « besoin de faire pour l'ingénierie ». Les universitaires soulignent que les élèves doivent acquérir des connaissances spécifiques (« besoin de savoir ») pour s'engager efficacement dans le processus de design. Pour ce faire, les élèves doivent appliquer leurs connaissances (« besoin de faire de l'ingénierie ») pour développer des produits en mobilisant des principes, des processus et des théories issus des sciences, des mathématiques et de la technologie. Ce cadre se distingue par son articulation entre le processus de design (concevoir, construire, tester) et les modes de pensée propres à chaque discipline, tels que définis dans le programme japonais. Il a été élaboré afin de mieux structurer l'éducation STIM dans un système où l'ingénierie n'est pas enseignée comme matière distincte, mais intégrée principalement dans l'enseignement technologique. Bien que ce cadre mette bien en lumière les relations entre savoirs disciplinaires et pratiques d'ingénierie, il met peu l'accent sur les objectifs éducatifs généraux, comme le développement de compétences du 21^e siècle ou la préparation aux carrières STIM. C'est la raison pour laquelle nous proposons d'intégrer à notre modèle une section visant à rendre explicites les résultats attendus de l'enseignement des STIM — une dimension présente dans le modèle de Roehrig et al. (2021).

Le modèle de Roehrig et al. (2021), issu du contexte nord-américain (États-Unis), a été conçu pour établir un cadre commun pour l'enseignement intégré des STIM dans les écoles de la maternelle à la 12^e année. Ce modèle met aussi l'accent sur les problèmes du monde réel, intrinsèquement interdisciplinaires, qui nécessitent des solutions par le biais du processus de design. Nous apprécions cette orientation et l'avons également mise de l'avant dans notre modèle. Leur prise en compte des résultats de l'éducation STIM intégrée, de même que du développement des compétences et des connaissances du 21^e siècle en

sciences, en technologie et en mathématiques, s'harmonise avec nos conclusions issues de l'analyse documentaire. Comme les recherches suggèrent que les projets de design favorisent les compétences du 21^e siècle et approfondissent les connaissances en STIM, nous avons inclus ces aspects dans notre modèle en tant que compétences en STIM. Cela souligne l'interconnexion des disciplines STIM et la nature interdisciplinaire de l'enseignement des STIM. Cependant, contrairement au modèle de Roehrig, qui traite les disciplines comme un ensemble cohérent, nous estimons qu'il est nécessaire de nommer explicitement les contenus scientifiques, mathématiques et technologiques pour en montrer les contributions distinctes.

Un autre cadre, celui de Kelley et Knowles (2016), également développé aux États-Unis, vise à proposer une base conceptuelle pour l'enseignement intégré des STIM dans un contexte de réformes éducatives (NGSS, Common Core) des États-Unis. Les universitaires y identifient quatre piliers : la conception technique, la pensée mathématique, la littératie technologique et la recherche scientifique dans l'enseignement intégré des STIM. Leur modèle insiste sur le développement d'une communauté de pratique et sur la nécessité de lier ces pratiques dans des contextes authentiques. Bien que ces scientifiques reconnaissent l'importance des connaissances et des compétences technologiques et en fassent mention dans la description, la représentation visuelle de leur modèle manque de clarté sur les rôles spécifiques de chaque discipline, notamment la technologie, qui est traitée de façon plus générique. Nous visons à préciser ces rôles dans notre modèle, en mettant en relief les apports uniques de chaque discipline.

En résumé, bien que ces trois cadres fournissent des indications pertinentes pour conceptualiser l'enseignement intégré des STIM, chacun présente des limites spécifiques : Yata et al. (2020) offrent une intégration fine des disciplines, mais négligent les finalités éducatives ; Roehrig et al. (2021) intègrent bien les objectifs, mais homogénéisent les disciplines ; Kelley et Knowles (2016) identifient des composantes clés, mais les formalisent peu. Notre modèle vise à combiner leurs forces, tout en remédiant à leurs lacunes, en mettant l'accent sur l'intégration explicite des connaissances et compétences issues des sciences, des mathématiques et de la technologie, à travers des pratiques d'ingénierie, pour favoriser le développement de compétences interdisciplinaires et critiques chez les élèves.

3.3.3. *Modèle proposé pour l'enseignement intégré des STIM*

Dans la Figure 4, nous présentons un modèle que nous avons élaboré et qui met l'accent sur l'enseignement de l'ingénierie dans le contexte de la classe STIM. Au sommet de notre modèle se trouvent les connaissances et les compétences en sciences, en technologie et en mathématiques. Reconnaisant que les élèves abordent chaque situation d'apprentissage avec leurs propres connaissances et

compétences, nous plaçons cet élément fondamental au premier plan. Chaque discipline est présentée séparément afin de souligner sa valeur individuelle dans le cadre d'un projet de design. Nous maintenons la parité entre les disciplines, en reconnaissant que chacune contribue de manière unique à la résolution des problèmes. En fait, nous considérons la technologie et les mathématiques non seulement comme des outils permettant de développer des connaissances et des compétences scientifiques et de contribuer à l'élaboration de solutions, mais aussi comme des disciplines à part entière, dotées de connaissances et de compétences uniques, que les élèves doivent développer.

Ces trois disciplines convergent pour relever les défis interdisciplinaires du monde réel. Au cœur de notre modèle, nous mettons l'accent sur l'application du processus de design pour résoudre ces problèmes. Étant donné que nous considérons l'ingénierie comme un fil conducteur pour l'apprentissage intégré des STIM, il était important de souligner cet élément. En ancrant l'enseignement des STIM dans des problèmes authentiques du monde réel, nous visons à impliquer un plus large éventail d'élèves, y compris des personnes de genres divers.

L'engagement dans ces défis d'ingénierie favorise l'acquisition de connaissances et le développement de compétences en STIM, y compris des habiletés analytiques et des compétences en codage, ainsi que les compétences du 21^e siècle. Grâce à ce développement holistique, les élèves découvrent les études et les professions en STIM, en mettant particulièrement l'accent sur les carrières en ingénierie qui pourraient autrement rester inexplorées dans le cadre du programme d'études secondaires. Cette exposition permet non seulement de cultiver la motivation, mais aussi d'approfondir la compréhension des STIM et des parcours professionnels qui y sont associés.

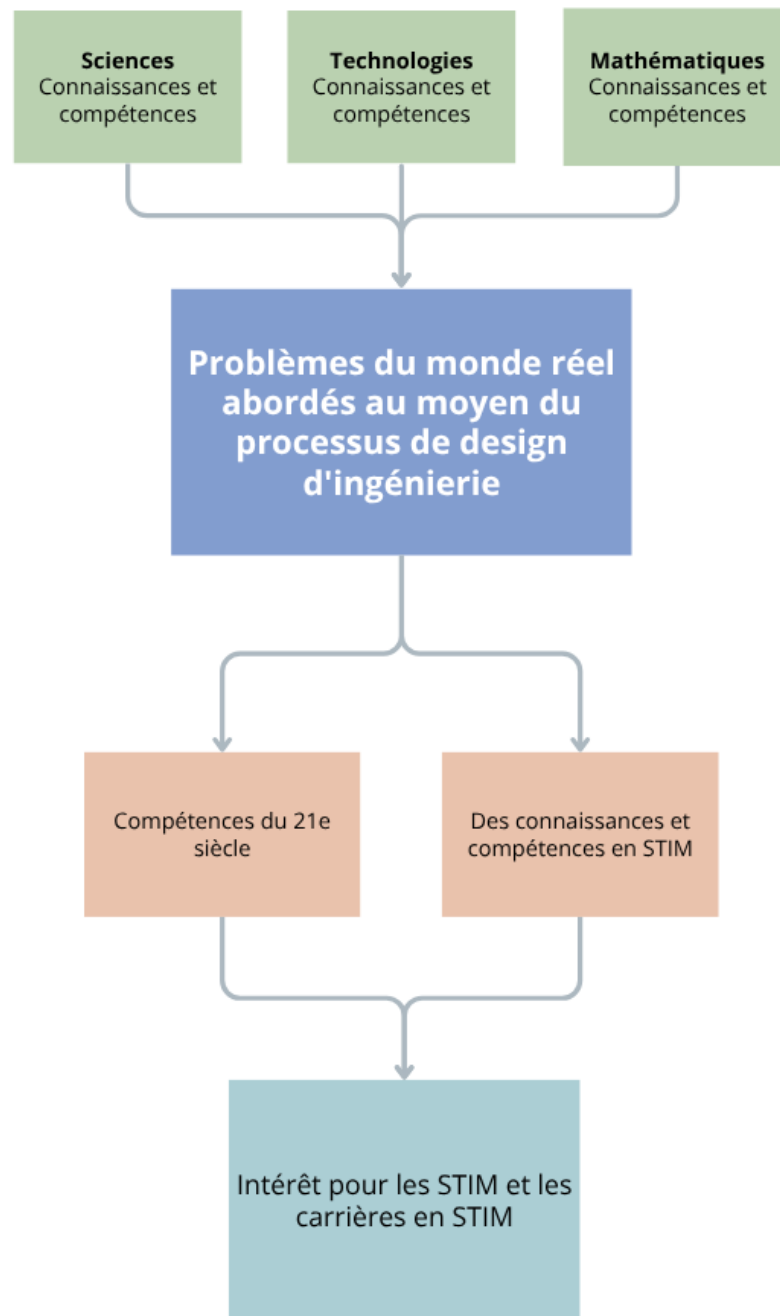


Figure 4 – Modèle pour l'enseignement intégré des STIM

Après avoir exploré les trois principaux concepts de notre étude, les représentations sociales, la disposition à entreprendre un enseignement de l'ingénierie et l'enseignement intégré des STIM, revenons à l'objectif de notre étude.

3.4. Objectif de la recherche

Des universitaires ont précédemment mené des études pour évaluer la manière dont les élèves représentent les spécialistes en ingénierie (Diefes-Dux & Capobianco, 2011; Fralick et al., 2009; Karatas et al., 2011), mais qu'en est-il des représentations que se font les personnes enseignantes ? Étant donné que « le corps enseignant, parmi d'autres, joue un rôle important dans la formation des conceptions des élèves » [traduction libre] (Reinisch et al., 2017, p. 1953), nous avons choisi de nous pencher sur la façon dont le personnel enseignant représente les spécialistes en ingénierie, la profession d'ingénierie et l'enseignement de l'ingénierie.

Nous avons décidé de nous concentrer sur les actions prises au palier secondaire, car c'est à ce stade scolaire que de nombreux élèves choisissent leur futur parcours professionnel, tel que confirmé par Faitar et Faitar (2013) : « le choix individuel d'une carrière scientifique est déterminé par le soutien des parents, les efforts individuels, les cours suivis à l'école [secondaire], ainsi que par la collaboration et le soutien du personnel enseignant en STIM » [traduction libre] (p. 13). De plus, étant donné que l'éducation technologique intègre déjà le processus de design dans ses cours, et par conséquent, quelques principes clés de la pratique de l'ingénierie, nous préférons nous pencher sur les disciplines des STIM pour lesquelles l'ingénierie constitue une nouveauté, et qui peuvent donc éprouver davantage de difficulté à intégrer l'ingénierie dans leurs cours. Les sciences sont l'une de ces disciplines. Le ministère de l'Éducation de l'Ontario (2022a) a publié le nouveau programme-cadre de sciences de la 9^e année (SNC1W), qui inclut le processus de design en ingénierie. Celui-ci explique qu'« un processus de design en ingénierie amène les élèves à appliquer d'importants concepts et habiletés scientifiques, conformément aux attentes et contenus d'apprentissage du cours, de même que des compétences transférables et des concepts interdisciplinaires propres à l'apprentissage des STIM » (paragr. 52). Nous pensons que ce n'est qu'une question de temps avant que cela ne se répercute sur la dernière discipline STIM qui ne fait pas mention du processus de design, mais qui inclut déjà le codage : les mathématiques. Nous accordons donc une attention particulière au corps enseignant de sciences et de mathématiques du palier secondaire.

Alors qu'en Ontario, nous pourrions choisir d'en apprendre davantage sur les représentations sociales du personnel enseignant de langue anglaise ou de langue française, nous concentrons nos efforts sur les francophones. Nous avons choisi cette option, parce qu'il y a un manque de recherche sur cette population, que nous sommes nous-même le produit d'une éducation de langue française en milieu minoritaire et aussi parce que nous avons rencontré des obstacles en tant qu'enseignante de langue française en Ontario (à savoir un manque de ressources STIM en français, un manque de spécialistes STIM francophones disponibles pour agir en tant que personnes mentores pour les élèves, etc.).

Ainsi, notre projet de recherche est axé sur l'exploration des représentations sociales de l'ingénierie, des spécialistes en ingénierie et de l'enseignement de l'ingénierie par le personnel enseignant de sciences et de mathématiques dans les écoles secondaires de langue française en Ontario.

3.5. Pertinence de la recherche

Cette recherche est d'une importance capitale en raison de l'intégration récente de l'ingénierie dans des cours de sciences et de mathématiques au palier secondaire par le ministère de l'Éducation de l'Ontario (2021b, 2022a). Les représentations sociales que le personnel enseignant a de l'ingénierie et des spécialistes en ingénierie ont un impact significatif sur ses pratiques d'enseignement (Médard, 2005; Moscovici, 1961). Afin de soutenir efficacement le corps enseignant dans l'intégration de l'ingénierie dans ses cours de mathématiques et de sciences, notre recherche vise à mieux comprendre ses représentations sociales et à lui fournir un appui ciblé et pertinent. Les retombées de cette étude sont multiples :

1. aider le personnel enseignant à intégrer l'ingénierie dans les cours ;
2. explorer les défis et les opportunités de l'enseignement de l'ingénierie ;
3. créer un nouveau bassin de jeunes talents dans le domaine de l'ingénierie ;
4. combler le fossé entre les genres dans l'ingénierie ;
5. améliorer les pratiques d'enseignement liées au processus de design ;
6. contribuer à la création de formations continues sur mesure pour les membres du corps enseignant.

Dans ce qui suit, chacun de ces points sera approfondi afin d'en préciser la portée.

1. Le personnel enseignant joue un rôle essentiel dans l'intégration réussie de l'ingénierie dans les cours de sciences et de mathématiques. Sachant que la majorité du personnel enseignant n'a pas d'expérience préalable avec l'enseignement de l'ingénierie (Hayes, 2019), il peut y avoir des perceptions inexactes de la profession, des personnes qui œuvrent dans l'ingénierie et de l'enseignement de l'ingénierie. Cette recherche permet de mieux comprendre leurs représentations, afin d'aider le personnel enseignant à intégrer l'ingénierie dans ses cours.
2. Compte tenu de la nouvelle intégration des concepts d'ingénierie dans les programmes-cadres de l'Ontario, un impératif de recherche s'impose. Cette étude peut fournir des informations aux membres du corps enseignant, aux conseils scolaires et aux personnes qui conceptualisent les programmes-cadres, en mettant en évidence les défis et les

opportunités liés à l'intégration de l'enseignement de l'ingénierie dans les cours du secondaire. En étudiant les représentations sociales du personnel enseignant, nous pouvons identifier les défis spécifiques auxquels il est confronté lorsqu'il tente d'intégrer l'ingénierie dans les cours. Cette exploration permet également de développer des stratégies d'enseignement et d'apprentissage susceptibles d'encourager le personnel enseignant à intégrer l'ingénierie dans les cours, ce qui peut, à la suite, intéresser les élèves à la profession de l'ingénierie.

3. Inspirer les élèves à poursuivre des études d'ingénierie dès leur jeune âge peut contribuer de manière significative à la création d'un nouveau bassin de jeunes talents en ingénierie. Lorsque les élèves vivent des expériences d'apprentissage en ingénierie et agissent comme de jeunes spécialistes en ingénierie, ils peuvent développer une motivation pour des études et une carrière en ingénierie (Dick & Rallis, 1991; Viau, 2004). Ceci est important parce que l'on assiste actuellement à un changement démographique au sein de la main-d'œuvre en raison du vieillissement de la population ontarienne. L'exposition à l'ingénierie à un jeune âge devient une piste cruciale pour attirer les nouveaux talents (McClure et al., 2017). Cela peut donc contribuer à la formation d'une future main-d'œuvre diversifiée et qualifiée dans le domaine de l'ingénierie.
4. De fait, la préoccupation de longue date concernant la sous-représentation des femmes et des personnes issues de la diversité des genres dans le domaine de l'ingénierie (Mujawamariya & Mavriplis, 2017) se reflète dans cette recherche. En étudiant les représentations sociales, nous pouvons potentiellement identifier certains préjugés ou stéréotypes liés au genre qui peuvent être véhiculés par le corps enseignant. Puisque les préjugés et les stéréotypes du personnel enseignant peuvent avoir un impact sur l'intégration de l'ingénierie en classe (McClure et al., 2017) et par conséquent sur le choix d'études et de carrières des élèves, il importe d'explorer ceux-ci et, le cas échéant, d'élaborer des stratégies pour les contrer. La promotion de la diversité de genres dans l'ingénierie est importante pour pourvoir les postes vacants adéquatement, mais aussi pour assurer que la profession d'ingénierie réponde aux besoins de tous les membres de la société (Explore le génie, s. d.). Cette recherche peut donc jouer un rôle clé dans la promotion de la motivation et de la participation des jeunes issus de la diversité de genres dans l'ingénierie.
5. Des pratiques d'enseignement efficaces sont essentielles pour impliquer les élèves et favoriser leur compréhension des concepts d'ingénierie (McClure et al., 2017). La

recherche sur les représentations sociales du personnel enseignant peut révéler la façon dont celui-ci perçoit le processus de design en ingénierie et les approches pédagogiques connexes. Ces informations peuvent guider le développement de stratégies pédagogiques qui sont propices aux personnes enseignantes et qui vont intéresser les élèves à l'ingénierie.

6. Le personnel enseignant a besoin d'une formation continue pour pouvoir bien intégrer l'ingénierie dans les cours (Avery & Reeve, 2013). Cette recherche peut fournir des pistes pour contribuer à la création de programmes de formations continues sur mesure pour les membres du corps enseignant. En alignant les formations continues sur les besoins et les perspectives du personnel enseignant, nous augmentons les chances que le personnel enseignant puisse s'engager dans l'enseignement de l'ingénierie. Les élèves en profiteront, car ces jeunes personnes auront des expériences d'apprentissage de haute qualité.

De plus, il est impératif de reconnaître les lacunes existantes dans la recherche. Il est étonnant que peu d'études aient été menées dans le contexte unique des écoles franco-ontariennes, ce qui nous laisse avec une compréhension incomplète de leur réalité actuelle en matière d'enseignement en Ontario. De plus, il y a une pénurie notable de recherches canadiennes visant à comprendre la profondeur des connaissances du personnel enseignant sur l'ingénierie et sa disposition pour prendre les prochaines mesures cruciales pour l'intégrer dans l'enseignement. Les personnes enseignantes des communautés francophones minoritaires doivent souvent assumer le fardeau supplémentaire qui est de trouver du matériel en français ou de la traduction laborieuse de ressources en anglais pour répondre à leurs besoins pédagogiques, ce qui n'est pas considéré dans des recherches menées auprès du personnel enseignant dans les écoles de langue anglaise. Nos résultats sont donc spécifiques aux membres du corps enseignant et aux élèves francophones.

Notre recherche contribue grandement à combler cette lacune et à faire progresser les connaissances dans le domaine de l'enseignement de l'ingénierie, en particulier au sein des communautés francophones en milieu minoritaire. En entreprenant cette étude, non seulement nous comblons les lacunes de la documentation, mais nous offrons également une perspective unique sur le contexte franco-ontarien. Nous cherchons à comprendre le paysage actuel de l'enseignement de l'ingénierie dans ces écoles, en mettant en lumière les stratégies pédagogiques que le personnel enseignant préconise et les défis qu'il rencontre. De plus, notre recherche vise à éclairer les représentations du corps enseignant sur l'ingénierie, ouvrant ainsi la voie à des stratégies adaptées pour l'aider à intégrer l'ingénierie dans les pratiques d'enseignement. En fin de compte, cette recherche sert de guide aux membres du corps enseignant des

communautés francophones minoritaires de l'Ontario en leur permettant d'inspirer une nouvelle génération de personnes diversifiées en ingénierie.

3.6. But et questions de recherche

La présente étude cherche à répondre à certaines questions clés auprès du personnel enseignant de sciences et de mathématiques des écoles secondaires de langue française en Ontario. En gros, nous allons demander à des membres du personnel enseignant d'illustrer et de décrire une personne qui travaille en ingénierie. Ensuite, nous les interrogerons sur la profession d'ingénierie, sur la place de l'enseignement de l'ingénierie dans la classe de l'école secondaire, et finalement sur leur disposition à l'intégrer dans les cours de sciences et de mathématiques. Ainsi, notre question de recherche principale est :

- Quelles représentations sociales le personnel enseignant de sciences et de mathématiques au secondaire entretient-il à l'égard de la profession d'ingénierie, des personnes qui la pratiquent, ainsi que de l'intégration de l'ingénierie dans leur pratique d'enseignement ?

Plus spécifiquement :

- Quelles différences observe-t-on dans les représentations sociales de l'ingénierie, des personnes œuvrant en ingénierie et de son enseignement entre les différents groupes démographiques du personnel enseignant (notamment en fonction des disciplines enseignées, des années d'expérience et de la formation postsecondaire suivie) ?
- Comment le personnel enseignant définit-il l'ingénierie et son rôle dans la société, et en quoi ces représentations se rapprochent-elles ou diffèrent-elles de celles des personnes étudiantes ou exerçantes dans ce domaine ?¹¹
- Quel lien le personnel enseignant envisage-t-il entre ses représentations sociales de l'ingénierie et sa disposition à intégrer cette discipline dans l'enseignement des sciences et des mathématiques ?

3.7. Résumé du chapitre

La recherche s'appuie sur trois concepts clés : les représentations sociales, la disposition à enseigner l'ingénierie chez le personnel enseignant et l'enseignement intégré des STEM. Les

¹¹ À cette fin, les résultats de l'étude « Le génie au service des femmes : Rethinking the Faces and Spaces of Engineering » sont analysés et comparés à ceux de la présente étude.

représentations sociales influent sur la façon dont les membres du personnel enseignant perçoivent et enseignent l'ingénierie. Elles sont construites à partir d'informations, d'attitudes et de croyances, et sont influencées par des processus mentaux tels que l'ancrage et l'objectivation. Ces représentations sont façonnées par les interactions sociales et peuvent varier en fonction des caractéristiques démographiques des personnes enseignantes.

Le cadre conceptuel propose, pour l'enseignement intégré des STIM, une approche holistique pour intégrer les sciences, la technologie, l'ingénierie et les mathématiques dans la salle de classe. Il met en lumière l'importance de résoudre des problèmes réels, d'intégrer l'ingénierie comme pilier fondamental, d'apprentissage contextualisé, d'intégration du contenu et de développement des compétences du 21^e siècle. En se concentrant sur ces aspects, les élèves sont amenés à s'engager dans des défis considérables, à appliquer leurs connaissances dans des contextes réels et à développer des compétences essentielles pour réussir dans un monde en évolution constante. De plus, ce cadre vise à sensibiliser les élèves aux carrières en STIM, en leur offrant des occasions d'explorer divers domaines et en renforçant leur identité en STIM. En combinant théorie et pratique, ce modèle cherche à créer un environnement d'apprentissage dynamique et inclusif qui prépare les élèves à relever les défis futurs.

En somme, cette recherche explore comment les représentations sociales du personnel enseignant influencent sa disposition à enseigner l'ingénierie, en tenant compte des processus de construction de ces représentations et des variables démographiques.

Chapitre 4 – Méthodologie de la recherche

Dans ce chapitre, nous débutons par une explication de notre posture épistémologique ainsi que du paradigme de recherche adopté pour cette étude. Nous poursuivons avec la méthodologie et l'échantillonnage, où nous détaillons le processus de recrutement des personnes participantes et fournissons un résumé de leur profil. Ensuite, nous décrivons les procédures et les instruments utilisés pour la collecte des données. Nous expliquons par la suite la manière dont nous avons analysé ces données et, enfin, nous abordons les critères de rigueur scientifique appliqués dans cette recherche.

4.1. Posture épistémologique et paradigme de recherche

Notre étude vise à mieux comprendre les représentations sociales de l'ingénierie chez le personnel enseignant. Nous postulons que ces représentations sont socialement construites et qu'elles influencent à leur tour les connaissances (ou informations, telles que décrites dans le cadre conceptuel) et l'attitude vis-à-vis de l'ingénierie, ainsi que la disposition à l'enseigner. Compte tenu de cette orientation, il nous a semblé logique d'adopter une position épistémologique similaire. C'est pourquoi nous avons opté pour le socioconstructivisme, qui s'aligne sur l'idée que les connaissances sont socialement construites (Creswell, 2003).

Le socioconstructivisme est une vision du monde dans laquelle les individus cherchent à comprendre leur environnement sur la base de leurs propres expériences. Cette perspective suggère que les connaissances ne sont pas simplement découvertes, mais qu'elles sont créées par l'interaction, la discussion et la collaboration. Comme l'a proposé Vygotsky, l'apprentissage et la construction des connaissances doivent se faire dans un contexte social (Boyland, 2019). Creswell (2003), Neimeyer et Levitt (2001, cités par Boyland, 2019, p. 31) soulignent que la posture constructiviste fournit des significations localisées plutôt qu'universelles. Cette approche reconnaît que les individus interprètent leur monde de manière subjective, ce qui conduit à des réalités socialement construites diverses et complexes.

Le paradigme de recherche interprétatif que nous avons privilégié s'inscrit dans cette perspective socioconstructiviste, en mettant l'accent sur les réalités multiples qui peuvent changer avec le temps et qui sont socialement construites (Fortin & Gagnon, 2016). Entre la chercheuse et la personne participante, il y a une interaction et une influence mutuelle. « La réalité est explorée telle qu'elle est perçue » (Fortin & Gagnon, 2016, p. 29). On observe des phénomènes et on les interprète dans un contexte particulier.

Compte tenu de notre position socioconstructiviste et du paradigme interprétatif que nous adoptons, notre approche de la recherche est qualitative. Les méthodes qualitatives permettent d'explorer en

profondeur les représentations sociales multiples et complexes de l'ingénierie entretenues par le personnel enseignant participant. Ce choix méthodologique est également cohérent avec des travaux en didactique des sciences et de la technologie qui mobilisent des méthodes qualitatives pour mettre en lumière les conceptions ou représentations du personnel enseignant (Beers, 2011; Cevik et al., 2020; Duit et al., 2013; Kuvac & Koc, 2022; Stapleton, 2022). Cette approche est essentielle pour comprendre les multiples réalités construites par les personnes participantes sur la base de leurs expériences uniques. Le processus de recherche lui-même implique une collaboration, où la compréhension de la chercheuse est influencée par la proximité établie avec les personnes participantes au cours des entretiens (Creswell, 2007). Ce processus conduit à une interprétation des données riche en complexité, qui respecte la diversité des expériences des personnes participantes sans présumer de leur universalité. Comme le note Boyland (2019), le socioconstructivisme offre un paradigme où la chercheuse principale et les personnes participantes suivent un parcours ensemble dans un espace de réalité interprétée qui est profondément personnel et individuel. La chercheuse doit être consciente de la manière dont ses interprétations des expériences vécues influencent l'analyse des données, en traitant explicitement la subjectivité personnelle tout au long du processus.

Ainsi, l'ancrage épistémologique et paradigmatique de notre étude rejoint des approches reconnues en didactique des sciences et de la technologie, où les méthodes qualitatives, telles que les entretiens semi-dirigés et l'analyse de dessins, démontrent leur pertinence pour accéder aux représentations sociales et aux conceptions du corps enseignant à propos des sciences et de l'ingénierie (Karatas et al., 2011; Pleasants & Olson, 2019).

En résumé, en adoptant cette position socioconstructiviste et ce paradigme interprétatif, nous reconnaissons que les connaissances sont socialement construites. Notre approche qualitative est bien adaptée pour découvrir les réalités complexes et diverses des représentations sociales de l'ingénierie chez le personnel enseignant participant. Cela étant expliqué, explorons de plus près la méthodologie adoptée pour cette étude.

4.1. Déontologie et éthique de recherche

Cette étude a été menée conformément aux principes éthiques applicables à la recherche en sciences humaines et sociales, tels que définis dans l'Énoncé de politique des trois Conseils : Éthique de la recherche avec des êtres humains (Conseil de recherches en sciences humaines du Canada et al., 2023). Le protocole de recherche a été soumis au Bureau d'éthique et d'intégrité de la recherche de l'Université d'Ottawa et a reçu son approbation sous le numéro de dossier S-10-22-8561 (date d'approbation : le 21

décembre 2022). Aucune collecte de données n'a été amorcée avant l'obtention de cette approbation (Annexe 4).

Les personnes participantes ont été recrutées sur une base volontaire parmi des membres du personnel enseignant œuvrant dans des écoles de langue française en Ontario. Avant leur participation, elles ont reçu un formulaire de consentement éclairé présentant en détail les objectifs de la recherche, la nature des activités proposées (activité du type « Draw an Engineer » et entretiens semi-dirigés), les risques (jugés minimales), les modalités de confidentialité ainsi que leur droit de se retirer à tout moment, sans justification ni conséquence (Annexe 8).

Afin d'assurer l'anonymat des personnes participantes, des pseudonymes ont été attribués à l'ensemble des données, des transcriptions et des résultats présentés. Les données ont été sauvegardées de manière sécurisée (dossiers protégés par mot de passe). La chercheuse a veillé à instaurer un climat respectueux et sécuritaire lors de la collecte de données, en particulier durant les entretiens semi-dirigés. Aucune situation de détresse ou d'inconfort n'a été rapportée par les personnes participantes. Les choix méthodologiques ont été guidés par le souci de minimiser tout risque et de respecter l'intégrité, la dignité et l'autonomie des personnes participantes. Cela étant précisé, examinons maintenant plus en détail les éléments de cette étude.

4.2. Type de recherche

Cette étude est de nature descriptive qualitative (Fortin & Gagnon, 2016) afin d'acquérir une connaissance des représentations que le personnel enseignant de sciences et de mathématiques se fait des personnes en ingénierie, de la profession d'ingénierie et de l'enseignement de l'ingénierie. Puisque cette information n'a jamais, à notre connaissance, été recueillie auprès du personnel enseignant des écoles de langue française en Ontario, nous avons collecté des données originales avec des personnes participantes recrutées.

4.3. Échantillonnage

La population cible était le corps enseignant de sciences et de mathématiques dans les écoles secondaires de langue française de l'Ontario. Les personnes participantes ont été sélectionnées grâce à un échantillon de convenance, dans la mesure où elles répondaient aux critères d'inclusion, dont : enseignent dans une école secondaire de langue française de l'Ontario ; détiennent un brevet d'enseignement de l'Ontario ; et enseignent la majorité de leurs cours en sciences ou en mathématiques.

L'objectif était de représenter de manière adéquate la population cible, en incluant des personnes participantes de chaque région de l'Ontario : l'est, le sud, le nord, l'ouest et le centre. Conformément aux normes de la recherche qualitative (Creswell, 2014), le nombre de personnes participantes n'est pas fixe (Baker & Edwards, 2012), et un petit échantillon est souvent suffisant pour obtenir des données riches et profondes. Cependant, nous avons noté que si la saturation des données n'était pas atteinte avec nos personnes participantes, nous continuerions à recruter davantage de personnes (Fortin & Gagnon, 2016). Dans notre cas, cela ne fut pas nécessaire, car nous avons atteint la saturation de données. Une fois que nous avons reçu le certificat d'éthique (Annexe 4) de la part du bureau d'éthique de l'Université d'Ottawa, nous avons procédé au recrutement des personnes participantes.

4.3.1. Recrutement des personnes participantes

Le recrutement des personnes participantes a été effectué via les réseaux sociaux et par nos contacts professionnels entre janvier et décembre 2023. En tant qu'enseignante depuis plus de dix ans, nous connaissons un bon nombre de personnes susceptibles d'être intéressées par cette étude ou de pouvoir aider à recruter d'autres personnes participantes répondant aux critères d'inclusion. L'objectif était de recruter environ 20 membres du personnel enseignant de sciences et de mathématiques répartis comme suit : l'est (n = 4), le sud (n = 4), le nord (n = 4), l'ouest (n = 4) et le centre (n = 4). La sélection des personnes participantes a été faite selon le principe de « premier arrivé, premier servi ». Le Tableau 9 indique les villes considérées dans les 5 régions de l'Ontario.

Tableau 9 – Villes comprises dans chaque région

Régions	Villes
Nord	Sudbury, Timmins
Sud	Welland, Niagara Falls, Hamilton
Est	Ottawa, Peterborough
Ouest	Windsor, Brantford ¹²
Centre	Toronto, Mississauga, Brampton, Markham

Lors de la prise de contact avec les personnes enseignantes connues, que ce soit par les médias sociaux ou par courriel, nous les avons informées que leur participation était volontaire et qu'elles pouvaient se retirer de l'étude à tout moment. Les messages de recrutement précisait : « Ne vous sentez pas obligé de répondre à ce message » et « Vous pouvez me contacter pour des questions sans que cela

¹² Bien que Brantford soit techniquement située dans le sud-ouest de l'Ontario, la ville est incluse dans la région de l'Ouest de l'Ontario afin d'assurer la cohérence de l'analyse régionale.

implique un engagement de votre part ». Une copie du message d'invitation pour nos contacts professionnels est à l'Annexe 5.

Le recrutement s'est également effectué via les médias sociaux, avec des annonces publiées sur Twitter ou X, Facebook et LinkedIn. Une copie de l'affiche se trouve à l'Annexe 6. Si des personnes répondaient aux annonces sur les réseaux sociaux, nous leur envoyions un message privé pour leur demander leur adresse courriel afin de leur transmettre le texte de recrutement (Annexe 7). Elles pouvaient aussi nous contacter directement par courriel, comme indiqué sur l'affiche promotionnelle.

Après une période de recrutement, nous avons aussi utilisé l'échantillonnage en « boule de neige » (Pires, 1997) afin de recruter plus de personnes participantes. Cette technique est pertinente lorsque nous voulons entrer en contact avec des personnes difficiles à joindre, mais que l'on n'a pas besoin de choisir les personnes à interroger. Dans notre cas, nous avons découvert pendant le processus de recrutement que ce fut un groupe de personnes enseignantes quand même assez difficile à rejoindre étant donné les conditions d'admissibilité. Nous avons alors demandé à nos contacts professionnels de transmettre le texte de recrutement à d'autres personnes potentiellement intéressées à participer à l'étude. Si ces personnes manifestaient de l'intérêt, elles nous contactaient et nous leur fournissions des informations supplémentaires sur l'étude. Encore une fois, les personnes ayant montré un intérêt initial étaient averties que cela ne les obligeait pas à participer à l'étude, avec la phrase « Vous pouvez me contacter pour des questions sans que cela n'implique un engagement de votre part ».

Enfin, nous avons communiqué avec les personnes participantes pour leur demander de lire et signer le formulaire de consentement par l'entremise d'un formulaire Google (à l'Annexe 8 – Formulaire de consentement) et, par la suite, fixer un rendez-vous à leur convenance. En fin de compte, toutes les entrevues se sont déroulées en mode virtuel ; nous avons donc transmis un lien Zoom unique à chaque personne participante et avons ensuite procédé à l'entrevue en ligne.

4.3.2. Profil des personnes participantes

Au total, 16 personnes ont participé à notre étude. Un résumé des données démographiques recueillies est présenté au Tableau 10. Afin de garantir leur anonymat, leurs réponses individuelles ne sont pas partagées.

Tableau 10 – Informations démographiques des personnes participantes

Description		Nombre de personnes participantes
Genre	Femme	8
	Homme	8
	Autre	0
Groupe d'âge	18-24	1
	25-34	1
	35-44	10
	45-54	4
Matière d'enseignement	Mathématiques	2
	Sciences	9
	Un partage égal entre les mathématiques et les sciences	5
Région de l'Ontario	Nord	2
	Est	3
	Centre	3
	Sud	7
	Ouest	1
Plus haut niveau d'études complétées	Baccalauréat	1
	Baccalauréat en éducation	10
	Maîtrise	4
	Doctorat	1
Discipline du baccalauréat	Enseignement secondaire des sciences et technologie (Cégep)	1
	Mathématiques	2
	Sciences (biologie, chimie, nutrition)	9
	Génie	3
	Médecine	1
Année d'enseignement	0-5	2
	6-10	3
	11-15	4
	16-20	6
	21-25	0
	26-30	1
Niveau d'enseignement	9 ^e et 10 ^e année principalement	1
	11 ^e et 12 ^e année principalement	5
	Un mélange de tous les niveaux de la 9 ^e à la 12 ^e année	10
	Oui	15

Description		Nombre de personnes participantes
Connaissez-vous des personnes qui travaillent en ingénierie ?	Non	1
Ont suivi des cours d'ingénierie au post-secondaire	Oui	7
	Non	9

Les sept personnes participantes ayant indiqué qu'elles ont suivi des cours d'ingénierie au post-secondaire ont suivi un ou certains des cours suivants :

- Design technique
- Méthodologie de design
- Mécanique
- Calcul pour le génie
- Ingénierie spatial
- Ingénierie chimique
- Ingénierie civil
- Théories des circuits
- Systèmes

Il est à noter qu'une personne participante n'ayant pas complété son baccalauréat en éducation a fait partie de l'étude. Bien qu'un brevet d'enseignement fût indiqué comme étant nécessaire pour participer à l'étude, il semble que cette exigence n'ait pas été remarquée par cette personne au moment de la signature du formulaire de consentement. Nous avons découvert qu'elle ne répondait pas à nos critères d'inclusion lors de la collecte des informations démographiques pendant l'entrevue. Malgré ce constat, nous avons décidé de poursuivre l'entretien, pensant qu'elle pourrait nous apporter des informations précieuses. De plus, cette personne enseigne tout de même dans une école secondaire de langue française. Nous avons donc décidé de conserver les données de son entrevue.

4.4. Procédures et instrumentation de la collecte de données

Pour la collecte de données, nous avons utilisé deux méthodes principales : un dessin produit par la personne participante, appelé « Draw An Engineer Test » (DAET), et des entretiens semi-dirigés. Nous

présentons plus en détail chacun des outils de collecte associés à ces méthodes dans les sections qui suivent. Avant de les décrire, il importe de situer notre choix méthodologique par rapport aux recherches existantes.

Plusieurs travaux se sont intéressés aux représentations sociales de la science et de l'ingénierie à l'aide de dessins et d'entretiens. Ces recherches montrent que les méthodes qualitatives, et en particulier les dessins, constituent un moyen pertinent pour accéder aux représentations implicites des élèves et du personnel enseignant. Elles soulignent toutefois les limites de l'usage exclusif des dessins, notamment le risque d'inférer à tort des croyances personnelles à partir d'illustrations incomplètes. Dans ce contexte, de nombreux universitaires recommandent de combiner les dessins avec des données verbales, telles que des entretiens, afin de mieux cerner la signification attribuée par les personnes participantes à leurs productions visuelles (Ganesh, 2011b; Hammack et al., 2020).

Le Tableau 11 présente une synthèse de quelques études clés sur les représentations sociales liées à l'ingénierie et met en évidence les apports et limites de différentes approches méthodologiques.

Tableau 11 – Études sur les représentations de l'ingénierie à l'aide du DAET

Référence	Population étudiée	Méthodes et objectifs	Apports, limites et justification
Mead & Métraux (1957)	Élèves américains (n ≈ 35 000)	Utiliser des dessins et des textes pour explorer les images des scientifiques.	Mettre en évidence des stéréotypes persistants. Porté sur la science plutôt que l'ingénierie. Montrer la pertinence des dessins pour accéder aux représentations sociales.
Chambers (1983)	Élèves canadiens et américains (n = 4 807)	Demander de dessiner un.e scientifique (Draw a Scientist Test, DAST) pour identifier le moment où émergent les stéréotypes.	Méthode simple, accessible et non verbale. Limité à la science. Inspirer le développement du DAET.
Knight & Cunningham (2004)	Élèves du primaire et secondaire aux États-Unis (n = 384)	Employer le DAET pour évaluer les connaissances des élèves sur l'ingénierie.	Adapter le DAST à l'ingénierie. Centré sur les élèves. Justifier l'usage du DAET pour explorer l'ingénierie.
Milford & Tippett (2013); McCarthy (2015)	Personnes étudiantes en formation à l'enseignement (Canada n = 165; États-Unis n = 91)	Utiliser le DAET pour comprendre les représentations de l'ingénierie chez les futures personnes enseignantes.	Étendre le DAET au contexte de la formation initiale. Ne pas cibler le personnel enseignant en poste. Montrer l'intérêt croissant pour l'usage du DAET en éducation.
Ganesh (2011b, 2011a)	Élèves américains (n = 116)	Combiner le DAET et des entretiens pour explorer en profondeur les représentations de l'ingénierie.	Triangler dessins et explications verbales. Les dessins seuls peuvent être réducteurs. Justifier la combinaison du DAET et des entretiens.
Hammack & Ivey (2017)	Personnel enseignant de l'élémentaire aux États-Unis (n = 542)	Mener une enquête et des entretiens pour comprendre les perceptions de l'ingénierie	Explorer en profondeur les croyances du personnel enseignant. Ne pas utiliser le DAET, ce qui limite la comparabilité. Souligner l'importance d'approches qualitatives.
Yaşar et al. (2006)	Personnel enseignant de la maternelle à la 12 ^e année aux États-Unis (n = 98)	Utiliser des enquêtes sur le design, l'ingénierie et la technologie pour évaluer la familiarité et les obstacles à l'enseignement de l'ingénierie.	Offrir un cadre quantitatif solide. Ne pas capter les représentations implicites. Fournir un complément utile pour situer le contexte.
Kuvaca & Koç (2022)	Futurs membres du personnel	Administrer le DAET en pré/post pour étudier l'effet	Montrer que le DAET est sensible aux changements de perception.

Référence	Population étudiée	Méthodes et objectifs	Apports, limites et justification
	enseignant en Turquie (n = 51)	d'un programme professionnel en STIM.	Population en formation. Illustrer l'utilité du DAET pour mesurer l'évolution des perceptions.
Cevik et al. (2020)	Personnel enseignant de STIM au secondaire (formation continue) aux États-Unis (n = 24)	Combiner le DAET et des questions ouvertes pour explorer les changements d'imagerie mentale.	Associer DAET et données qualitatives. Petit échantillon. Appuyer l'intérêt de combiner le DAET et des approches qualitatives.

En nous appuyant sur ces travaux, nous retenons deux méthodes complémentaires : le DAET et les entretiens semi-dirigés. Le DAET a l'avantage de rendre visibles les représentations sociales implicites, parfois difficilement exprimées par le langage seul (Moliner et al., 2002). Cependant, afin d'éviter les risques de surinterprétation et de pallier les limites inhérentes au dessin, nous accompagnons cette activité d'un entretien semi-dirigé. Celui-ci permet aux personnes participantes d'expliquer leurs productions et de préciser leur compréhension de l'ingénierie et de son enseignement. Cette combinaison méthodologique renforce la validité de nos données et s'inscrit dans la continuité des recommandations de la recherche existante (Ganesh, 2011b; Hammack et al., 2020).

4.4.1. Draw An Engineer Test

En 1957, le lancement du Spoutnik (le satellite russe) a suscité quelques remous aux États-Unis, car un autre pays semblait avoir surpassé les États-Unis en matière des STIM. Peu après, Margaret Mead et Rhoda Métraux ont étudié 35 000 rédactions et dessins de satellites réalisés par des élèves de leur pays. Mead et Métraux (1957) ont constaté que les élèves avaient une vision stéréotypée des scientifiques. Ces personnes étaient décrites comme des hommes portant des sarraus blancs qui travaillent dans des laboratoires. Ils sont souvent plus âgés et portent des lunettes (Mead & Metraux, 1957). Les recherches menées par Mead et Métraux (1957) ont donné un aperçu de la culture humaine grâce à l'utilisation de dessins réalisés par les sujets.

Chambers (1983) a utilisé les recherches de Mead et Métraux (1957) pour développer le « Draw A Scientist Test ». Comme son nom l'indique, ce test demande à des élèves de dessiner des scientifiques. Ces dessins ont été utilisés pour déterminer à quel moment les enfants développent des stéréotypes au sujet des scientifiques. Par la suite, les travaux de Mead et Métraux (1957) ont également été étendus à la

profession d'ingénierie. Le « Draw An Engineer Test » ou DAET a été développé par Knight et Cunningham (2004) pour évaluer les connaissances de l'ingénierie.

Alors que les dessins ont souvent été utilisés avec les élèves comme sujets, pour mieux comprendre leurs représentations des scientifiques et de l'ingénierie, nous poursuivons un domaine de recherche relativement peu commun ; nous avons demandé au personnel enseignant de dessiner (Hammack et al., 2020). Il existe un nombre croissant d'études qui analysent de tels dessins réalisés par le corps étudiant à la formation à l'enseignement (McCarthy, 2015; Milford & Tippet, 2013; Reinisch et al., 2017; Subramaniam et al., 2013), mais notre étude a repoussé les limites davantage pour évaluer la façon dont le personnel enseignant se représente l'ingénierie et les personnes en ingénierie en utilisant le DAET. L'intention n'est pas d'attribuer une note à leurs dessins, mais plutôt d'examiner qualitativement les manières dont les personnes participantes représentent les spécialistes qui œuvrent en ingénierie (Ganesh, 2011a).

Nous avons choisi de procéder avec des dessins produits par le personnel enseignant pour les raisons suivantes :

- Les dessins peuvent être utilisés comme des expressions de représentations sociales (Moliner et al., 2002), donc l'utilisation du DAET nous a aidés à comprendre les représentations que se fait le corps enseignant des personnes en ingénierie (Ganesh, 2011b).
- Les dessins produits par les sujets ont également servi de forme de communication non verbale pour susciter une discussion sur l'ingénierie, les personnes œuvrant dans la profession et l'enseignement de l'ingénierie dans les cours de sciences et de mathématiques. Ce fut une façon d'introduire le sujet sans devoir tout expliquer.
- Les dessins nous ont permis, dans certains cas, d'inférer le genre que le personnel enseignant associe aux personnes en ingénierie. On a pu, par la suite, en discuter. Les dessins ont révélé la façon dont le personnel enseignant représente une personne en génie.
- Tout porte à croire que les attitudes du corps enseignant à l'égard de la science ainsi que ses images de la science et des scientifiques influencent directement les opinions de ses élèves (Christidou, 2011). Nous avons supposé qu'il en va de même pour l'ingénierie.
- Cette activité informelle nous a permis également d'établir une relation avec les personnes afin qu'elles se sentent à l'aise pour répondre aux questions de l'entretien.

Il importe de préciser que le DAET a ses limites. Le personnel enseignant pouvait avoir une compréhension plus complexe de l'ingénierie et des personnes travaillant en ingénierie que ce qui pouvait être illustré dans un dessin (Ganesh, 2011a, 2011b). Ainsi les dessins produits ne reflétaient pas nécessairement leurs pensées, points de vue et compréhensions complètes (Losh et al., 2008; Reinisch et al., 2017; Walls, 2012). Losh et al. (2008) préviennent que les universitaires ne devraient pas tirer de conclusions de ces dessins sur les sentiments et les croyances personnelles, tels que l'auto-efficacité (Hammack et al., 2020). De plus, il se peut que le corps enseignant ne soit pas familier avec le dessin comme forme d'expression, et n'ait pas les compétences nécessaires pour dessiner. Pour surmonter cet obstacle, les personnes participantes avaient aussi l'option de décrire sur papier ou à voix haute ce qu'elles comprennent de cette personne au travail ou même de ne pas participer à cette activité.

À la suite des dessins, les personnes participantes ont été invitées à expliquer leur dessin (ou leur texte) en détail (Ganesh, 2011a, 2011b) dans le cadre d'un entretien semi-structuré.

- Pourriez-vous m'expliquer ce que vous avez dessiné ou écrit ?
- Que fait cette personne ?
- Quel âge a cette personne ?
- Quel est son genre ?
- Où cette personne travaille-t-elle ?

En utilisant deux techniques de collecte de données, il a été plus facile de comprendre comment le personnel enseignant représente l'ingénierie et les personnes dans cette profession (Ganesh, 2011b; Walls, 2012). Cela nous amène à la deuxième technique de collecte de données de cette étude : l'utilisation d'entretiens semi-dirigés.

4.4.2. Entretiens semi-dirigés

Comme indiqué précédemment, le DAET a été suivi d'un entretien semi-dirigé. L'entretien fut nécessaire afin que nous ne nous reposions pas uniquement sur nos inférences et que nous cernions bien la signification des dessins des personnes participantes (Ganesh, 2011b) face aux personnes en ingénierie. De plus, le dessin n'était qu'une partie de notre étude. En plus des représentations des personnes œuvrant en ingénierie, nous voulions aussi cerner leurs représentations de la profession de l'ingénierie et de l'enseignement de l'ingénierie. Ces éléments ont été couverts par le biais d'un entretien semi-dirigé.

L'entretien semi-dirigé a été choisi afin de permettre une certaine flexibilité pendant l'entrevue pour maximiser notre compréhension des représentations que se fait le personnel enseignant. Les questions d'entretien ont été créées à partir de recherches antérieures, d'une revue de littérature intensive et de l'élaboration de l'objectif de l'étude. Chaque question d'entretien était en corrélation avec les questions de recherche de l'étude.

Les entretiens ont duré entre 18 et 99 minutes (avec une moyenne de 40 minutes), incluant le temps de dessin et la collecte de données démographiques. Les données démographiques avaient pour but de recueillir des informations sur les personnes participantes à la recherche, notamment leur genre, leur nombre d'années d'expérience en enseignement, leur discipline d'enseignement, etc. (l'Annexe 9 présente la liste de questions démographiques). Ces informations sont importantes pour l'étude, car elles permettent d'établir des liens entre différents groupes démographiques. Par exemple, le personnel enseignant de sciences a-t-il une représentation de l'ingénierie qui est différente de celle du personnel qui enseigne les mathématiques ?

À la suite des questions démographiques, nous avons débuté avec le DAET et finalement les questions d'entrevue. L'entretien semi-dirigé était structuré en trois grandes parties, correspondant à des objectifs précis de la recherche. La première portait sur le dessin produit par la personne participante dans le cadre du DAET (questions 1 à 5). Cette section avait pour but de mieux comprendre la signification attribuée à la représentation visuelle d'une personne en ingénierie et d'explorer les stéréotypes ou images mentales associées à la profession. La deuxième partie de l'entretien explorait la compréhension de la profession d'ingénierie par le personnel enseignant participant, notamment la définition de l'ingénierie, son rôle dans la société, les qualités nécessaires pour y réussir, ainsi que la familiarité avec le processus de design (questions 6 à 11). Cette partie visait à approfondir la représentation de l'ingénierie au-delà de l'image d'un individu et à établir un lien avec les théories socioconstructivistes des représentations. La troisième partie s'intéressait à l'enseignement de l'ingénierie. Nous avons demandé si les personnes participantes avaient déjà intégré l'ingénierie dans leurs cours de sciences ou de mathématiques, de quelle manière, et quels obstacles ou soutiens elles identifiaient pour une telle intégration (questions 12 à 16). L'ordre des questions a été conçu pour établir une progression naturelle dans la discussion : partir d'une tâche concrète (le dessin), passer à une réflexion plus abstraite (la conception du génie), et terminer par une discussion contextualisée sur la pratique enseignante. Cette structure permettait d'établir un lien cohérent entre les représentations personnelles et les pratiques professionnelles. Cette structure en trois volets visait à recueillir des données riches et nuancées sur les représentations sociales de l'ingénierie chez le personnel enseignant participant, tout en permettant de relier ces représentations au contexte professionnel et pédagogique. Les questions de l'entrevue se trouvent à l'Annexe 10.

4.5. Analyse des données

Compte tenu de la nature de nos données, nous avons procédé à une analyse de contenu tant pour le DAET que pour les entretiens semi-dirigés. Cette approche a été choisie pour décrire le phénomène des représentations sociales du personnel enseignant au sujet d'une personne en ingénierie, l'ingénierie comme profession et l'enseignement de l'ingénierie (Krippendorff, 2019). Nous avons suivi en cinq étapes le processus de Creswell et Poth (2018) pour l'analyse des données :

1. Traitement et organisation des données.
2. Lecture et identification des thèmes émergents.
3. Description et codification des thèmes.
4. Développement et évaluation des interprétations.
5. Représentation et visualisation des données (Creswell & Poth, 2018, adaptée et traduite par Déri, 2022).

Avant d'entrer dans les détails de l'analyse des dessins et des entretiens, il est important de souligner notre première étape, telle que décrite par Creswell et Poth (2018) : le traitement et l'organisation des données. Pour commencer le tout, nous avons organisé les dessins de personnes en ingénierie. Pour ce faire, nous avons recueilli les résultats du DAET. Les personnes participantes nous ont autorisé à faire des captures d'écran de leurs dessins ou à nous les envoyer par courrier électronique. Ces captures d'écran ont été recadrées pour se concentrer uniquement sur les dessins, en excluant toute image des personnes participantes. Chaque dessin a été codé pour une analyse informatique.

Toujours dans le traitement et l'organisation des données, il convient de noter que seuls les enregistrements audio de chaque entretien et les dessins correspondants ont été conservés ; les enregistrements vidéo n'ont pas été retenus. Bien que les expressions faciales aient pu fournir un contexte supplémentaire, elles ont été jugées non essentielles pour notre étude à cause de la nature de celle-ci. Les enregistrements audio, qui comprenaient les questions démographiques, les dessins DAET et les questions de suivi, ainsi que les entretiens semi-structurés, ont été transcrits à l'aide du logiciel Amberscript. Ces transcriptions ont ensuite été révisées au moins deux fois par la personne responsable des transcriptions afin d'en garantir l'exactitude. Ce processus a permis de saisir tous les mots, y compris les phrases incomplètes, les chevauchements, les erreurs de prononciation, le slang, les erreurs grammaticales et les rires, tout en notant les zones de mauvaise qualité audio (Fortin & Gagnon, 2016; McLellan-Lemal et al., 2003). La chercheuse principale a ensuite relu les transcriptions pour compléter les mots manquants, profitant de sa familiarité avec les entretiens.

Une fois satisfaite de la qualité des transcriptions, la chercheuse principale les a envoyées aux personnes participantes pour révision, leur permettant d'apporter les modifications nécessaires, telles que l'ajout ou la suppression d'éléments. En fin de compte, une seule personne a demandé une modification, choisissant de supprimer les rires de la transcription. Après ces révisions, le processus d'analyse a commencé.

4.5.1. Analyse de contenu des dessins

Le DAET a été utilisé au début de l'entretien. Les personnes participantes ont d'abord eu le temps de faire leur dessin, puis ont été interrogées sur ce dessin. Nous avons appliqué une analyse de contenu pour examiner les éléments de chaque dessin, en suivant un processus en plusieurs étapes.

En bref, les dessins ont d'abord été examinés afin d'identifier et noter les éléments observables. L'écoute des enregistrements des entretiens a ensuite permis d'assurer que notre analyse des dessins était précise et de mieux comprendre les éléments présentés. Une analyse du contenu manifeste (Kondracki et al., 2002) a été effectuée, portant sur les objets spécifiques (par exemple, un casque de protection) et les actions (par exemple, dessiner ou concevoir un plan) observés. Par la suite, le contenu latent (Kondracki et al., 2002) des entretiens a été analysé afin d'interpréter les représentations sociales des spécialistes en ingénierie telles que perçues par le personnel enseignant participant. Pour aller en plus de détails, nous décrivons prochainement notre processus d'analyse de contenu pour le DAET.

Étape 1 : Afin de nous donner un portrait complet de la personne dessinée, nous avons établi cinq catégories sur lesquelles nous souhaitons fonder notre analyse des dessins, à savoir :

- Ce que font les personnes en génie
- Où ces personnes travaillent
- Leur âge
- Leur genre
- Si les personnes participantes ont dessiné une personne qu'elles connaissent

Nous avons commencé par examiner chaque dessin et noté tout ce que nous pouvions remarquer dans les dessins. Nous avons ensuite consulté les transcriptions des entretiens pour nous assurer que nous avons bien interprété les dessins et pour ajouter des précisions. Nos observations ont été réparties selon les cinq catégories ci-haut. Bien que cela ne se soit pas produit dans notre cas, si des catégories ne correspondaient à aucune de celles proposées, nous aurions ajouté de nouvelles catégories.

Étape 2 : Pour analyser la première catégorie, dont les activités sont faites par les personnes en ingénierie, nous avons identifié des thèmes dont nous pouvions regrouper les activités comme noté à l'étape 1. Pour ce faire, nous avons consulté des recherches antérieures sur les DAET faites avec des élèves (Knight & Cunningham, 2004; Newley et al., 2017) pour dresser une liste de thèmes communs et des éléments à rechercher pour chaque thème. Les éléments à rechercher furent des éléments que nous pouvions observer dans les dessins ou des éléments mentionnés lors de l'entrevue semi-dirigée. Par exemple, pour le thème « construire et réparer », nous avons identifié des éléments tels qu'un casque de protection, des outils, des machines, etc. qui pouvaient être observés dans les dessins ou mentionnés lors de l'entrevue.

Sur la base des dessins et des entrevues semi-dirigées, nous avons ensuite ajouté de nouveaux thèmes et éléments, et modifié ceux existants pour nous assurer que les thèmes et les éléments englobaient toutes les activités ressorties par les personnes participantes. La liste finale des thèmes et des éléments à rechercher se trouve au Tableau 12.

Tableau 12 – Thèmes des dessins DAET et éléments recherchés

Thèmes	Éléments observés ou mentionnés
1. Construction et réparation	Casque dur, outils, lunettes de sécurité, machines
2. Conception ou design	Bureau, plans, stylo, crayon, modèles, ordinateurs, calculatrices
3. Produits de l'ingénierie mécanique	Autos, moteurs, machines, fusées, avions, robots, bateaux
4. Produits de l'ingénierie civil	Ponts, routes, édifices, maisons
5. Trains	Trains, rails, spécialistes de l'ingénierie de train
6. Travail de laboratoire (ingénierie chimique)	Éprouvettes, béchers, usine
7. Environnement et énergie	Eau, forêt, mines, biomasse
8. Programmation	Ordinateur, logiciel
9. Gestion de projets	Gestion, équipe, vérification, surveillance
10. Réflexion, résolution de problèmes	Moment d'illumination, pas d'action, boîte de pensées, résolution de problèmes, personne pensante, questionnement
11. Travail d'équipe, collaboration	Plus d'une personne, boîte de mots pour désigner une discussion

Étape 3 : Une fois les thèmes et les éléments à rechercher établis, nous avons commencé à coder les thèmes de chaque dessin fait par les personnes participantes. Pour ce faire, nous avons utilisé une grille de codage, qui se trouve au Tableau 13 ci-dessous. Dans ce tableau, nous remarquons les thèmes

de 1 à 11 à l'horizontale et le numéro de dessin à la verticale, donc le dessin de chaque personne participante. Bien que le tableau soit présenté ici sous forme vide, il illustre la structure utilisée pour systématiquement cocher les thèmes repérés dans chaque dessin et chaque entretien.

Tableau 13 – Grille de codage pour les activités faites par les personnes en ingénierie, selon les DAET

Thèmes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Dessin 1											
Dessin 2											
Dessin 3											
Dessin 4											
Dessin 5											
Dessin « n »											

Pour chaque dessin et entretien correspondants, les thèmes identifiés furent cochés. Plusieurs thèmes pouvaient être cochés en fonction du dessin et de la discussion, ce qui permettait de catégoriser un dessin par exemple comme une « construction et réparation » et aussi comme une « conception ou design ». Cela reflète le fait que les dessins et les entretiens incorporaient souvent plusieurs thèmes.

Étape 4 : Une fois que tous les dessins codés pour les actions furent complétés, nous avons procédé au codage du deuxième élément, à savoir le lieu de travail représenté dans les dessins. Contrairement aux actions, cette étape ne s'appuyait pas sur une liste préétablie. Les catégories ont plutôt émergé de manière inductive à partir des données elles-mêmes, conformément à une approche d'analyse qualitative fondée sur des catégories émergentes (Miles et al., 2014). Dans certains cas, des synonymes ont été utilisés lors des entretiens; nous les avons donc regroupés dans la même catégorie. En fin de compte, les réponses ont été catégorisées dans un ou plusieurs des thèmes suivants : le chantier, le bureau, une banque, une usine, partout, ou pas discuté. Un tableau de codage a été créé, similaire au premier, mais cette fois pour le lieu de travail (Tableau 14). Une fois créé, le tableau a été complété, cochant toutes les cases correspondantes. Comme pour le précédent, il est présenté vide afin d'illustrer la logique de codage, les cases ayant été cochées au cours de l'analyse.

Tableau 14 – Grille de codage pour le lieu de travail des personnes en ingénierie, selon les DAET

Lieu de travail	1	2	3	4	5	6
Dessin 1						
Dessin 2						
Dessin 3						
Dessin 4						
Dessin 5						
Dessin « n »						

Légende des lieux de travail :

1. le chantier
2. au bureau
3. dans une banque
4. dans une usine
5. partout
6. pas discuté

Étape 5 : Nous avons continué à coder les âges représentés dans les dessins, dont la troisième catégorie à analyser. Les âges ont été répartis comme suit : 18 à 24 ans; 25 à 34 ans; 35 à 44 ans; 45 à 54 ans; 55 à 64 ans; 65+ ans; pas discuté; pas d'âge précis. Ces tranches d'âge ont été utilisées pour être les mêmes que celles utilisées dans les questions démographiques, afin de pouvoir ensuite comparer l'âge des personnes dans les dessins avec celui des personnes participantes. Une autre grille de codage a été créée. Encore une fois, elle est très similaire aux deux précédentes, mais cette fois-ci avec l'âge des personnes en ingénierie représentées dans les dessins (Tableau 15).

Tableau 15 – Grille de codage pour l'âge représenté dans les dessins

Âge	1	2	3	4	5	6	7	8
Dessin 1								
Dessin 2								
Dessin 3								
Dessin 4								
Dessin 5								
Dessin « n »								

Légende :

1. 18 à 24 ans
2. 25 à 34 ans
3. 35 à 44 ans
4. 45 à 54 ans
5. 55 à 64 ans
6. 65+ ans
7. Pas discuté
8. Pas d'âge précis

Étape 6 : Les dessins ont été ensuite classés par genre discernable : homme, femme, aucun (figure en bâton). Pour ce tableau (Tableau 16), les genres ont été codés sur la base de leurs dessins et de leurs commentaires au cours de l'entretien. Une section de notes a été ajoutée à ce tableau, parce que les personnes participantes avaient souvent des commentaires additionnels à soulever. Bien qu'il soit présenté sans données, ce tableau montre la structure appliquée lors du codage.

Tableau 16 – Grille de codage pour le genre, selon les DAET

Genre	1	2	3	Notes
Dessin 1				
Dessin 2				
Dessin 3				
Dessin 4				
Dessin 5				
Dessin « n »				

Légende :

1. Homme
2. Femme
3. Aucun

Étape 7 : Nous avons aussi pris note d'un cinquième élément : les personnes participantes ayant dessiné des personnes en ingénierie qu'elles connaissaient. Quoique ceci ne soit pas initialement prévu, nous avons remarqué que quelques personnes faisaient mention explicitement du fait qu'elles avaient dessiné quelqu'un qu'elles connaissaient, alors nous voulions les considérer (Tableau 17). Comme les autres, il est présenté vide afin de donner au lecteur une idée claire de la structure employée lors du codage.

Tableau 17 – Grille pour identifier si la personne a dessiné quelqu'un qu'elle connaissait

Personne connue ?	Oui	Non	Notes
Dessin 1			
Dessin 2			
Dessin 3			
Dessin 4			
Dessin 5			
Dessin « n »			

Étape 8 : Finalement, nous avons tiré certaines conclusions vis-à-vis les représentations sociales des personnes participantes quant aux spécialistes en ingénierie.

Une fois que l'analyse des dessins DAET fut complétée, nous avons ensuite poursuivi l'analyse des données des entretiens, comme décrits dans la section suivante.

4.5.2. Analyse du contenu des entretiens individuels

Nous avons utilisé une approche inductive pour les entretiens semi-structurés, afin de faire émerger des thèmes de l'ensemble des données sans catégories prédéfinies (Kondracki et al., 2002). Cette méthode a souvent nécessité des ajustements au fur et à mesure que de nouvelles idées émergeaient, ce qui a parfois modifié les thèmes précédemment établis. Compte tenu de la nature de notre étude, nous avons focalisé notre attention principalement sur le contenu latent, bien qu'une partie du contenu manifeste (par exemple la fréquence des références à certains éléments) ait également été prise en compte. Finalement, nous avons combiné le contenu latent et manifeste des entretiens (et du DAET) pour tirer des conclusions sur les représentations sociales de l'ingénierie et de l'enseignement de l'ingénierie chez le personnel enseignant participant (Kondracki et al., 2002). Bien que nous ayons quantifié certains aspects des données, tels que les thèmes récurrents et le nombre de personnes participantes qui les ont mis en évidence, notre analyse est restée largement qualitative par nature.

Notre approche suit un processus systématique d'analyse des données. Les étapes retenues pour analyser le contenu des entretiens semi-structurés sont décrites ci-dessous :

Étape 1 - Après avoir organisé les données (décrites précédemment), la lecture des transcriptions a débuté. Les catégories clés ont été notées et introduites dans notre logiciel de codage, NVivo 14. Les catégories sont définies comme « le regroupement de codes apparentés » (Fortin & Gagnon, 2016, p. 362). Dans notre étude, les questions de l'entretien ont principalement été utilisées comme catégories et nous avons ajouté des catégories supplémentaires en fonction des données émergentes. Nous avons ensuite classé les réponses des personnes participantes en fonction de thèmes clés qui ont émergé de chaque catégorie, en ajoutant de nouveaux thèmes au fur et à mesure qu'ils apparaissent dans les données. Étant donné que l'analyse de contenu est assez subjective, l'établissement de catégories et de thèmes était important pour la fiabilité et la crédibilité des données (Fortin & Gagnon, 2016).

Étape 2 - Au fur et à mesure du développement des thèmes, les données ont été codées dans les catégories et les thèmes appropriés. Au cours de ce processus, nous avons consolidé les thèmes pour

éviter les doublons, en fusionnant les thèmes similaires (par exemple, collaboration et coopération). L'Annexe 11 illustre les catégories et les thèmes des entretiens semi-structurés.

Étape 3 - Une fois toutes les données codées, nous avons noté la fréquence à laquelle les personnes participantes ont fait référence (directe ou indirecte) à chaque thème. Cette analyse de fréquence n'avait pas pour but de généraliser nos résultats à l'ensemble du personnel enseignant, mais plutôt de fournir une image plus claire des données que nous avons collectées.

Étape 4 - Nous avons ensuite identifié les idées clés et sélectionné des citations tirées des entretiens. Pour rester fidèles aux réponses des personnes participantes, les citations ont été conservées telles quelles, avec seulement des ajustements mineurs pour supprimer les mots de remplissage susceptibles de détourner le sens de la réponse. Nos résultats et notre discussion comprennent deux types principaux de citations, comme le souligne Creswell (2007) : les citations courtes qui mettent en évidence différentes perspectives, et les citations intégrées, où des extraits sont insérés dans le récit afin de soutenir un thème. Veuillez noter que les noms mentionnés ont été remplacés par des pseudonymes afin de protéger l'anonymat des personnes participantes.

Étape 5 - Enfin, nous avons combiné les aperçus thématiques pour obtenir une description complète de chaque question d'entretien, telle qu'elle a été comprise par les personnes participantes. Une fois encore, l'accent a été mis sur la mise en évidence des aspects considérables liés à l'ingénierie et à l'enseignement de l'ingénierie, plutôt que sur la généralisation des résultats. Les informations recueillies à partir de ces questions nous ont aidé à répondre à nos questions de recherche.

Nous avons atteint une saturation des données après l'analyse des 16 entretiens individuels, aucun nouveau thème pertinent n'émergeant. Cela indique que l'analyse des données était suffisante pour répondre à nos questions de recherche et qu'un échantillon plus large n'aurait vraisemblablement pas enrichi la compréhension des représentations étudiées.

4.6. Critères de rigueur scientifique

Pour garantir la transparence de notre étude, il était essentiel de respecter certains critères de rigueur scientifique, tels que la crédibilité, la transférabilité, la fiabilité et la confirmabilité, comme recommandé par Lincoln et Guba (1985). Ces critères ont été conçus pour orienter les activités de recherche sur le terrain, en s'assurant que les procédures proposées sont suivies de manière rigoureuse (Loh, 2013). Dans les sections suivantes, nous expliquons comment nous avons appliqué chacun de ces critères.

4.6.1. Crédibilité

Selon Fortin et Gagnon (2016), la crédibilité se définit comme le « critère servant à évaluer dans quelle mesure la description du phénomène vécu par les participants reflète la réalité interprétée » (p. 377). Pour atteindre ce niveau de crédibilité, plusieurs stratégies ont été mises en œuvre. Premièrement, il y a eu un engagement prolongé sur le terrain, la chercheuse principale ayant plus d'une décennie d'expérience dans l'enseignement des sciences et des mathématiques au secondaire dans des écoles francophones en Ontario. Deuxièmement, la collecte des données s'est étalée sur une assez longue période, de janvier à décembre 2023. Troisièmement, nous avons croisé deux types de données pour établir nos conclusions concernant les représentations du personnel enseignant sur l'ingénierie et les spécialistes en ingénierie (Stahl & King, 2020). Cela a été fait à l'aide d'entretiens semi-structurés ainsi que du DAET. Pour le DAET, nous nous sommes également basés sur des thèmes préétablis relatifs aux activités des spécialistes en ingénierie, en nous appuyant sur des recherches antérieures (Knight & Cunningham, 2004; Newley et al., 2017) pour favoriser la crédibilité de nos résultats. Quatrièmement, les personnes participantes ont été invitées à réviser leurs transcriptions et à apporter les modifications souhaitées. Cinquièmement, nous avons veillé à fournir des descriptions détaillées des données dans le chapitre des résultats. Ces étapes ont été suivies dans le but de viser la production de données exactes.

Cinquièmement, les personnes participantes ont été invitées à réviser leurs transcriptions et à apporter les modifications souhaitées, une pratique reconnue sous le nom de « member checking » (Lincoln & Guba, 1985), qui contribue à assurer l'exactitude et la crédibilité des données. Cinquièmement, des descriptions détaillées et contextualisées ont été fournies dans le chapitre des résultats afin de favoriser une compréhension nuancée des points de vue exprimés. Ces stratégies ont été mises en œuvre dans le but d'améliorer la rigueur de l'étude. Il convient toutefois de souligner qu'aucun double codage n'a été effectué sur une portion du corpus. Bien que cette étape permette généralement de renforcer la fiabilité du processus de codage — en visant un taux de concordance intercodeurs d'environ 80 à 85 % — nous avons plutôt misé sur la cohérence interne du codage, la réflexivité et la transparence dans le traitement et la présentation des données.

4.6.2. Transférabilité

Selon Stahl et King (2020), la transférabilité se réfère à la possibilité de transférer les conclusions à d'autres contextes, en s'appuyant sur des descriptions détaillées qui incluent des informations contextuelles sur le site de l'étude. Pour favoriser cette transférabilité, il est essentiel de développer une narration sur le

contexte, permettant ainsi à d'autres de juger du degré de correspondance ou de similarité et d'appliquer, le cas échéant, tout ou une partie des conclusions dans d'autres contextes (Schwandt et al., 2007).

Dans notre cas, nous avons fourni une description détaillée de la manière dont les données ont été collectées, offrant ainsi des informations contextuelles sur nos méthodes d'étude. Nous avons également décrit en détail les personnes participantes et fourni un résumé de leur profil. De plus, les méthodes et les stratégies de collecte des données ont été décrites.

4.6.3. Fiabilité

Les données ont été respectées par une transcription fidèle des enregistrements audio, lesquels ont été conservés afin de pouvoir y revenir au besoin. Un logiciel a été utilisé pour coder les données et un souci de transparence a guidé la présentation des résultats. Comme le soulignent Stahl et King (2020), une personne consciente que son travail sera examiné par ses pairs « sera attentive à ce qui est consigné comme un fait et à ce qui est mis de côté en tant que commentaires interprétatifs de la part de l'universitaire sur les données » (traduction libre) (p. 27). Nous croyons que cela s'applique également à notre cas.

4.6.4. Confirmabilité

La confirmabilité est un « critère servant à évaluer l'intégrité d'une étude qualitative en se reportant à l'objectivité ou à la neutralité des données et de leur interprétation » (Fortin & Gagnon, 2016, p. 378). Pour atteindre ce critère, nous avons examiné le produit final de notre thèse pour attester que les conclusions, les interprétations et les recommandations ont bien été soutenues par les données. Nous sommes également restée fidèle à notre cadre conceptuel pendant la collecte et l'analyse des données. Ce cadre conceptuel et les méthodes de collecte de données nous ont permis de répondre à nos questions de recherche. Enfin, nous avons inclus des données brutes, notamment sous forme de citations et de dessins, dans notre thèse.

En somme, nous avons fait preuve d'une rigueur scientifique pendant la collecte, l'analyse et la rédaction de la thèse.

4.7. Résumé du chapitre

Le chapitre 4 présente la méthodologie de recherche. Fondé sur une épistémologie socioconstructiviste, nous avons adopté un paradigme interprétatif, soulignant que la connaissance est socialement construite et façonnée par les expériences individuelles. Cette approche qualitative est

importante pour comprendre les représentations sociales complexes de l'ingénierie chez le personnel enseignant participant.

Étant donné le manque d'études sur ce sujet, des données originales ont été recueillies auprès de personnes participantes recrutées par un échantillon de convenance, ciblant les personnes enseignantes qui répondaient à des critères d'inclusion spécifiques. L'objectif était de représenter différentes régions de l'Ontario. La saturation des données a été atteinte avec 16 personnes participantes. Le recrutement a été effectué par le biais des médias sociaux et des réseaux professionnels et par l'échantillonnage en « boule de neige ».

Pour la collecte des données, cette étude a utilisé deux outils principaux : le « Draw An Engineer Test » (DAET) et les entretiens semi-structurés. Le DAET demandait aux personnes participantes de dessiner une personne œuvrant en ingénierie. Ensuite, des entretiens semi-structurés ont été menés afin d'approfondir la compréhension des dessins et d'explorer les représentations de l'ingénierie, des spécialistes en ingénierie et de l'enseignement de l'ingénierie. Ce format d'entretien a permis une certaine flexibilité qui permettait de mieux comprendre les représentations du personnel enseignant.

Pour l'analyse des données du DAET, une analyse de contenu a été appliquée pour examiner les éléments de chaque dessin à travers cinq catégories : les activités des gens en ingénierie, le lieu de travail, l'âge, le genre et la question de savoir si le dessin représentait une personne connue. Chaque dessin a été examiné, et les observations ont été mises en relation avec les transcriptions des entretiens afin d'enrichir l'interprétation et de mieux comprendre le sens attribué par les personnes participantes.

L'analyse des entretiens individuels a suivi une approche inductive, permettant aux thèmes d'émerger des données sans catégories prédéfinies. Des ajustements ont été effectués à mesure que de nouvelles idées émergeaient, influençant les thèmes précédemment établis. L'accent a été mis principalement sur le contenu latent, bien que le contenu manifeste ait aussi été pris en compte. Un processus systématique a été suivi, incluant l'organisation des données, la catégorisation des réponses en thèmes émergents et le codage des transcriptions. Une analyse de fréquence a été effectuée, et les idées clés ont été identifiées avec des citations à l'appui pour fournir une compréhension approfondie des perspectives des personnes participantes.

Enfin, les critères de rigueur scientifique, incluant la crédibilité, la transférabilité, la fiabilité et la confirmabilité, ont été respectés et décrits en détail.

Chapitre 5 – Analyse et interprétation des représentations de l'ingénierie et des personnes œuvrant en ingénierie

Dans ce chapitre, nous présentons les résultats de deux volets des données collectées : le DAET (Draw An Engineer Test) et la profession d'ingénierie. L'objectif est de mettre en évidence les représentations sociales que le personnel enseignant du secondaire en Ontario se fait à la fois des personnes en ingénierie et de la profession d'ingénierie elle-même. Nous débutons en explorant les dessins du DAET, ainsi que les questions 1 à 5 des entrevues relatives au DAET. Nous poursuivons ensuite avec les questions 6 à 10 des entrevues semi-dirigées qui continuent à explorer la profession d'ingénierie. Les questions de l'entretien figurent à l'Annexe 10.

5.1. Représentation visuelle de personnes en ingénierie

Pour les représentations visuelles de personnes en ingénierie faites à partir du DAET, il faut noter que deux personnes ne participent pas à l'activité DAET à cause de contraintes de temps. Nous omettons cette partie lorsqu'une personne mentionne qu'elle dispose de peu de temps pour l'entretien. Nous nous concentrons alors sur l'entretien semi-structuré. Ainsi, 14 personnes participent à l'activité DAET. Parmi elles, 12 réalisent un dessin et en discutent, tandis que 2 préfèrent discuter d'une personne en ingénierie qu'elles ont en tête plutôt que de la dessiner.

Nous examinons chaque dessin que conçoivent les personnes participantes afin d'identifier et de coder les thèmes représentés. Les résultats sont séparés dans les catégories explorées, dont les activités faites par les personnes en ingénierie, leur lieu de travail, leur âge, leur genre et la familiarité avec les personnes dessinées. Dans les prochaines sections, nous explorons chacune des catégories afin d'examiner comment les personnes participantes représentent les spécialistes en ingénierie dans leurs dessins.

5.1.1. Activités faites par les personnes en ingénierie

Lors de notre analyse, nous examinons d'abord les intentions du corps enseignant participant à l'étude lorsqu'il illustre les activités faites par les personnes œuvrant en ingénierie puis nous précisons ces intentions à travers l'analyse des dessins. Le Tableau 18 offre un résumé des thèmes clés représentés, ainsi que la fréquence d'apparition dans les dessins et les entrevues semi-dirigées. La grille de codage correspondante se trouve à l'Annexe 12.

Tableau 18 – Fréquence des activités faites par les personnes en ingénierie

Thèmes	Fréquence
Construction et réparation	10
Conception ou design	11
Produits de l'ingénierie mécanique	4
Produits de l'ingénierie civil	4
Trains	1
Travail de laboratoire (ingénierie chimique)	2
Environnement et énergie	2
Programmation	1
Gestion de projets	6
Réflexion, résolution de problèmes	4
Travail d'équipe, collaboration	4

Le Tableau 18 indique que les thèmes les plus fréquemment représentés dans les dessins sont : la conception ou le design (11 des 14 dessins), la construction et la réparation (10 des 14 dessins) et la gestion de projets (6 des 14 dessins). En revanche, des thèmes comme les trains et la programmation sont moins associés à la profession d'ingénierie avec 1 des 14 dessins représentant chacun de ces thèmes.

Pour une personne enseignante de sciences, Nour¹³, la personne en ingénierie « *est en train de résoudre des problèmes avec la machinerie* ». Une autre personne participante, Frédéric, également dans l'enseignement des sciences, dessine une personne portant une chemise « *parce que c'est un professionnel* » qui « *fait des tests électroniques. Il travaille avec une machine, peut-être la machine [...] est électronique ou elle contrôle peut-être quelque chose mécanique* ».

Une autre personne participante, George, décrit les activités faites par la personne dans son dessin en ajoutant une dimension d'habiletés :

C'était pas vraiment un ingénieur ou architecte, [...] mais c'est quelqu'un qui quand même utilise ça, puis patente des choses ensemble, que ce soit électronique ou en construction. [C'est] comme [le] design sans l'architecture, si ça fait du sens. Je pense aussi à computer engineering ou robot engineers ou des choses comme ça aussi alors des bricoleurs, mais, sont un petit plus débrouillard.

¹³ Tous les noms des personnes participantes sont modifiés afin de protéger leur identité. Les noms utilisés dans le texte sont des pseudonymes.

Pour 4 des 14 personnes participantes, l'ingénierie est une profession de travail d'équipe, comme l'illustre le dessin présenté à la Figure 5. La personne, Ali, décrit son dessin :

Y a un pont avec un ordinateur qui démontre le pont. Et y a une personne avec comme ses collègues, puis ils discutent sur qu'est-ce qu'ils voient, puis y a une mesure à l'écran, so ils discutent de mesures, ils font des plans, c'est pas mal ça.

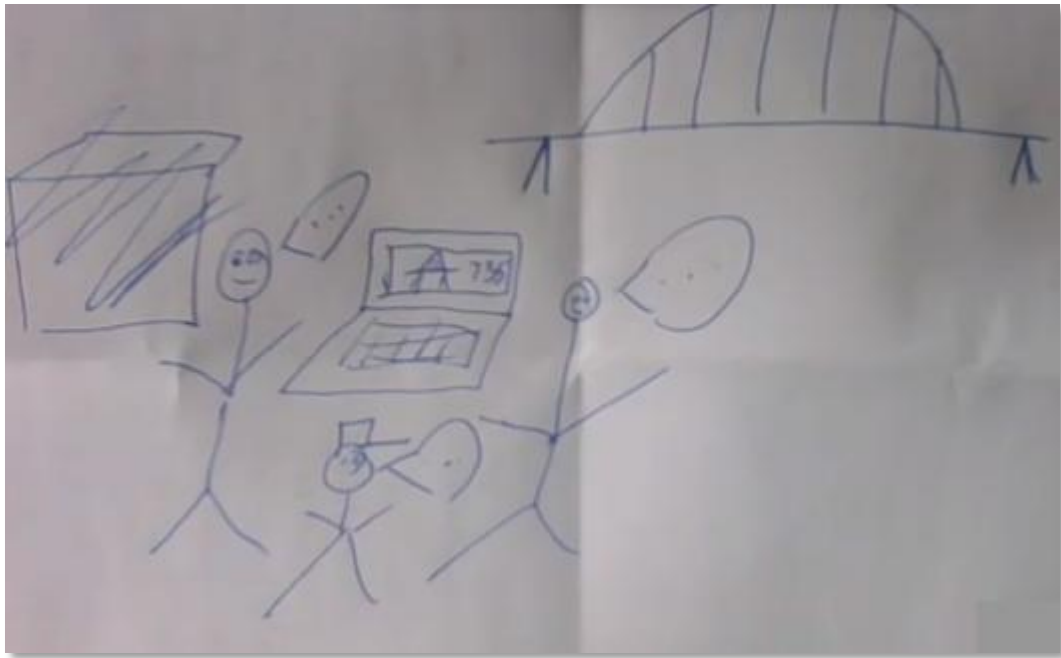


Figure 5 – Dessin de 3 personnes collaborant pour leur travail en ingénierie

Nous observons également que les personnes participantes préfèrent souvent dessiner plus d'une personne afin de ne pas limiter l'ingénierie à une seule activité. Ainsi, de nombreux dessins, comme celui représenté à la Figure 6, incluent deux ou plusieurs spécialistes en ingénierie pour démontrer le travail d'équipe.

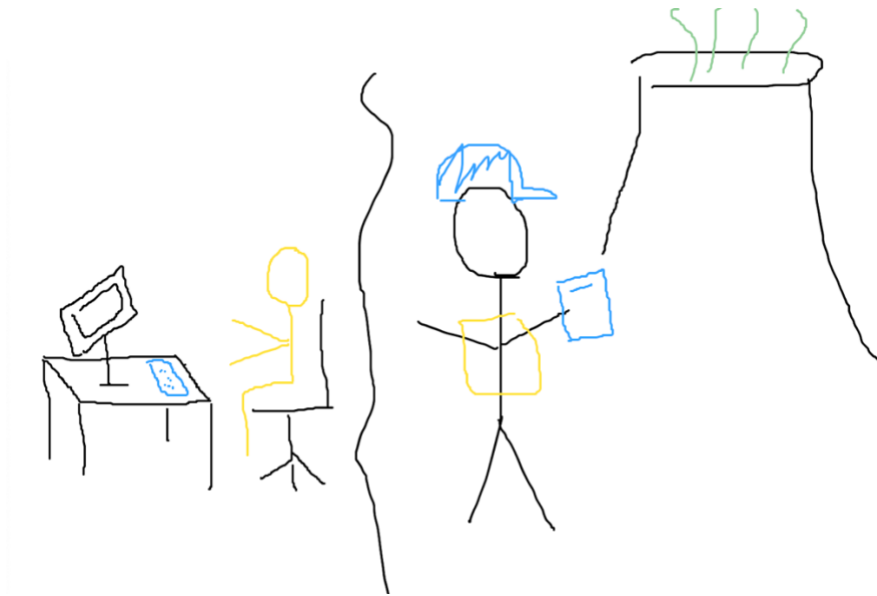


Figure 6 – Dessin d'une personne participante représentant deux personnes en ingénierie

Dans un cas, une personne participante, Émilie, choisit de créer une carte conceptuelle pour décrire la diversité des activités que les gens en ingénierie peuvent réaliser. Ceci est illustré à la figure suivante.

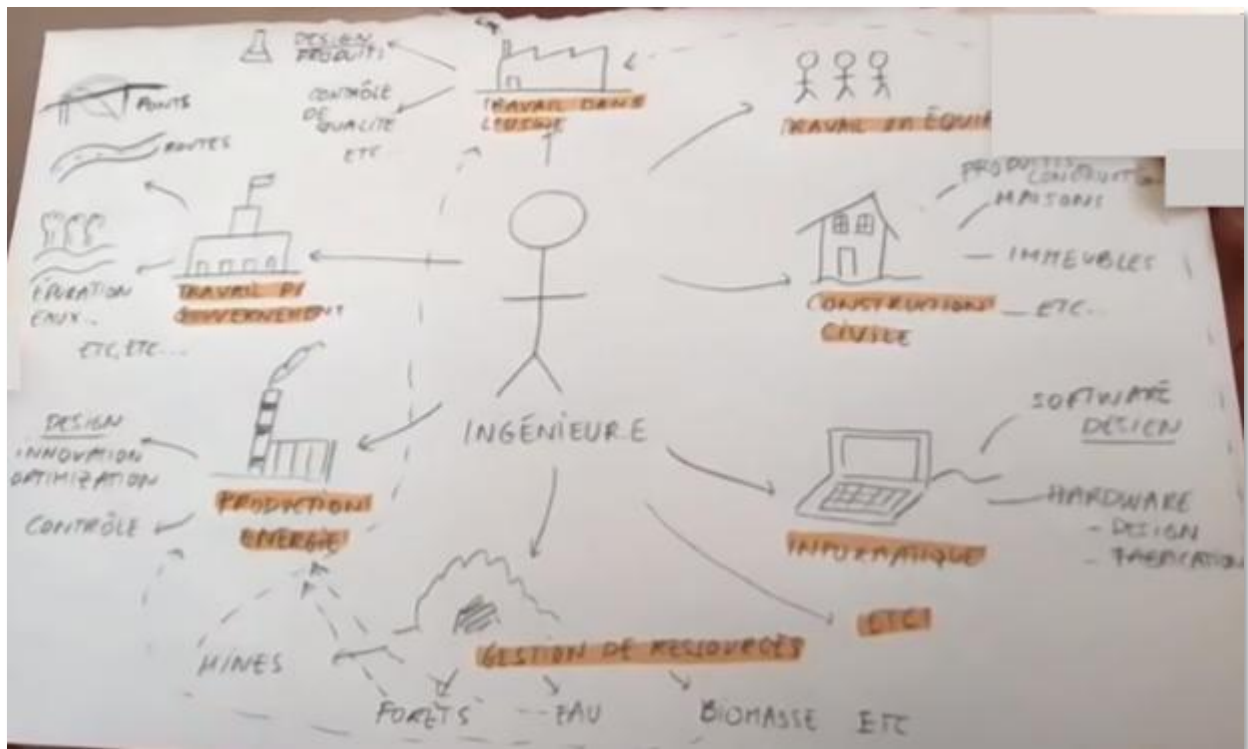


Figure 7 – Carte conceptuelle créée par une personne participante

Ces représentations visuelles et conceptuelles présentent la variété des activités perçues dans le domaine de l'ingénierie et soulignent l'importance de la collaboration et de la polyvalence dans cette profession.

5.1.2. *Lieu de travail des personnes en ingénierie*

Dans cette deuxième section, nous présentons les résultats du DAET concernant le lieu de travail des spécialistes en ingénierie. Le Tableau 19 offre un résumé des résultats décrivant la liste des lieux de travail qui ressortent des dessins et des discussions. La grille de codage se trouve à l'Annexe 13.

Tableau 19 – Fréquence des lieux de travail des personnes en ingénierie

Lieux de travail	Fréquence
Un chantier	5
Un bureau	9
Une banque	1
Une usine	3
Partout	2
Pas discuté	3

Plus de la moitié des personnes participantes (9 sur 14) déclarent que les personnes en ingénierie travaillent dans un bureau et 5 sur 14 mentionnent que celles-ci sont situées dans un chantier. Une personne participante note que les spécialistes en ingénierie peuvent travailler dans une banque (1 de 14), et quelques personnes (2 de 14) mentionnent que ces spécialistes peuvent travailler n'importe où. Il est à noter que le lieu de travail n'est pas exploré par 3 personnes participantes.

Pour Léa, une personne enseignante en mathématiques et sciences, les spécialistes en ingénierie peuvent travailler à la fois dans un bureau et dans le chantier. Elle mentionne, « *vraiment un ingénieur, il y a tellement de possibilités [...] c'est fou combien de possibilités, de choses qu'ils peuvent faire* ». Cette personne participante explique aussi que les personnes en ingénierie :

sont moins les personnes qui vont accomplir la tâche. C'est pas eux qui vont bâtir le pont, mais c'est eux qui vont [...] créer le modèle pour le pont, décider quels matériaux utiliser, [...] mettre tout en place pour que quelqu'un puisse bâtir le pont.

Donc cela pourrait se faire dans un bureau, sur un chantier ou ailleurs. Alors que certains dessins indiquent clairement où la personne travaille, comme celui de la Figure 8, d'autres sont moins évidents, mais ont été spécifiés au cours de la discussion. Après avoir examiné les lieux de travail représentés dans les dessins, nous abordons la troisième catégorie explorée avec le DAET, l'âge.



Figure 8 – Dessin d'une personne sur un chantier (près d'un pont)

5.1.3. Âge des personnes en ingénierie

Dans cette troisième section, nous présentons les résultats du DAET concernant l'âge des spécialistes en ingénierie. Le Tableau 20 est un résumé des résultats décrivant des tranches d'âge qui ont été discutées pendant les entrevues semi-dirigées, puisqu'il est difficile de déterminer un âge dans un dessin. La grille de codage se trouve à l'Annexe 14. Il est à noter que les personnes participantes peuvent mentionner n'importe quelle tranche d'âge. Toutes les possibilités applicables sont cochées. Par exemple, si quelqu'un mentionne que la personne dans son dessin a entre 20 et 60 ans, nous cochons les cases pour 18 à 24 ans, 25 à 34 ans, 35 à 44 ans, 45 à 54 ans et 55 à 64 ans. Ces tranches d'âge sont choisies pour être cohérentes avec les questions démographiques afin de pouvoir analyser les différences entre l'âge des personnes participantes et l'image des spécialistes en ingénierie qu'elles représentent.

Tableau 20 – Fréquence de l'âge des personnes en ingénierie

Âge	Fréquence
18 à 24 ans	2
25 à 34 ans	8
35 à 44 ans	8
45 à 54 ans	8
55 à 64 ans	3
65+ ans	2
Pas discuté	2
Pas d'âge précis	3

Les tranches d'âge les plus fréquemment représentées dans les 14 dessins sont celles des 25 à 34 ans (8 dessins), 35 à 44 ans (8 dessins) et 45 à 54 ans (8 dessins). Cela indique que les membres du personnel enseignant perçoivent majoritairement les spécialistes en ingénierie comme étant âgés entre 25 et 54 ans. En revanche, les tranches d'âge les moins représentées sont les plus jeunes, de 18 à 24 ans (2 dessins sur 14), ainsi que les plus âgés, de 55 à 64 ans (3 dessins sur 14) et de 65 ans et plus (2 dessins sur 14). Trois personnes participantes mentionnent que les spécialistes en ingénierie n'ont pas d'âge précis. Enfin, deux personnes ne donnent aucune indication d'âge dans leur dessin.

De plus, deux personnes représentent uniquement la tranche de 25 à 34 ans. Pour vérifier si cela coïncide avec leur propre âge, nous avons comparé les dessins avec leurs informations démographiques. Nous constatons que ce n'est pas le cas : bien que ces personnes participantes appartiennent à la tranche des 35-44 ans, elles dessinent des personnes de la tranche des 25 à 34 ans.

5.1.4. Genre des personnes en ingénierie

Dans cette quatrième section, nous présentons les résultats du DAET concernant le genre des spécialistes en ingénierie. Le Tableau 21 est un résumé des résultats décrivant la liste des genres qui apparaissent dans les dessins et pendant les discussions d'entrevue. Une copie de la grille de codage est incluse à l'Annexe 15 pour consultation.

Tableau 21 – Fréquence du genre des personnes en ingénierie

Genre	Fréquence
Homme	2
Femme	2
Aucun genre défini	10

La majorité des personnes participantes (10 sur 14) choisissent de ne pas spécifier le genre ou de représenter des personnes en ingénierie sans genre défini. Leurs commentaires incluent des notions que tout le monde pourrait travailler en ingénierie ou qu'historiquement, les personnes en ingénierie ont souvent été des hommes. Par exemple, une personne enseignante de sciences de la 11^e et de la 12^e année ayant un baccalauréat en ingénierie chimique mentionne qu'il n'a « *pas d'âge précis, pas de genre précis. C'est juste des personnes* ».

Une enseignante de mathématiques et de sciences, Mariam, évoque son expérience lorsqu'elle a commencé un baccalauréat en génie et le déséquilibre de genre présent dans ce domaine. Elle explique qu'elle est devenue « *tough à cause de ça. [...] J'ai résisté beaucoup aux commentaires* », faisant référence aux remarques formulées derrière son dos lorsqu'elle était étudiante en ingénierie. Elle réfléchit sur le fait que le déséquilibre de genre est toujours présent et ajoute, « *c'était mon expérience il y a quand même plusieurs années et j'ose espérer que c'est différent* ». Enfin, elle souligne l'importance d'exposer les jeunes à l'ingénierie dès le plus jeune âge, afin qu'ils puissent vivre différentes expériences et ne considèrent pas cette discipline comme inatteignable ou inaccessible pour eux.

Quant aux personnes participantes qui dessinent un personnage genré, quatre dessins ou descriptions font mention d'une personne en ingénierie qui est soit un homme soit une femme. Des quatre personnes participantes, deux dessinent ou discutent des spécialistes comme étant des hommes et deux comme étant des femmes. La répartition de ces personnes se trouve au Tableau 22. Ici, on remarque qu'un homme et une femme dessinent des ingénieures et qu'un homme et une femme dessinent un ingénieur. Dans le cas des personnes participantes, nous n'identifions donc pas de corrélation entre le genre de la personne participante et le genre dessiné dans le DAET. Finalement, aucune personne participante ne décrit son personnage en ingénierie comme étant une personne trans.

Tableau 22 – Genre de la personne participante avec le genre dessiné

Genre de la personne participante	Genre de la personne en ingénierie dessinée	Fréquence
Homme	Femme	1
Femme	Homme	1
Femme	Femme	1
Homme	Homme	1

5.1.5. Dessins de personnes connues en ingénierie

Dans cette cinquième section, nous examinons les dessins réalisés par les personnes participantes afin de déterminer si elles représentent des personnes connues. Les résultats sont présentés dans le Tableau 23 et la grille de codage se trouve à l'Annexe 16.

Tableau 23 – Fréquence des personnes connues en ingénierie

Personne connue	Fréquence
Le dessin représente une personne connue.	5
Le dessin ne représente pas une personne connue.	9

Sur les 14 personnes participantes, 5 dessinent des personnes qu'elles connaissent personnellement. Parmi ces cinq dessins, certaines personnes participantes représentent des membres de leur famille, tels que leur copain, leur père, elles-mêmes ou d'autres camarades. Les neuf autres ne représentent pas de personnes connues dans leurs dessins, soit par choix, soit par manque de figures de référence spécifiques.

Les données démographiques des 5 personnes qui dessinent des individus en ingénierie qu'elles connaissent montrent que 3 personnes (sur 5) suivent des cours d'ingénierie et 2 d'entre elles commencent ou terminent un diplôme en ingénierie. Les deux autres personnes ne suivent pas de cours d'ingénierie, mais connaissent des personnes œuvrant dans ce domaine. De plus, deux personnes participantes titulaires d'un diplôme en ingénierie ne se représentent pas elles-mêmes et ne dessinent pas non plus des personnes qu'elles connaissent.

Une personne enseignante en sciences et mathématiques ayant suivi des cours en ingénierie au postsecondaire explique que « *c'est juste mes deux meilleurs amis qui font ça* » en se référant aux personnes dans son dessin et leurs activités (à la Figure 9). La personne participante, Jules, continue en expliquant leur travail :

La conception, de ce que je comprends, se fait surtout à l'ordi puis c'est un problème, pour que tu trouves des manières, avec plein [de] contraintes de réussir à réaliser ça. Puis la gestion de projets, tu t'assures que les plans qui ont été faits soient respectés [...].



Figure 9 – Dessin de deux spécialistes en ingénierie

5.1.6. *Interprétation du DAET*

Dans cette section, nous présentons l'interprétation des résultats du DAET en les organisant selon les éléments explorés : les activités réalisées par les personnes en ingénierie, leur lieu de travail, leur âge, leur genre et leur connaissance des personnes dessinées. Avant de plonger dans ces aspects spécifiques, nous présentons la Figure 10 qui offre un aperçu visuel des réponses liées au DAET, permettant ainsi une vue d'ensemble des résultats.

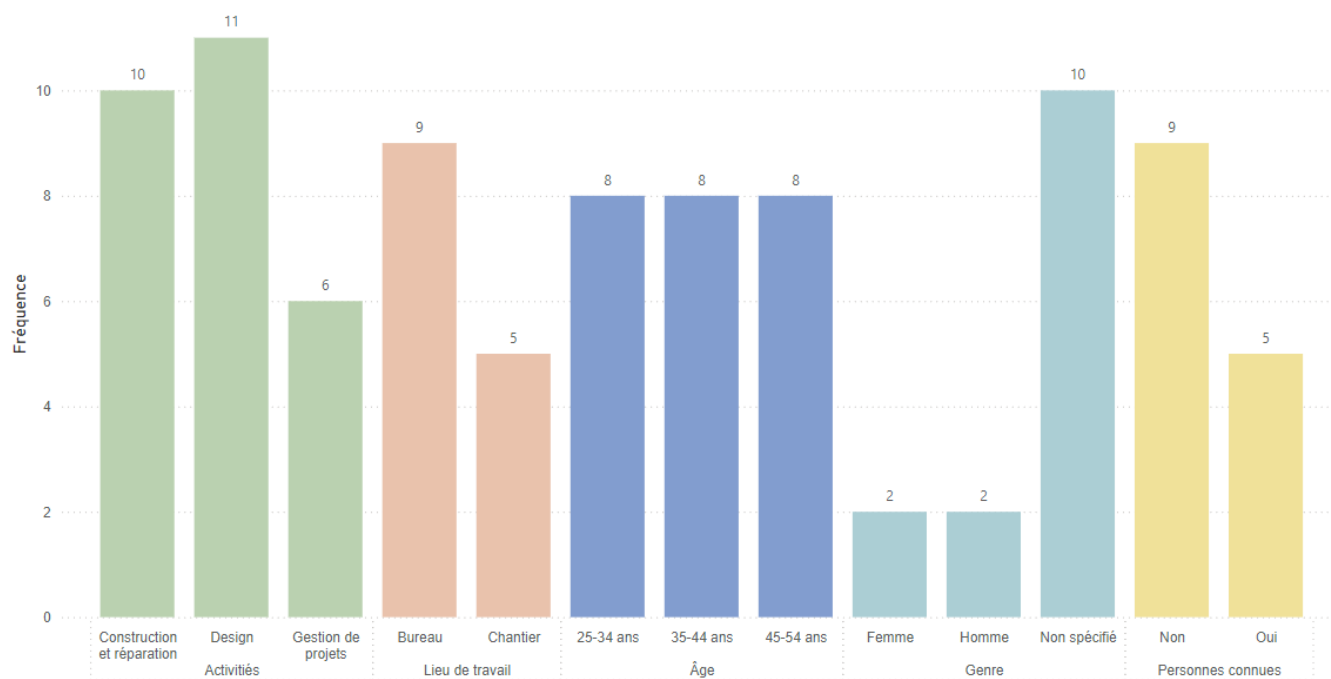


Figure 10 – Vue d'ensemble du DAET

Dans la Figure 10, nous observons que, parmi les activités des personnes en ingénierie, les plus courantes sont la construction et la réparation, le design, ainsi que la gestion de projets. En ce qui concerne le lieu de travail, les réponses les plus fréquentes mentionnent le chantier et le bureau. En matière d'âge, les tranches les plus représentées sont les 25-34 ans, les 35-44 ans et les 45-54 ans, avec des fréquences égales. Il convient de noter que la majorité des personnes répondantes n'ont pas précisé le genre de la personne dans leur dessin, et qu'une grande part d'entre elles ne représente pas des personnes qu'elles connaissent. À la lumière de ces observations, nous offrons une interprétation des activités des personnes en ingénierie selon les personnes participantes au DAET.

5.1.6.1. Activités des personnes en génie

Les personnes participantes illustrent une variété d'activités qui pourraient être effectuées par les spécialistes en ingénierie, dont la conception d'objets est la plus fréquemment décrite. Comme l'a mentionné un membre du corps enseignant donnant des cours de mathématiques et de sciences : « *c'est un petit bonhomme à un ordinateur en train de faire des plans. Probablement sur un logiciel de CAD quelconque ou de modélisation 3D qui peut s'imprimer à une imprimante 3D* ».

Ceci suggère que certaines personnes enseignantes ayant participé au DAET pourraient être familières avec les aspects fondamentaux du travail d'ingénierie ou associer celui-ci au processus de

design. Cette connaissance pourrait avoir été acquise récemment, notamment avec l'introduction du nouveau programme-cadre de sciences de la 9^e année, ou bien provenir d'expériences antérieures. Il est possible qu'il s'agisse d'une combinaison de ces deux sources, puisque 6 des 14 personnes participantes au DAET ont suivi des cours d'ingénierie (dont trois détiennent un diplôme dans ce domaine), et que 11 enseignent généralement les sciences en 9^e année — un contexte qui les amène à se familiariser avec le processus de design pour l'intégrer dans leurs cours.

Il est intéressant de noter que si quatre dessins présentent des personnes pensant de manière indépendante, un nombre égal de dessins montrent des personnes travaillant en collaboration. Cela remet en question la perception commune de l'ingénierie comme étant une profession solitaire. La diversité des réponses relatives au travail des gens en ingénierie indique que le personnel enseignant reconnaît que l'ingénierie est un vaste domaine englobant de nombreuses activités différentes. Cela est également illustré par un dessin consistant en une carte conceptuelle des différents domaines de l'ingénierie (Figure 7). Il convient toutefois de noter que cette personne participante est titulaire d'un diplôme en ingénierie et ne représente donc pas nécessairement l'ensemble des personnes enseignantes en sciences et en mathématiques au palier secondaire en Ontario.

5.1.6.2. Lieu de travail des personnes en génie

Étant donné que beaucoup de gens, y compris les personnes participantes à notre étude, associent l'ingénierie au port du casque dur (Mackay, 2016), nous nous attendions à ce que les personnes figurant sur les dessins se trouvent principalement sur des chantiers, mais ce n'est pas le cas. Alors que 5 dessins représentent des spécialistes en ingénierie sur des chantiers, la majorité (9 de 14) des personnes enseignantes perçoivent que ces spécialistes travaillent dans des bureaux. Nous remarquons également des dessins et des discussions de l'ingénierie dans des usines ; certaines personnes participantes mentionnent que les spécialistes en ingénierie pourraient travailler dans n'importe quel environnement et n'importe où dans le monde, soulignant la polyvalence et la mobilité dans la profession.

Une personne enseignante de sciences de la 9^e à la 12^e année mentionne aussi que ces spécialistes pourraient même travailler dans une banque et qu'il y a de nombreux contextes différents dans lesquels ces personnes peuvent travailler. Étant donné que quelques environnements de travail différents sont dessinés et discutés, il semble que ces membres du corps enseignant reconnaissent que les spécialistes en ingénierie peuvent travailler dans des environnements variés, ce qui est une représentation fidèle de la profession d'ingénierie.

5.1.6.3. Âges des personnes en génie

Les tranches d'âge les plus fréquemment représentées sont celles des 25 à 34 ans, 35 à 44 ans et 45 à 54 ans, chacune apparaissant dans 8 dessins sur 14. Cela suggère que les membres du personnel enseignant perçoivent majoritairement les spécialistes en ingénierie comme étant âgés de 25 à 54 ans. Ce résultat est attendu, car il représente généralement les personnes sur le marché du travail.

Certaines personnes participantes fournissent des tranches d'âge plus précises. Trois personnes ont spécifié les mêmes trois tranches d'âge : 25 à 34 ans, 35 à 44 ans et 45 à 54 ans, ce qui indique une cohérence dans leur perception des âges des spécialistes en ingénierie. Deux autres personnes mentionnent deux tranches d'âge, soit 35 à 44 ans et 45 à 54 ans. Il est intéressant de noter que ces deux personnes participantes appartiennent elles-mêmes à ces tranches d'âge. Cependant, elles précisent qu'elles ne se représentent pas elles-mêmes ni ne dessinent une personne qu'elles connaissent.

Enfin, deux personnes identifient une seule tranche d'âge, celle de 25 à 34 ans, bien qu'elles appartiennent à la tranche de 35 à 44 ans. L'une d'elles précise qu'elle dessine quelqu'un qu'elle connaît, ce qui explique le choix de cette tranche d'âge. La deuxième personne déclare ne pas connaître la personne dessinée, mais précise qu'il s'agit de celle qu'elle a en tête en dessinant. Cela pourrait refléter une association de l'ingénierie avec une profession pour les jeunes qui commencent leur carrière.

Les tranches d'âge les moins représentées sont les plus jeunes (18 à 24 ans) et les plus âgées (55 à 64 ans et 65 ans et plus). Ces catégories apparaissent moins fréquemment dans les DAET : dans 2 dessins sur 14 pour les 18 à 24 ans et les 65 ans et plus, et 3 dessins sur 14 pour les 55 à 64 ans. Cela peut indiquer que le personnel enseignant ne considère pas ces âges comme typiques pour les spécialistes en ingénierie, peut-être en raison d'une perception que les plus jeunes sont encore en formation ou au début de leur carrière, tandis que les plus âgés sont proches de la retraite ou sont retraités.

Trois personnes participantes mentionnent explicitement que les spécialistes en ingénierie n'ont pas d'âge précis, ce qui montre une reconnaissance de la diversité des âges dans la profession. Ces résultats suggèrent que le corps enseignant perçoit les personnes en ingénierie comme étant dans la tranche d'âge du marché du travail, tout en notant que leurs âges peuvent varier, allant du début de leur carrière jusqu'à l'âge de la retraite.

5.1.6.4. Genre des personnes en ingénierie

Dix des quatorze personnes participantes dessinent des personnes sans genre spécifique. Certaines évitent de définir le genre de leur personnage, d'autres déclarent explicitement que la personne

dans leur dessin n'a pas de genre particulier, et certaines soulignent que, bien que l'ingénierie ait historiquement été dominée par les hommes, la proportion inégale entre hommes et femmes est en évolution, mais que le changement est très lent. Cela montre que ces membres du personnel enseignant sont conscients du déséquilibre de genre en ingénierie qui a longtemps persisté, mais aussi de l'importance de l'inclusion des genres dans la profession et des efforts déployés pour établir un équilibre. Comme l'explique ce membre du corps enseignant en mathématiques :

Je pense pour longtemps, tu penserais, homme, mais de plus en plus je sais avec STIM, il y a toute une promotion pour encourager des femmes à poursuivre des carrières là-dedans, qui ont les mêmes forces. Je sais pas si c'est quelque chose qui est en train de fonctionner ou non. Je pense que oui. Je pense qu'il y en a de plus en plus qui vont là-dedans.

Cela nous amène à croire que le corps enseignant participant envisage la possibilité que toute personne, quel que soit son genre, puisse entrer dans la profession d'ingénierie. C'est un constat agréable, car il est crucial que les personnes qui instruisent les jeunes perçoivent l'ingénierie (et, franchement, toutes les carrières) comme nécessitant une diversité de genres. La même personne enseignante poursuit en expliquant que les personnes offrant des conseils d'orientation évoluent également dans leur discours auprès des élèves : « *Tu sais comme, guidance counselor aurait suggéré quelque, peut-être ça à un homme, plus qu'une femme. Je pense maintenant au secondaire, c'est vu comme ça dépend sur la force de l'élève. C'est moins une question de genre* ». Cela laisse l'impression que l'ensemble du personnel éducatif en milieu scolaire, et pas seulement les personnes enseignantes, reconnaît de plus en plus la nécessité d'une diversité de genres dans les professions d'ingénierie.

Il convient de préciser que, bien que deux personnes spécifient que les dessins représentent des hommes, cela ne signifie pas qu'elles ne croient pas également à l'inclusion des genres dans la profession d'ingénierie. Un enseignant¹⁴ dessine quelqu'un qui ressemble à son père. Ainsi, bien que cela signifie peut-être qu'il associe l'ingénierie aux hommes ou à son père, cela ne veut pas dire qu'il ne croie pas à l'inclusion des genres. On peut en dire autant de la deuxième personne qui dessine un homme. Cette enseignante n'a pas précisé la personne qu'elle visualise, se contentant de répondre simplement : « *c'était des hommes, ceux que je visualisais en ce moment* ».

¹⁴ Un terme genré est utilisé à dessein ici et dans les prochains paragraphes.

Il y a également deux personnes (un homme et une femme) qui dessinent des ingénieures. Cela pourrait être un effort conscient pour placer les femmes au premier plan de l'ingénierie. L'enseignant choisit spécifiquement de dessiner une femme en disant : « *je vais dessiner une femme* ». Cela reflète un effort conscient pour représenter les femmes en tant qu'ingénieures, en tenant compte du contexte actuel et en visant à projeter une profession plus équilibrée et inclusive. L'enseignante ne précise pas explicitement que la personne représentée est une femme, mais elle utilise en continu le pronom « elle » pour la désigner. Cela semble, une fois de plus, relever d'un effort conscient.

Enfin, aucune personne ne mentionne avoir dessiné ou envisagé une personne trans en ingénierie. Cela n'est pas surprenant étant donné que les personnes trans représentent une faible proportion de la société, ce qui rend possible que les personnes participantes ne connaissent aucune personne trans dans leur entourage, et encore moins en ingénierie. Le nombre de spécialistes trans en ingénierie en Ontario reste inconnu, mais il pourrait se situer entre 0 et 10. En effet, selon la recension d'Ingénieurs Canada (2023), sur les 101 247 personnes ayant répondu au sondage en Ontario, 10 ont choisi de s'identifier comme non binaires ou de ne pas préciser leur genre. Il est impossible de déterminer à laquelle de ces deux catégories appartiennent ces personnes.

En résumé, les résultats indiquent que la majorité des membres du personnel enseignant ayant participé à notre étude tend à représenter les spécialistes en ingénierie de manière non genrée, reflétant ainsi souvent leur caractère inclusif et reconnaissant l'évolution historique et actuelle de la diversité des genres dans ce domaine. Les personnes participantes présentent une vision dans laquelle les élèves disposent d'opportunités en ingénierie, quel que soit leur genre.

5.1.6.5. Dessins de personnes connues en ingénierie

Deux personnes participantes se représentent elles-mêmes lorsqu'elles étaient en ingénierie, ce qui signifie que l'ingénierie fait probablement toujours partie de leur identité professionnelle. Trois autres personnes participantes dessinent des personnes qu'elles connaissent, indiquant qu'elles sont inspirées par leur entourage, leur famille ou leurs camarades pour dessiner les spécialistes en ingénierie. Pour une personne, le fait de dessiner son père influence sa perception des personnes en ingénierie. Une autre personne dessine ses deux amis masculins et mentionne que bien que l'ingénierie soit plus vaste que ce qu'elle représente, ses deux amis constituent la base de son dessin.

Pour la majorité des personnes participantes, il n'est pas mentionné que la personne dessinée est quelqu'un qu'elles connaissent, bien que cette question ne soit pas spécifiquement posée. Cela pourrait signifier que le nombre de personnes ayant dessiné des connaissances est plus élevé que les 5 des 14

images rapportées. Toutefois, si les personnes participantes ne représentent pas des spécialistes en ingénierie qu'elles connaissent, cela pourrait indiquer qu'elles ne savent pas vraiment ce que font ces personnes ou qu'elles ne considèrent pas que les postes occupés par les membres de leur famille et leurs camarades soient représentatifs de la profession d'ingénierie.

En ce qui concerne les personnes qui dessinent des individus qu'elles connaissent, ces productions semblent plus personnalisées et détaillées que celles représentant des figures anonymes. Cette tendance peut s'expliquer par le fait qu'une représentation visuelle fondée sur une personne réelle mobilise des souvenirs concrets et des expériences directes, ce qui permet une image plus riche et incarnée. À l'inverse, lorsqu'une personne n'a pas de contact personnel avec quelqu'un en ingénierie, elle s'appuie davantage sur des représentations sociales générales ou stéréotypées, construites à partir de l'imaginaire collectif, des médias ou du discours social ambiant (Moscovici, 1961). Cela illustre bien la manière dont les connaissances de proximité influencent la densité et la fidélité des représentations visuelles.

5.1.6.6. Casque dur comme symbole visuel de l'ingénierie

L'un des éléments visuels les plus fréquemment représentés dans les dessins est le casque dur, présent dans 7 des 12 dessins. Il est intéressant de noter que ce symbole est dessiné aussi bien par des personnes ayant une formation en ingénierie (4 dessins) que par celles qui n'en ont pas (3 dessins), ce qui témoigne de sa puissance évocatrice dans la perception collective de la profession. À ce sujet, une personne enseignante mentionne : « *mais là [...] je sais pas pourquoi, j'ai imaginé quelqu'un avec un chapeau. Je sais pas pourquoi, c'est la première image qui est venue à ma tête aujourd'hui* ». Même dans les cas où les personnes dessinent leur propre image ou celle de personnes qu'elles connaissent (5 de 14 dessins), le casque est présent dans 4 de ces 5 dessins. Cela suggère que l'expérience personnelle avec la profession ne suffit pas à écarter l'influence des symboles culturels associés à l'ingénierie.

Le casque dur semble ancré dans la représentation mentale des personnes participantes, possiblement pour évoquer des notions telles que la sécurité, le travail sur un chantier, la construction, la précision, l'autorité ou la responsabilité. Il agit ici comme une forme d'objectivation au sens de la théorie des représentations sociales (Jodelet, 2003; Moscovici, 1961), en rendant concrets des concepts abstraits comme la compétence ou la responsabilité à travers un objet facilement reconnaissable.

Cette objectivation permet aux personnes participantes de représenter visuellement l'ingénierie, même si leur compréhension de la profession demeure partielle ou influencée par des stéréotypes. Puisque ce symbole est largement utilisé dans les résultats de recherche en ligne ou dans les outils de génération d'images (Figure 11 et Figure 12), il n'est guère surprenant qu'il soit aussi présent dans leurs dessins. Ces

représentations ne traduisent donc pas uniquement des interprétations personnelles, mais reproduisent aussi des images socialement construites et fortement médiatisées de la profession.



Figure 11 – Images de personnes œuvrant en ingénierie provenant de Google Images



Figure 12 – Image d'une personne en ingénierie générée par Chat GPT

Toutefois, cette représentation visuelle souligne également une vision restreinte ou stéréotypée de l'ingénierie. Les rôles liés à l'engagement communautaire, à l'environnement, à l'innovation sociale sont

moins représentés, bien qu'ils fassent pleinement partie de la profession. Cette analyse symbolique met en évidence le double rôle des objets visuels dans la construction des représentations sociales : d'un côté, ils facilitent la mise en image de concepts complexes, mais peuvent aussi devenir normatifs, voire réducteurs. Ainsi, les dessins révèlent à la fois ce que les personnes participantes savent et ce qu'elles pensent savoir ou jugent représentatif de l'ingénierie, en s'appuyant sur les normes sociales dominantes.

5.1.6.7. Significations visuelles des dessins

En plus de l'analyse des symboles récurrents liés à l'ingénierie, certains éléments visuels tels que la position de la personne ingénieure sur la page, l'échelle relative entre les personnes et la technologie et la posture (active ou passive) peuvent également fournir des indices sur les représentations sociales sous-jacentes des personnes participantes. Comme le soulignent Kress et van Leeuwen (2000), la composition d'une image constitue un langage visuel porteur de sens. Ces éléments sont analysés en relation avec des variables démographiques telles que le genre, la formation en ingénierie et les matières enseignées.

5.1.6.7.1. Position centrale des personnes dans les dessins

Dans tous les dessins, la personne œuvrant en ingénierie ou l'élément principal de son action est placé au centre de la page. Ce choix peut s'expliquer en partie par la consigne donnée (« Dessinez une personne qui travaille en ingénierie »), mais il peut aussi refléter une représentation partagée du rôle central que jouent les spécialistes en ingénierie dans leur domaine. Il s'agit moins d'une volonté consciente de souligner cette position que d'un recours à des schémas visuels usuels pour représenter ce que les personnes participantes considèrent comme typique de l'ingénierie. Cette centralité pourrait être interprétée comme une manière implicite de montrer que l'ingénierie est perçue comme une activité centrée sur l'humain, la personne étant considérée comme l'acteur principal du travail d'ingénierie.

Cela dit, certains dessins se démarquent : dans quelques cas, ce sont plutôt les objets techniques (comme des machines ou des constructions) qui occupent le plus d'espace ou attirent le plus l'attention. Pour ces personnes, la technologie occupe la place centrale dans leur représentation de l'ingénierie, tandis que les personnes qui l'utilisent y sont représentées de manière moins dominante.

5.1.6.7.2. Rapport d'échelle : rapports symboliques entre l'humain et la technologie

Deux dessins, réalisés par des femmes (dont l'une formée en ingénierie), montrent des machines de taille disproportionnées par rapport à l'humain. La technologie y domine visuellement la scène, alors que la personne en ingénierie apparaît plus petite. Dans une perspective de représentations sociales, ces choix graphiques peuvent traduire des imaginaires où la technologie est perçue comme puissante, complexe,

voire intimidante. La différence d'échelle devient alors une métaphore visuelle révélant un rapport de distance ou de fascination. Cette mise à distance ne relève pas d'un jugement conscient, mais peut refléter un imaginaire social de l'ingénierie comme domaine exigeant, technique, et parfois perçu comme inaccessible. À l'inverse, la plupart des autres dessins présentent des échelles équilibrées ou centrées sur l'humain. Ces compositions peuvent aussi illustrer une représentation sociale de l'ingénierie en tant que pratique humaine maîtrisée, dans laquelle la personne ingénieure occupe un rôle central et actif.

5.1.6.7.3. Postures actives et passives

Une distinction peut également être observée dans les postures des personnes en ingénierie représentées : active (en action, en interaction avec la technologie), passive (observatrice, immobile) ou un mélange des deux. Parmi les 7 dessins montrant une posture active, 5 sont réalisés par des hommes et 2 par des femmes. Les quatre dessins où la figure humaine est passive sont répartis également entre hommes et femmes. Enfin, une posture mixte est observée dans un dessin d'une femme ayant étudié en ingénierie.

Ces observations pourraient illustrer des représentations genrées intériorisées d'une personne en ingénierie comme figure masculine, active et dominante dans un environnement technique. Cela ne signifie pas que les personnes enseignantes adhèrent consciemment à ces stéréotypes, mais qu'elles puisent dans un répertoire social commun lorsqu'elles traduisent visuellement ce que signifie « faire de l'ingénierie » (Losh et al., 2008).

5.1.6.7.4. Effet de la formation en ingénierie dans la composition des dessins

Les dessins produits par les personnes ayant une formation en ingénierie ne se distinguent pas significativement de ceux des autres personnes participantes. Que ce soit la posture, la mise en page ou l'échelle, leurs choix graphiques s'inscrivent dans les mêmes tendances générales. Cette observation est cohérente avec les travaux de Bakir et Ghandour (2023), qui soulignent que les représentations sociales des spécialistes en ingénierie sont largement influencées par des facteurs culturels et sociaux, et non uniquement par la formation académique. Ainsi, même chez les personnes ayant étudié en génie, les représentations sociales semblent être façonnées par un noyau central culturellement partagé, nourri par l'éducation, les médias et les expériences culturelles et professionnelles. Ce constat suggère que la formation disciplinaire seule ne suffit pas à modifier en profondeur les images mentales associées à l'ingénierie.

Pour offrir une vue d'ensemble des régularités observées, le Tableau 24 synthétise visuellement la fréquence de certaines caractéristiques visuelles identifiées dans les dessins. Bien que chaque dessin traduise une expérience individuelle, ces régularités suggèrent l'existence de schémas partagés dans la manière dont l'ingénierie est imaginée et représentée.

Tableau 24 – Fréquence des éléments visuels observés dans les dessins du DAET

Caractéristique visuelle du dessin	Catégorie	Fréquence (n = 12)
Élément central du dessin	Personne en ingénierie au centre	9
	Technologie mise en avant	0
	Les deux dans l'avant-plan	3
Rapport d'échelle entre humain et technologie	Humain plus grand que la technologie	4
	Technologie plus grande que l'humain	2
	Taille équivalente	3
	Technologie pas présente	3
Posture de la personne représentée	Active	7
	Passive	4
	Une personne active, l'autre passive	1

En gros, l'analyse des éléments visuels présents dans les dessins du DAET — position centrale, rapport d'échelle, posture des figures humaines — met en lumière des schémas récurrents qui témoignent possiblement de représentations sociales partagées de l'ingénierie. Bien que certaines caractéristiques semblent découler directement de la consigne donnée (comme la centralité de la figure humaine), d'autres variations plus subtiles révèlent des rapports différenciés à la technologie, à l'action technique et à la figure des spécialistes en ingénierie. Ces résultats suggèrent que ces personnes enseignantes mobilisent, que ce soit consciemment ou non, un répertoire visuel collectif pour représenter l'ingénierie. L'analyse des dessins met également en évidence plusieurs éléments absents, qui peuvent révéler des limites dans la représentation de l'ingénierie par les personnes participantes.

5.1.6.8. Éléments absents des dessins

Comme exploré précédemment, les dessins réalisés par les personnes participantes représentent souvent des activités liées à la construction, à la réparation ou à la conception. Toutefois, il est tout aussi éclairant d'examiner ce qui ne figure pas dans ces dessins, car les absences peuvent aussi révéler des aspects clés des représentations sociales (Buck et al., 2002; Farland-Smith, 2009) que ces personnes entretiennent à l'égard de l'ingénierie.

De manière générale, les dessins omettent des éléments liés aux dimensions itératives du processus de design, tels que le prototypage, l'expérimentation, l'échec ou le raffinement progressif. Cette omission semble indiquer une objectivation de l'ingénierie centrée sur les résultats finaux, tels que des ponts, des machines et des produits, plutôt que sur les processus qui y mènent. L'absence d'éléments liés à l'itération, à l'essai-erreur ou au développement progressif suggère une représentation de l'ingénierie comme une pratique essentiellement technique et linéaire, plutôt qu'un processus créatif, exploratoire et évolutif.

Par ailleurs, aucun des dessins n'évoque des enjeux concrets liés aux défis sociétaux contemporains, tels que les changements climatiques, l'accessibilité, la santé publique ou la justice sociale. Aucune personne n'est représentée en interaction avec des communautés ou en réponse à des besoins humains spécifiques. L'empathie n'est pas non plus représentée dans les dessins. Cette absence suggère une décontextualisation de l'ingénierie par rapport à son impact social et environnemental. Elle pourrait également refléter une vision technocentrée de la profession, éloignée de l'idée de l'ingénierie comme discipline au service du bien commun.

En matière de collaboration, quelques dessins indiquent une certaine interaction entre les individus (de bulles de dialogue, regard échangé entre deux personnes), ce qui peut laisser entrevoir un caractère collaboratif de la profession. Cependant, ces représentations demeurent peu développées. On note l'absence d'outils ou de contextes explicitement collaboratifs, tels que des tableaux blancs, des logiciels partagés ou des plateformes numériques, ainsi que des environnements de travail modernes comme des laboratoires communs, des espaces flexibles ou des ateliers multidisciplinaires. Cela pourrait refléter une image de l'ingénierie encore centrée sur la figure individuelle, ou du moins, sur une conception plus traditionnelle de la pratique professionnelle.

Bien entendu, il est aussi possible que ces absences soient liées à des considérations pratiques : certaines personnes participantes veulent consacrer le moins de temps possible au dessin afin de passer plus rapidement à l'entretien semi-dirigé, ou encore jugent ces éléments trop complexes à représenter. Néanmoins, dans une perspective de représentations sociales, ces choix, qu'ils soient conscients ou non, reflètent ce que les personnes participantes considèrent saillant ou significatif lorsqu'on leur demande de représenter l'ingénierie. Ainsi, les absences ne sont pas anodines : elles peuvent illustrer les limites du champ représenté et, par extension, les contours de la représentation sociale partagée.

Après avoir examiné les dessins produits par les personnes participantes et ce qu'ils révèlent – tant par ce qu'ils montrent que par ce qu'ils omettent – il est maintenant pertinent de se pencher sur la manière

dont ces mêmes personnes définissent explicitement l'ingénierie. Cette exploration permet d'approfondir la compréhension de leurs représentations sociales en confrontant les éléments visuels aux discours verbaux recueillis lors des entretiens.

5.2. Définir l'ingénierie

Lorsqu'il s'agit de définir l'ingénierie, les personnes participantes fournissent des réponses variées. Comme le reflètent les écrits sur la nature de l'ingénierie en contexte scolaire (Brophy et al., 2008; Chou & Chen, 2017; Cunningham & Kelly, 2017; Karatas et al., 2011; National Research Council, 2012; Pleasants & Olson, 2019), certaines personnes participantes donnent une simple phrase pour expliquer la profession, d'autres donnent des réponses détaillées avec des exemples, et une personne choisit de réfléchir à haute voix au sujet des individus qui poursuivent des carrières en ingénierie et aux réalisations de la profession, en reconnaissant les différents types d'ingénierie. À partir des entretiens, nous cernons certains thèmes récurrents, notamment la résolution de problèmes, l'application des sciences et des mathématiques, la conception et le design, les résultats économiques et pratiques, l'innovation, la technologie et les différents domaines de l'ingénierie. Nous examinons maintenant en détail chacun des thèmes. Il est à noter que 15 personnes sur les 16 fournissent une réponse à cette question.

Bien qu'aucune définition unique de l'ingénierie n'émerge, une certaine cohérence se dégage quant à la compréhension du travail en ingénierie. Cette diversité d'interprétations est également présente dans la littérature (Capobianco et al., 2011; Chou & Chen, 2017; Cunningham et al., 2006; Karatas et al., 2011; Pleasants & Olson, 2019). Karatas et al. (2011) identifient des caractéristiques clés de l'ingénierie qui peuvent éclairer la lecture du présent chapitre. Selon ces universitaires, l'ingénierie consiste à concevoir des produits et des systèmes, en s'appuyant sur des principes scientifiques et mathématiques. Elle est influencée par les normes culturelles et les besoins de la société, repose sur un processus de résolution de problèmes itératif et collaboratif et mobilise la créativité et l'imagination. Elle exige aussi une considération des produits, des personnes usagères, de l'environnement, de la société et de la culture dans leur ensemble.

Dans cette optique, bien que nous ne cherchions pas à faire ressortir une définition universelle de l'ingénierie lors des entretiens, il y a eu une certaine cohérence dans la conception des personnes participantes de ce qu'est le travail en ingénierie. La moitié des personnes ($n = 8$) mentionne ou fait référence à la résolution de problèmes. Ceci est le thème qui revient le plus souvent lors des entretiens avec les personnes participantes. Certaines personnes déclarent simplement : « *En une phrase, je dirais : c'est résoudre un problème* ». D'autres développent leur définition de la profession. Par exemple, Maya dit :

« *Je pense que tous les ingénieur.e.s ont en commun d'exercer une profession où les gens doivent répondre à un problème par une sorte de solution, où l'on utilise beaucoup la pensée logique, la pensée critique pour créer souvent un produit* ». Donc ici elle associe aussi la résolution de problèmes avec des habiletés telles que la pensée critique. Léa place également la résolution de problèmes au premier plan de sa définition de l'ingénierie, en associant la profession du travail de son conjoint :

Si je pense à mon mari spécifiquement, c'est sa job. Sa job c'est toujours de s'assurer si y a un problème, de le résoudre. Si y ont besoin de partir une nouvelle mine, mais comment est-ce qu'on peut faire ceci et comment le faire de la façon la plus efficace possible. C'est toujours de résoudre des problèmes, de créer des nouvelles choses, d'améliorer les choses.

Une personne enseignante, Nathan, lie l'idée de la résolution de problèmes à un deuxième thème, dont les connaissances en sciences et en mathématiques :

L'ingénierie elle-même, d'après moi, je ne dirais pas la science parce que c'est plutôt la base, mais plutôt c'est le résultat de la science qui tente de résoudre des problèmes et d'inventer des dispositifs ou des solutions à des problèmes concrets, des problèmes physiques, chimiques, concrets plutôt.

Il récapitule en disant : « *L'ingénierie, pour moi, c'est l'application des connaissances scientifiques dans un contexte où tu veux accomplir un but spécifique puis résoudre un problème* ». Une autre personne, Ali, a rajouté l'aspect de la technologie en disant que c'est « *l'application de [...] maths et sciences et tech vers la résolution d'un problème quelconque* ».

Avant de donner sa définition de l'ingénierie, Émilie explique qu'il doit sûrement exister une définition spécifique de l'ingénierie qu'elle ne connaît pas, et explique ce qu'est l'ingénierie selon elle, telle que mentionnée dans cette citation : « *il y a sûrement comme une définition que je ne connais pas, mais le travail en ingénierie, ça serait l'utilisation des connaissances de sciences pour avoir un but spécifique* ». Cette personne a également fourni un exemple du travail fait par une personne œuvrant en ingénierie : « *Par exemple, je vais utiliser mes connaissances en chimie pour pouvoir extraire un métal d'un minerai* ». En somme, quatre personnes font mention du thème de connaissances en sciences et mathématiques dans leur définition de l'ingénierie.

Le troisième thème qu'on aborde dans certaines définitions (n = 6) est à l'effet de concevoir des prototypes, de créer des choses et d'innover de nouveaux produits ou services. Comme le déclare Mariam, la profession est directement liée au processus de design : « *En fait, je pense, pour moi, ce qui définit cette profession-là, c'est vraiment le cycle de design* ». Elle continue en expliquant que les personnes en

ingénierie étudient, observent, posent des questions, font des recherches, proposent des idées, puis essayent de créer des prototypes, pour ensuite les tester et les évaluer. Elle explique qu'il faut parfois recommencer, mais que c'est important pour continuer à faire avancer la solution et l'améliorer, en affirmant que : « *juste parce qu'on a créé quelque chose de bien, ça veut pas dire que c'est quelque chose qui peut pas être amélioré vu que la société évolue en tout temps* », ce qui met en lumière l'idée d'une amélioration continue des solutions.

Certaines personnes participantes (n = 3) associent l'ingénierie à un quatrième thème : la production de biens, de services et de technologies au service de la société. Comme l'indique précédemment Maya lorsqu'elle déclare que l'ingénierie implique la résolution de problèmes pour créer un produit, Émilie déclare à son tour :

Il y a toujours un objectif économique là-dedans. On veut vendre quelque chose, soit c'est un produit, comme par exemple, un software pour faire un travail, un service pour prêter un service, ou c'est un produit final qu'on veut vendre à une autre usine ou dans un magasin ou quoi que ce soit.

Un cinquième thème qu'aborde deux personnes est celui de l'innovation. Frédéric explique :

Le rôle d'un ingénieur c'est de faire les modifications à des choses ou d'inventer des nouvelles choses, mais il y a l'aspect de tester cela et voir comment ça fonctionne, puis de faire les ajustements pour que le produit soit efficace.

Le sixième thème, la technologie, est également soulevé dans deux définitions. Pour Ali, les connaissances en technologies sont importantes pour travailler sur des problèmes de l'ingénierie. Pamela, à son tour, associe directement l'ingénierie à la technologie et à la programmation. Elle est honnête, car elle avoue ne pas savoir définir l'ingénierie en expliquant : « *Ah, pour moi, l'ingénierie c'est vraiment vague parce que pour moi j'ai fait (des études) plutôt en biologie et chimie. Je touche pas vraiment physique et programming et informatique. Et d'après moi, ça c'est vraiment l'ingénierie, tout ce qui est comme technologie est le monde, le futur du monde* ».

Enfin, un dernier thème est celui des disciplines de l'ingénierie (n = 2). Frédéric commence sa définition de l'ingénierie en faisant référence à quelques disciplines de l'ingénierie :

Je sais que y a différents domaines d'ingénierie. Je reconnais qui a génie physique, comme vraiment, comme physique. So pour moi, je vois ça comme génie mécanique, comme les machines, comme des, que ce soit des poulies, des cranes, les automobiles, des choses qui comme qui ont un mouvement. Je vois comme l'ingénierie électrique, so évidemment tu travailles avec, comme les fils électriques comme

genre électricien. Génie civil c'est comme, moins familier pour moi, mais je sais que c'est comme, un peu comme urban training, puis on va dire la construction des ponts, des édifices, des choses de même. Puis évidemment, il y a un lien là-dedans avec un architecte, parce qu'il y a évidemment des ingénieurs là-dedans, qui doivent s'assurer, comme tu sais, les poutres qui sont bien placées, les bonnes longueurs, bonnes épaisseurs.

Bien que plusieurs thèmes différents soient abordés (nous en identifions sept), l'idée soulevée le plus souvent est que l'ingénierie est une profession qui implique la résolution de problèmes. Pour certaines personnes, cela implique l'utilisation de connaissances et de compétences en mathématiques et en sciences. Le fait que les spécialistes en ingénierie soient impliqués dans la conception de solutions revient aussi souvent dans les réponses, alors que certaines personnes participantes font référence au processus de design et au caractère itératif du processus.

5.2.1. Différences démographiques dans la définition de l'ingénierie

Pendant l'étude, nous recueillons certaines informations sur les personnes participantes, notamment si elles ont déjà suivi des cours de l'ingénierie au niveau postsecondaire, leur genre, leurs années d'expérience en enseignement, ainsi que les matières qu'elles enseignent. Nous nous penchons maintenant sur chacune de ces variables pour explorer s'il y a des différences entre les réponses des différents groupes quant à la définition de l'ingénierie. Bien que l'échantillon soit restreint et que l'objectif ne soit pas de tirer des conclusions généralisables, certaines tendances ou résonances entre profils nous permettent de nuancer l'analyse.

Pour amorcer cette analyse, une carte thermique (Figure 13) illustre la répartition des thèmes clés liés à l'ingénierie entre les différents groupes démographiques. Chaque ligne représente un thème spécifique (comme la résolution de problèmes), tandis que chaque colonne correspond à un groupe démographique (comme les personnes ayant suivi ou non des cours de génie, le genre, les années d'expérience en enseignement et les matières enseignées). Les teintes plus foncées indiquent des valeurs plus élevées, mettant en évidence les thèmes les plus valorisés. Par exemple, la résolution de problèmes est systématiquement reconnue comme importante dans tous les groupes, tandis que des catégories comme l'innovation et la technologie reçoivent peu d'attention, sauf dans certains cas particuliers.

Afin de comparer équitablement toutes les catégories, les données sont exprimées en fractions. Puisque le nombre de personnes participantes varie d'un groupe à l'autre, utiliser des fréquences brutes ne donnerait pas une comparaison équitable. L'utilisation de fractions permet ainsi de mieux visualiser les

tendances et d'établir des comparaisons pertinentes entre les différents groupes. Ce visuel offre donc une vue d'ensemble rapide et comparative des réponses des différents groupes démographiques.

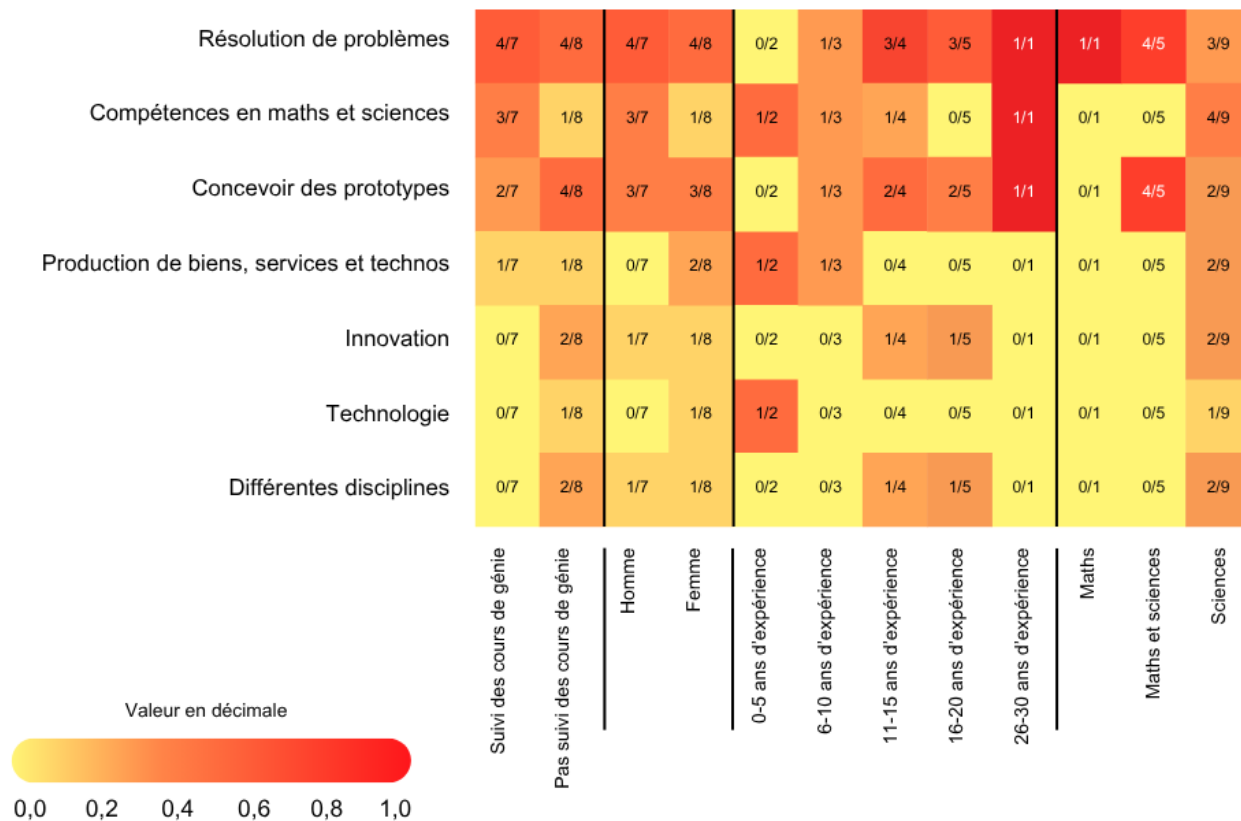


Figure 13 – Carte thermique de la définition de l'ingénierie selon différents groupes démographiques

Les résultats présentés dans cette carte thermique montrent que la résolution de problèmes est un thème qui transcende les groupes démographiques, étant fréquemment mentionné. Cette récurrence suggère que cette compétence est perçue comme une caractéristique essentielle de l'ingénierie ou le noyau central, indépendamment des différences d'expérience, de genre ou d'exposition préalable à l'ingénierie. En revanche, des thèmes comme l'innovation et la technologie apparaissent de manière plus sporadique, ce qui indique une variabilité dans l'importance perçue selon les groupes. Ces résultats mettent en lumière les perceptions communes et distinctives de l'ingénierie parmi les personnes participantes.

Pour appuyer cette exploration plus approfondie, le Tableau 25 synthétise les principales tendances observées dans les définitions de l'ingénierie selon les différents profils démographiques. Il met en évidence les points de convergence et de divergence entre les groupes. Cette synthèse vise à montrer

comment certaines formations, expériences ou contextes d'enseignement peuvent façonner les conceptions de l'ingénierie exprimées par les personnes participantes.

Tableau 25 – Résumé des différences dans les définitions de l'ingénierie selon les profils démographiques

Catégorie	Observations principales
Formation en ingénierie	- Les personnes ayant une formation en ingénierie offrent des définitions plus techniques, axées sur la résolution de problèmes et l'application des sciences. - Les personnes sans formation mettent l'accent sur l'innovation, le design et la technologie.
Genre	- Peu de différences notables entre les hommes et les femmes. - La résolution de problèmes et le design sont évoqués par les deux groupes. - Seules les femmes mentionnent la production de biens et la technologie.
Années d'expérience	- Les différences sont mineures. - Les personnes ayant plus d'expérience mentionnent davantage la résolution de problèmes. - Le design est absent chez les personnes moins expérimentées.
Matières enseignées	- Les personnes enseignantes de mathématiques et de sciences se réfèrent plus fréquemment à la résolution de problèmes et au design. - Seules les personnes enseignantes de sciences mentionnent l'application des sciences et des mathématiques.

Après avoir examiné les variations dans les définitions de l'ingénierie en fonction de certaines variables démographiques, il importe d'approfondir la signification de ces définitions. Quelles conceptions de l'ingénierie se dégagent des propos des personnes participantes? Que révèlent-elles sur leurs représentations sociales de cette discipline? La section suivante propose une analyse qualitative de ces définitions en mobilisant les cadres conceptuels du design et des représentations sociales.

5.2.2. *Interprétation de la définition de l'ingénierie*

Les définitions partagées par les personnes participantes révèlent des conceptions multifacettes de l'ingénierie. Certaines définitions sont concises et centrées sur la résolution de problèmes, tandis que d'autres intègrent plusieurs dimensions de la profession, comme l'utilisation des connaissances en sciences, en mathématiques et en technologie, ainsi que l'implication dans un processus de design. En lien avec les représentations sociales, la résolution de problèmes semble constituer un élément central (ou

noyau central selon Abric, 1994) de l'ingénierie, tandis que d'autres éléments, tels que le design ou l'application des connaissances scientifiques, apparaissent davantage comme périphériques.

Certaines personnes participantes s'appuient sur des expériences personnelles ou relationnelles pour formuler leur définition. Par exemple, une personne participante mentionne qu'elle s'inspire de la profession de son conjoint, tandis que d'autres se réfèrent à leur propre expérience professionnelle en ingénierie pour la définir¹⁵. Ces exemples illustrent comment les représentations de l'ingénierie peuvent être façonnées par des contextes personnels ou professionnels.

Nous observons également une diversité dans les façons de formuler la définition. Par exemple, une personne associe l'ingénierie presque exclusivement à la technologie et revient à cette idée tout au long de son entretien. Ce constat ne nous surprend pas totalement, car beaucoup confondent souvent l'ingénierie avec la technologie (Sadiku et al., 2015). Étant donné que cette personne n'a jamais suivi de cours de l'ingénierie au postsecondaire et est toujours aux études, elle pourrait représenter certaines personnes étudiantes actuelles du programme de formation à l'enseignement en Ontario. Cela nous amène à penser que l'ingénierie n'est peut-être pas intégrée de manière adéquate dans la première année de ce programme. Avec l'intégration croissante du codage et du processus de design dans les programmes-cadres du secondaire en sciences et en mathématiques, cette lacune devrait être corrigée. Le programme de formation à l'enseignement devrait préparer les futures personnes enseignantes francophones en Ontario à intégrer toutes les disciplines STIM, et non seulement les sciences, la technologie et les mathématiques étant donné la réalité de l'enseignement qui devient de plus en plus interdisciplinaire dans les écoles secondaires. Bien sûr, le corps étudiant peut potentiellement explorer davantage cet aspect au cours de sa deuxième année du programme de formation à l'enseignement et la formation en enseignement varie d'une université à l'autre, mais la notion d'intégration de l'ingénierie reste la même, et elle devrait être rendue explicite dans le programme de formation à l'enseignement. C'est important étant donné que la plupart des gens qui se dirigent en enseignement n'ont pas de formation en ingénierie (Banilower et al., 2013).

¹⁵ Nous reconnaissons que la majorité des personnes enseignantes de sciences et de mathématiques n'ont pas de formation en ingénierie (Banilower et al., 2013), ce qui limite la possibilité que tout le monde puisse se baser sur une expérience personnelle dans ce domaine. Par ailleurs, notre étude présente un biais, car un nombre disproportionné de personnes participantes ayant une formation en ingénierie manifeste un intérêt à y participer, ce qui ne reflète pas nécessairement la composition typique du corps enseignant.

Certaines réponses témoignent d'une réflexion approfondie sur la nature de l'ingénierie. Par exemple, une personne souligne qu'il n'existe peut-être pas de définition unique, ce qui reflète une reconnaissance de la complexité et de la diversité du domaine. Cette posture témoigne d'une ouverture à la pluralité des interprétations, ce qui est particulièrement pertinent dans le cadre de l'enseignement au palier secondaire.

En ce qui concerne les profils démographiques, les personnes ayant suivi des cours en ingénierie tendent à mobiliser un éventail plus large d'éléments pour définir l'ingénierie. Cela pourrait s'expliquer par une familiarité accrue avec le domaine. Toutefois, cette tendance ne s'observe pas de manière systématique : certaines personnes n'ayant pas de formation en ingénierie proposent également des représentations nuancées, alors que d'autres, malgré une formation technique, formulent des définitions plus générales. Cela suggère que les expériences antérieures, bien qu'influentes, ne déterminent pas à elles seules la richesse ou la précision des représentations. Aucune différence marquée n'a été observée selon le genre des personnes participantes. Pour ce qui est de l'expérience en enseignement, les représentations varient sans qu'une tendance claire ne se dégage. Certaines personnes qui sont en début de carrière proposent des visions plus limitées à comparer à celles avec de l'expérience en enseignement, tandis que d'autres, plus expérimentées, apportent des perspectives détaillées – mais l'inverse est aussi vrai dans certains cas.

La discipline enseignée semble toutefois jouer un rôle. Les personnes enseignantes de sciences sont plus enclines à considérer l'ingénierie comme l'application des sciences et des mathématiques, contrairement aux membres du personnel enseignant de mathématiques. Cela est aussi vrai pour le processus de design. Tandis que certaines personnes enseignantes de sciences font référence au processus de design dans leurs définitions de l'ingénierie, les personnes enseignantes de mathématiques ne le font pas. Bien que l'échantillon des personnes enseignantes de mathématiques soit petit ($n = 2$), cette observation pourrait indiquer que ces personnes enseignantes de sciences ont appris le processus de design avec le nouveau programme-cadre et l'associe à l'ingénierie. Un élément commun entre les personnes enseignantes de mathématiques et de sciences est la résolution de problèmes. Cela s'explique probablement par le fait que cette compétence essentielle est abordée dans les deux matières scolaires.

En conclusion, bien que l'échantillon soit restreint, l'analyse révèle une diversité de représentations de l'ingénierie, influencées par les parcours personnels, professionnels et disciplinaires des personnes participantes. Ces représentations offrent un éclairage précieux pour mieux comprendre comment l'ingénierie est perçue, et elles soulignent l'importance d'un soutien accru à l'intégration explicite de cette discipline dans la formation initiale à l'enseignement.

5.2.3. Comparaison entre les dessins et les définitions de l'ingénierie

La comparaison entre les dessins réalisés par les personnes participantes et leurs définitions verbales de l'ingénierie révèle des décalages intéressants. Bien que les définitions soient souvent plus abstraites et riches sur le plan conceptuel, les dessins ont tendance à représenter l'ingénierie de manière plus concrète, visible et stéréotypée. Par exemple, 8 personnes participantes définissent l'ingénierie en matière de résolution de problèmes, mais seulement 4 dessins représentent visuellement cet aspect ou en font mention en discutant de leur dessin. Ce décalage peut refléter une dissonance entre la compréhension conceptuelle et la représentation visuelle, possiblement influencée par des images culturelles dominantes de la profession.

De manière similaire, les mathématiques et les sciences sont mentionnées dans quatre définitions, mais pratiquement absentes des dessins (un seul inclut des chiffres). À l'inverse, la technologie est plus présente dans les dessins ($n = 6$) que dans les définitions ($n = 1$), ce qui laisse croire que certains éléments sont plus facilement visibles que d'autres. Ces contrastes révèlent les différentes contraintes et possibilités qu'offrent les modes d'expression visuel et verbal. Ils illustrent également comment les représentations sociales, au sens de Moscovici (1961), influencent la manière dont les individus traduisent des concepts abstraits dans des formes symboliques plus familières et accessibles.

Ces constats sont résumés dans le Tableau 26, qui met en parallèle la fréquence d'apparition de certains thèmes dans les dessins et dans les définitions verbales. Il permet de mieux visualiser les convergences partielles et les écarts notables entre les deux modes d'expression. Il est à noter que ce tableau présente la fréquence d'apparition de certains thèmes dans les dessins et les définitions de l'ingénierie recueillis lors de l'étude. La colonne « Fréquence dans les deux » indique les cas où un même thème apparaît à la fois dans le dessin et dans la définition d'une même personne participante.

Tableau 26 – Comparaison de la fréquence des thèmes dans les dessins et les définitions de l'ingénierie

Catégorie	Thème	Dessins	Définitions	Présents dans les deux	Observations
Compétences cognitives et processus	Résolution de problèmes	4	8	3	Thème plus fréquent dans les définitions, suggérant une conceptualisation plus abstraite que visuelle.
	Design	11	6	3	Illustré de manière concrète dans les dessins et aussi évoqué dans les définitions.
	Innovation	3	2	0	Thème peu abordé, ce qui peut refléter une vision plus conservatrice de l'ingénierie.
Savoirs disciplinaires	Mathématiques et sciences	1	4	1	Peu représentées visuellement, possiblement en raison de leur abstraction ou pour éviter la confusion entre les STIM.
	Disciplines du génie	9	2	2	Diversité représentée dans les dessins, les définitions demeurant plus générales.
Outils et productions	Utilisation de la technologie	6	1	0	Forte présence symbolique dans les dessins; peu explicitée dans les définitions, ce qui suggère une forte charge symbolique de la technologie.
	Construction	10	0	0	Représentation centrée sur les résultats concrets, absente des définitions.
Aspects organisationnels et sociaux	Gestion de projet	6	0	0	Présente dans plusieurs dessins, mais absente des définitions. Elle est toutefois évoquée dans le rôle de l'ingénierie dans la société.
	Collaboration	4	0	1	Parfois présentes visuellement, presque absentes les définitions, mais mentionnées parmi les compétences importantes pour se diriger en ingénierie.

Cette organisation thématique révèle un décalage entre les aspects concrets et matériels, souvent illustrés dans les dessins (par exemple, la construction et les outils technologiques), et les dimensions cognitives ou abstraites (par exemple, la résolution de problèmes et les mathématiques), davantage exprimées dans les définitions écrites. Elle confirme l'idée que les représentations sociales de l'ingénierie combinent à la fois des éléments symboliques concrets et des éléments conceptuels plus diffus.

Après avoir examiné les représentations qu'ont les personnes participantes de l'ingénierie à travers leurs dessins et définitions, il est pertinent de s'attarder à la place qu'elles accordent à cette discipline dans la société. En effet, les représentations sociales ne se limitent pas à des caractéristiques techniques ou professionnelles ; elles s'inscrivent également dans une vision plus large du rôle que joue une profession dans le tissu social.

5.3. Rôle de l'ingénierie dans la société

Lors des entrevues, les personnes participantes sont invitées à se prononcer sur le rôle de l'ingénierie dans la société. Neuf des quinze personnes qui répondent à cette question identifient comme premier thème le fait que les spécialistes en ingénierie ont pour rôle d'améliorer nos vies. Tel qu'est expliqué par Jules :

C'est énorme, en fait, tout ce qu'on a, tout ce qu'on utilise, qui est viable, qui est optimisé, il y a eu des ingénieur.e.s qui ont eu leur mot à dire là-dedans. Si c'est pas eux qui ont eu l'idée en premier, ah ! Le monde serait absolument différent de ce qu'on connaît s'il y avait pas d'ingénierie.

Une autre personne, Frédéric, explique que les spécialistes en ingénierie aident à « résoudre des problèmes de la société pour rendre les choses plus efficaces et améliorer notre vie, que ce soit au niveau du transport, au niveau des matériaux, au niveau biologique, médical, tout ça ». Ali le résume bien en disant : « C'est nécessaire pour faire fonctionner le monde ».

Une personne participante observe, en regardant sa piscine, les briques de sa maison et son patio, que l'ingénierie est partout dans nos vies, bien que souvent inaperçue. Elle exprime également comment l'ingénierie a évolué, en citant Ada Lovelace comme un exemple : « Le domaine de génie, il y a peut-être 100 ans, n'incluait pas les ordinateurs. Bien, sauf pour Ada Lovelace qui a fait son premier codage il y a une centaine d'années-là ». Elle explique qu'il y a longtemps, on parlait de Lovelace :

Comme mathématicienne à ce moment-là, parce que ça faisait partie de régularités dans les nombres. Puis par la suite, on est venu à définir ça comme le codage, puis la pionnière en codage. Puis là on

réalise que oh mais le codage, c'est de l'ingénierie informatique. Tu sais, c'est vraiment puissant puis c'est partout puis c'est essentiel. Puis c'est ça, tant qu'on innove, on avance.

Cette citation met en relief le rôle de l'ingénierie dans l'innovation et le progrès. Un nombre égal de personnes (neuf) déclare un deuxième thème, qui est que l'ingénierie est une profession visant à trouver des solutions efficaces aux problèmes sociétaux. Une personne, Jade, explique que l'ingénierie est omniprésente : « *On est en plein dedans [...]. Si y a pas d'ingénierie, on va revenir à l'âge des pierres* ». Jade rappelle que les ordinateurs, les voitures et les bâtiments sont le fruit du travail des personnes œuvrant en ingénierie. Ali mentionne également que les spécialistes en ingénierie participent au design automobile, en particulier en matière de sécurité. À son tour, Nour explique que l'ingénierie consiste à trouver des solutions aux problèmes sociétaux en identifiant les besoins des gens et en y répondant. Cela peut aller de la conception d'environnements de travail ergonomiques et du développement d'applications nécessaires à la réparation d'objets cassés et à la production de composés chimiques dans les laboratoires. Les personnes en ingénierie fournissent des solutions à nos divers besoins sociétaux.

Deux personnes révèlent également un troisième thème, étant que l'ingénierie est essentielle pour lier les sciences à la société. Comme l'explique Elie :

Le rôle de l'ingénierie, c'est de prendre le travail théorique, la recherche [...] qui se fait dans les laboratoires, qui se fait dans les universités, qui se fait partout, mais qui n'est pas nécessairement utilisable à une échelle sociétale. De prendre ce travail-là et de déterminer comment l'amener du laboratoire, disons, à dans les mains d'une personne qui peut réellement l'utiliser. Le rôle d'un ingénieur, c'est de prendre la théorie et de l'appliquer au monde réel et de la mettre dans les mains de la société pour le bénéfice global de la société.

Finalement, quelques autres points sont mentionnés. Deux personnes disent que l'ingénierie concerne la réalisation de profits. Léa souligne que l'ingénierie ne consiste pas seulement à accomplir des tâches, mais également à produire de la valeur économique. Une troisième personne mentionne : « *Ben je pense que c'est un rôle important, en termes de c'est quelqu'un qui aurait les connaissances pour mettre en place des projets* » sans donner plus de détails, ce qui est associé à la réalisation de projets. Une quatrième personne compare aussi l'ingénierie à la programmation de robots, soulignant que l'ingénierie est essentielle pour permettre aux robots d'accomplir diverses tâches.

En gros, les personnes participantes soulèvent l'importance de l'ingénierie pour faire avancer la société et pour résoudre les problèmes qui existent dans nos communautés. Dans la prochaine section, nous explorons l'existence ou non des différences entre les groupes démographiques.

5.3.1. Différences démographiques dans les représentations du rôle de l'ingénierie

Compte tenu des informations partagées concernant l'impact des spécialistes en ingénierie sur la société, nous souhaitons explorer les différences potentielles entre les groupes démographiques. Cette analyse inclut notamment les personnes participantes ayant un parcours en ingénierie, ainsi que des variables telles que le genre, les années d'expérience en enseignement et les matières enseignées.

La carte thermique présentée à la Figure 14 met en évidence le niveau de récurrence des thèmes parmi ces différents groupes démographiques, tels que l'amélioration de la qualité de vie et la recherche de solutions pratiques, qui se distinguent par des teintes plus foncées dans le visuel. Les thèmes moins récurrents, tels que la programmation de robots et la mise en place de projets sont présentés avec des teintes moins foncées.

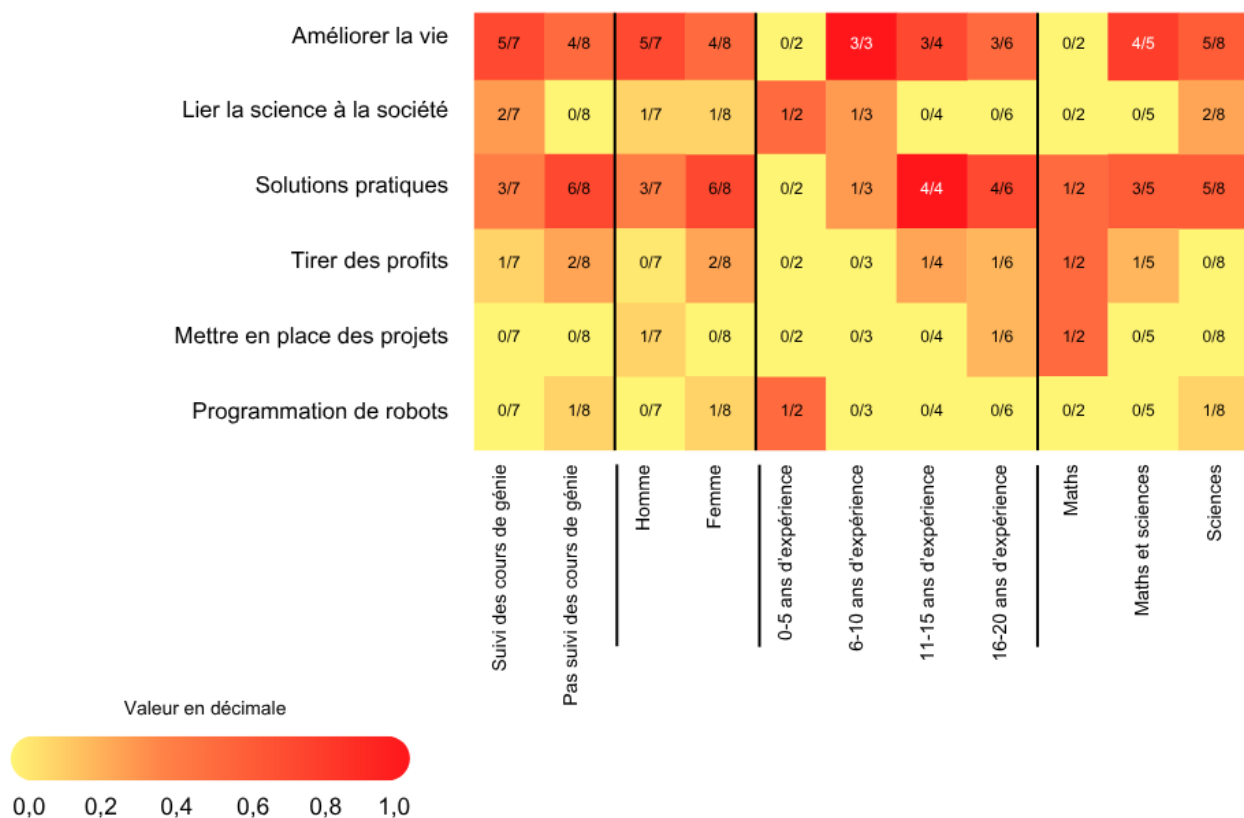


Figure 14 – Carte thermique du rôle de l'ingénierie selon différents groupes démographiques

La carte thermique indique que, dans la majorité des groupes démographiques, les personnes enseignantes reconnaissent que l'ingénierie a pour principal objectif d'améliorer la vie des gens, et, dans une moindre mesure, de proposer des solutions pratiques à des problèmes. Pour appuyer cette exploration plus approfondie, le Tableau 27 présente une synthèse des principales tendances observées du rôle de l'ingénierie en fonction de différents profils démographiques. Cette analyse permet de dégager certaines régularités, tout en reconnaissant la diversité des perspectives individuelles. Elle suggère notamment que l'expérience en ingénierie formelle tend à orienter la perception vers l'amélioration de la qualité de vie, tandis que d'autres trajectoires ou contextes d'enseignement amènent à insister davantage sur la résolution pratique de problèmes. Ces observations permettent de mieux comprendre comment les parcours professionnels et les cadres de référence façonnent les représentations de l'ingénierie.

Tableau 27 – Résumé des différences dans les rôles de l'ingénierie dans la société selon les profils démographiques

Catégorie	Observations principales
Formation en ingénierie	• Les personnes ayant une formation en ingénierie ont tendance à concevoir cette discipline comme un moyen d'améliorer la qualité de vie. • Celles sans formation insistent davantage sur la recherche de solutions pratiques. Quelques références aux aspects techniques (p. ex. : robots) et organisationnels (p. ex. : mise en place de projets) émergent. • Les deux visions apparaissent complémentaires, bien qu'influencées par le parcours académique.
Genre	• Les hommes évoquent plus fréquemment l'amélioration de la qualité de vie. • Les femmes mettent l'accent sur la résolution de problèmes concrets et sont les seules à associer l'ingénierie à des bénéfices économiques ou à des technologies spécifiques. • Les différences observées ne forment pas de tendances rigides, mais traduisent certaines sensibilités distinctes.
Années d'expérience	• Moins de 5 ans : réponses variées et individuelles (robots, application des sciences). • 6 à 10 ans : accent sur l'amélioration de la vie, parfois accompagné de solutions pratiques. • 11 à 20 ans : accent marqué sur les solutions pratiques, avec apparition de considérations économiques (profits). • Les conceptions se raffinent avec l'expérience et tendent vers une vision plus intégrée de l'ingénierie.
Matières enseignées	• Personnes enseignant les mathématiques : vision orientée vers les projets et les aspects économiques. • Personnes enseignant les sciences et les mathématiques : forte présence de la notion d'amélioration de la vie, avec des solutions pratiques. • Personnes enseignant les sciences seulement : grande diversité des conceptions, intégrant la dimension sociale des sciences et de la technologie (robots, lien sciences-société). • Les disciplines enseignées semblent influencer les points de référence pour définir le rôle sociétal de l'ingénierie.

L'ensemble de ces constats met en lumière la manière dont les caractéristiques personnelles et professionnelles des personnes enseignantes façonnent leurs conceptions des rôles que joue l'ingénierie dans la société. Ces représentations, bien que parfois fragmentaires, reflètent des sensibilités variées, influencées par la formation, l'expérience, le genre et la discipline enseignée. Elles témoignent aussi d'un

certain degré d'appropriation du concept d'ingénierie, notamment à travers les liens établis avec la qualité de vie, les solutions concrètes ou les considérations économiques.

5.3.2. *Interprétation de l'impact de l'ingénierie sur la société*

Lors des entrevues, les personnes participantes soulignent fréquemment que l'ingénierie a pour finalité d'améliorer la vie des gens, en évoquant des exemples allant des objets du quotidien (voitures, ordinateurs) aux dispositifs médicaux et aux applications biologiques. Étant donné que la plupart des personnes enseignantes ont pu définir la profession d'ingénierie, il n'est pas surprenant qu'elles reconnaissent également l'impact de cette profession sur la société.

Nous notons également l'avis de quelques personnes qui soulignent l'importance de lier l'ingénierie à l'application des sciences dans la société, en donnant ainsi vie à la science. Cette perspective enrichit notre réflexion et présente des implications significatives pour la salle de classe. Perçue comme un moyen de rendre les sciences plus concrètes, l'ingénierie est positivement représentée par ces personnes enseignantes, ce qui, selon Moscovici (2004), pourrait encourager son intégration dans l'enseignement.

Il convient de noter qu'une personne considère l'ingénierie essentielle à la création de robots accomplissant diverses tâches, sans vraiment expliquer leur importance ou leur utilité sociale. Il est à noter que cette personne participante assimile l'ingénierie à la technologie, plus précisément à la programmation. Il n'est donc pas surprenant que le lien entre la programmation et les robots soit fait, mais cela reflète une vision très étroite de l'impact de l'ingénierie. Cette réponse pourrait aussi s'expliquer par la présence de plus en plus répandue des robots dans la société et dans les médias.

En ce qui concerne les différences démographiques, en analysant les représentations des personnes ayant suivi des cours d'ingénierie par rapport à celles qui ne l'ont pas fait, nous pouvons noter quelques tendances. Puisque 4 des 7 personnes participantes formées en ingénierie estiment que cette discipline améliore la vie des gens, il est possible que cela découle de leur engagement dans des projets d'ingénierie au postsecondaire. Ces projets, visant à améliorer le quotidien des gens, incitent les personnes participantes à résoudre des problèmes sociaux, ce qui leur permet d'expérimenter concrètement l'application de l'ingénierie dans un contexte sociétal.

Si nous évaluons la perception que l'ingénierie est une façon de fournir des solutions pratiques aux problèmes quotidiens, les membres du personnel enseignant sans formation en ingénierie peuvent faire cette même association, car ils se concentrent sur les avantages immédiats de l'ingénierie, qui est de résoudre des problèmes de tous les jours. Cela pourrait être influencé par leur représentation de

l'ingénierie, leur expérience avec le processus de design dans les cours de sciences et l'utilisation des produits des conceptions d'ingénierie (comme les bâtiments, les routes, la technologie, etc.). La personne qui souligne l'aspect économique de l'ingénierie tire certainement de son expérience professionnelle en tant que spécialiste en ingénierie.

Bien qu'il y ait deux thèmes majeurs pour le rôle de l'ingénierie dans la société que sont l'amélioration de la vie et les solutions pratiques, ces représentations sont complémentaires et offrent une compréhension holistique de l'impact de l'ingénierie sur la société.

5.4. Personnes qui devraient étudier en ingénierie

Afin de continuer à explorer les représentations sociales du personnel enseignant sur l'ingénierie, les personnes participantes sont interrogées sur les profils les mieux adaptés pour étudier et travailler dans ce domaine. Quatre thèmes clés sont révélés dans les réponses des personnes participantes : tout le monde ; toute personne intéressée ; toute personne qui aime résoudre des problèmes ; et les filles. Certaines personnes répondantes mettent l'accent sur les compétences requises pour étudier l'ingénierie, alors que d'autres se réfèrent à un ou plusieurs de ces quatre thèmes. Au total, 12 personnes participantes répondent à cette question sans évoquer d'habiletés spécifiques (analyse présentée dans la section suivante). Nous exposons ci-après les résultats de leurs réponses.

Six personnes (sur douze) mentionnent que tout individu devrait avoir la possibilité de poursuivre des études en ingénierie. Alors que certaines, comme Émilie, affirment fermement que n'importe lequel de leurs élèves peut emprunter cette voie en disant « *en principe tous mes élèves* », d'autres commencent en confirmant que tout le monde devrait être impliqué, et par la suite fournissent plus de précisions. Ainsi, Mariam explique que tout le monde qui a des idées et qui veut résoudre des problèmes peut se lancer en ingénierie. Elle mentionne qu'elle s'efforce d'encourager tous ses jeunes, peu importe leurs champs d'intérêt de carrières. Elle ne leur dit surtout pas « *ce n'est pas pour toi* », et les encourage plutôt à se développer. Mariam indique qu'elle peut « *trouver des points forts pour chaque personne dans le monde entier pour œuvrer dans le domaine de génie* ». Elle explique ensuite comment les élèves peuvent travailler pour réussir dans ce domaine, qu'elle explore les différentes carrières en ingénierie avec ses élèves et les aide à identifier celles qui correspondent le mieux à leurs points forts. Elle remarque que certaines carrières en ingénierie impliquent le travail à un ordinateur tout au long de la journée, et pour d'autres, la direction d'un groupe ou la gestion des budgets, ou même le travail sur le chantier ou la direction de leur propre entreprise. Selon elle, l'ingénierie offre de belles perspectives à un groupe diversifié d'élèves.

À son tour, Maya déclare d'abord que l'ingénierie est pour tout le monde avant de nuancer « *ben pas tout le monde* », soulignant que la diversité de personnes en ingénierie devrait refléter celle de la population mondiale. Elle insiste sur le fait qu'il est essentiel d'éviter qu'un seul groupe démographique soit représenté. Elle déclare : « *démographiquement [...] ça devrait représenter la réalité pour qu'on puisse avoir [...] les idées de pas juste un [...]. [Il faut] avoir plusieurs différentes perspectives à trouver des solutions aux problèmes* ». Enfin, Lucas estime que tout le monde devrait être guidé vers l'ingénierie, tout en veillant à stimuler l'intérêt des élèves initialement peu attirées par cette discipline.

Le deuxième thème, que mentionnent 7 personnes participantes (sur 12), est centré sur les élèves qui expriment un intérêt pour l'ingénierie. Pour Ali, il s'agit de « *n'importe qui s'intéresse à résoudre des problèmes, mais je pense que n'importe qui peut le faire si sont motivés à le faire* ». Jade note également que la passion pour le domaine, plutôt qu'un simple intérêt, est essentielle. Elie ajoute que la passion et la motivation pour résoudre des problèmes constituent des facteurs clés. Mariam conclut en disant : « *Qui est passionné par cette chose-là. Ça, c'est les personnes qui devraient être là, tout le monde et n'importe qui. [...] Tous ceux qui veulent* ».

Le troisième thème, identifié par 5 personnes participantes (sur 12), concerne les personnes qui aiment résoudre des problèmes. Léa dit « *n'importe qui qui aime résoudre des problèmes* » et Nour est du même avis, « *les gens qui aimeraient résoudre des problèmes* ». Hannah explique ensuite que nous avons besoin de personnes possédant des connaissances, mais qui peuvent aussi mettre ces connaissances en pratique. Elle remarque que : « *Parce que des fois, c'est ben beau d'avoir les connaissances, mais si tu peux pas l'appliquer, c'est pas super utile* ».

Le dernier thème abordé est la nécessité de cibler les filles dans le domaine de l'ingénierie. Une personne participante (sur 12) souligne l'importance d'impliquer les filles dans l'ingénierie, Lucas note : « *je ne sais pas s'il faut trouver une autre façon là, eh, moi je pense [...] il y a quelque chose à faire pour les filles* ». Il réfléchit à la difficulté d'intéresser les filles à l'ingénierie et déclare : « *c'est quand même un manque je trouve. C'est dommage alors qu'elles auraient quelque chose vraiment à apporter là dans ce secteur-là* ». Il cite ensuite des exemples comme l'utilisation de Spheros et d'autres robots, où il observe que les filles présentent parfois un peu moins d'aisance que les garçons dans l'acquisition de ces compétences. Malgré une évolution de cette tendance et l'augmentation des discussions sur les filles dans l'ingénierie ou la technologie (bien qu'il ne le précise pas), Lucas pense que les filles restent à la traîne.

Dans l'ensemble, les réponses des personnes participantes suggèrent que l'intérêt pour l'ingénierie pourrait et devrait être encouragé chez tout le monde, en particulier dans les groupes sous-représentés

comme les filles. Selon les personnes participantes, elles mentionnent que nous avons besoin d'une gamme diversifiée de personnes pour intégrer des perspectives et des solutions multiples et que la résolution de problèmes pourrait être l'une des approches permettant d'intéresser les gens à l'ingénierie. Nous allons maintenant explorer s'il existe des différences au niveau des réponses des personnes participantes selon leurs profils démographiques.

5.4.1. Différences démographiques de l'orientation vers l'ingénierie

Dans cette section, nous analysons les différences entre divers groupes démographiques quant à leurs perceptions des élèves qui devraient envisager des études et une carrière en ingénierie. Ci-dessous est une carte thermique qui illustre les thèmes récurrents. La Figure 15 présente la carte thermique, permettant de visualiser quels thèmes sont les plus mentionnés par les personnes participantes.

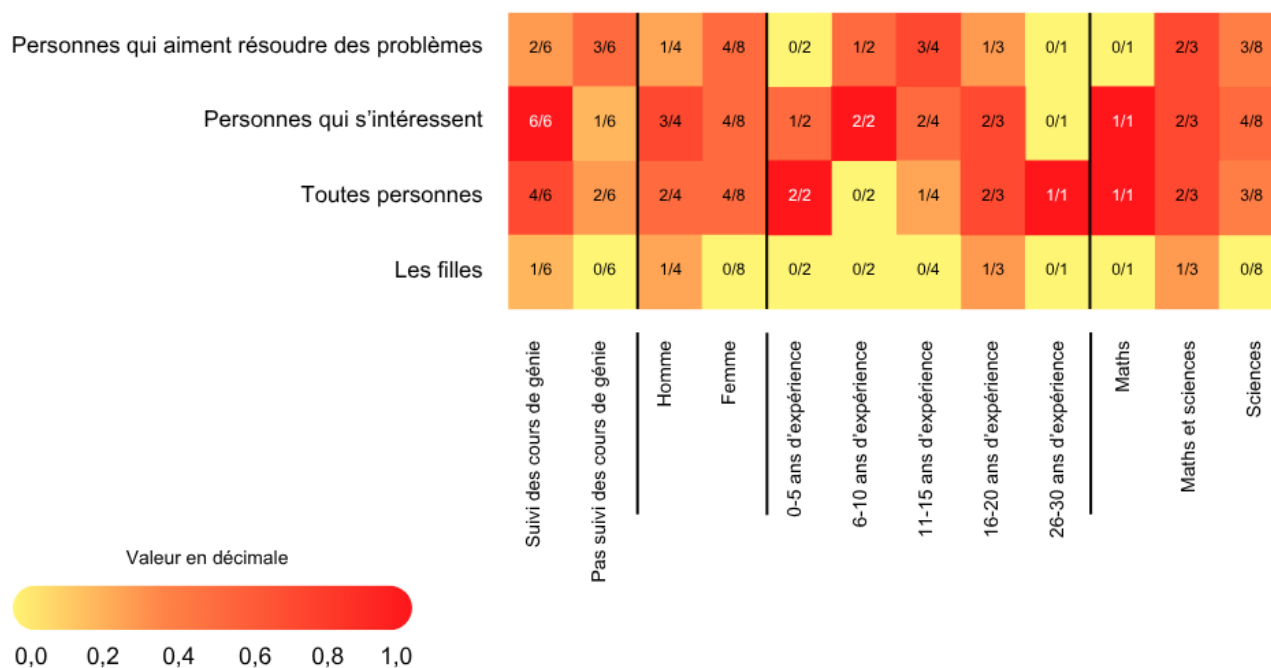


Figure 15 – Carte thermique des perceptions sur les élèves qui devraient envisager des études et une carrière en ingénierie selon différents groupes démographiques

L'analyse commence par comparer les personnes ayant suivi des cours d'ingénierie au postsecondaire et celles qui ne l'ont pas fait. Ensuite, nous examinons les variations selon le genre, les années d'expérience dans l'enseignement et, enfin, les matières enseignées par les personnes participantes. Il ressort principalement de ces résultats que les personnes participantes mentionnent

fréquemment que toutes les personnes ou celles qui démontrent un intérêt particulier devraient envisager des études en ingénierie.

Le Tableau 28 présente une synthèse des perceptions liées à l'orientation vers l'ingénierie selon divers profils démographiques. En examinant les réponses selon la formation, le genre, l'expérience en enseignement et la matière enseignée, des tendances se dessinent quant aux critères mis de l'avant et aux groupes perçus comme devant être spécifiquement encouragés.

Tableau 28 – Résumé des différences dans l'orientation vers l'ingénierie selon les profils démographiques

Catégorie	Observations principales
Formation en ingénierie	• Les personnes ayant une formation en ingénierie évoquent plus souvent que toute personne peut se diriger vers le domaine, avec une attention particulière à soutenir les jeunes déjà intéressés. • Une seule mention explicite de l'encouragement des filles. • Les personnes sans formation en ingénierie valorisent davantage la résolution de problèmes comme critère d'orientation.
Genre	• Les hommes insistent surtout sur l'intérêt personnel pour justifier l'orientation vers le génie, sans toujours faire mention de la résolution de problèmes. • Les femmes valorisent plus fréquemment la résolution de problèmes et sont plus enclines à considérer que le domaine devrait être accessible à tout le monde.
Années d'expérience	• Les groupes de 0 à 5 ans et de 26 à 30 ans adoptent une vision inclusive où toute personne peut se diriger vers l'ingénierie. • Les groupes de 6 à 10 ans et de 16 à 20 ans mettent l'accent sur l'intérêt personnel. • Le groupe 11 à 15 ans insiste particulièrement sur la résolution de problèmes. • Une mention spécifique à l'encouragement des filles est présente dans le groupe de 16 à 20 ans.
Matières enseignées	• Les personnes enseignant les mathématiques favorisent une vision inclusive centrée sur l'intérêt. • Celles enseignant à la fois les mathématiques et les sciences soulignent la résolution de problèmes et une ouverture plus marquée à tous les profils. Une seule personne souligne l'importance de soutenir les filles. • Les personnes enseignant uniquement les sciences expriment des avis plus variés, avec plusieurs mentions de la résolution de problèmes et de l'intérêt comme critères. Elles sont moins nombreuses à exprimer une vision universelle d'accès au domaine.

Les constats exposés ci-dessus montrent que les critères évoqués par les personnes enseignantes pour orienter les élèves vers l'ingénierie varient selon leur profil démographique. Tandis que certaines insistent sur des aptitudes spécifiques comme la résolution de problèmes, d'autres valorisent davantage l'intérêt personnel ou une vision plus inclusive de l'accès à ce domaine. Ces nuances soulèvent des questions importantes quant aux représentations sous-jacentes de l'ingénierie et des personnes qui y auraient leur place.

5.4.2. *Interprétation sur qui devrait se lancer en ingénierie*

Sur la base des réponses des personnes participantes, nous avons remarqué qu'elles étaient plutôt inclusives. Elles suggèrent que l'ingénierie peut être accessible à tous les jeunes, peu importe le contexte ou le champ d'intérêt initial. Émilie et Mariam soulignent que tous les jeunes ont le potentiel de réussir dans l'ingénierie, s'ils reçoivent les encouragements et le soutien nécessaires. Mariam souligne la diversité des aspects de l'ingénierie et note que, même si certains jeunes ne s'intéressent pas à la conception, ils pourraient être attirés par la gestion d'équipe ou la planification budgétaire. Nous sommes portées à croire que les personnes enseignantes participantes sont conscientes que des efforts considérables sont nécessaires pour susciter la motivation des élèves dans le domaine de l'ingénierie et elles reconnaissent le besoin d'explorer avec les jeunes les différentes facettes d'une carrière en ingénierie.

Le deuxième thème majeur porte sur les élèves qui manifestent un intérêt particulier pour l'ingénierie. Pour 7 des 12 personnes répondantes, l'intérêt et la passion constituent des critères essentiels pour envisager des études en ingénierie. Cela reflète la conviction que la motivation intrinsèque, en particulier le désir de résoudre des problèmes, est essentielle pour réussir dans l'ingénierie. Cela suggère que si les personnes enseignantes reconnaissent l'importance de favoriser un accès amplifié à l'ingénierie, elles considèrent également que la passion et l'intérêt sont des éléments clés nécessaires pour que les élèves s'engagent dans le domaine de l'ingénierie.

L'importance des compétences en résolution de problèmes constitue un autre thème notable ; cinq personnes répondantes indiquent que les personnes qui aiment résoudre des problèmes sont bien adaptées à l'ingénierie. Ce point de vue correspond à la nature de l'ingénierie en tant que discipline axée sur les applications pratiques et la recherche de solutions à des défis complexes. Hannah note que les connaissances seules, sans application, sont peu utiles, mettant ainsi en évidence le rôle pratique de la formation en ingénierie. Cela souligne la nécessité pour les élèves de ne pas se contenter d'acquérir des connaissances théoriques, mais aussi de développer les compétences nécessaires pour les appliquer dans des scénarios du monde réel, ce qui renforce encore l'importance de la résolution de problèmes.

Le thème de l'encouragement des filles à poursuivre des études en génie, bien qu'il ne soit mentionné que par une seule personne répondante (Lucas), est significatif. Il reflète le besoin d'une prise de conscience de l'écart entre les genres dans le domaine de l'ingénierie et de la nécessité d'efforts ciblés pour accroître la participation des femmes dans ce domaine. Les préoccupations de Lucas concernant les difficultés à faire participer les filles aux activités d'ingénierie, bien qu'il reconnaisse leur contribution potentielle, suggèrent que des interventions plus ciblées sont nécessaires pour remédier à ces disparités.

Selon Lucas, le retard des filles dans certains domaines comme la robotique souligne l'existence possible de problèmes systémiques, susceptibles d'influencer la perception et l'enseignement de l'ingénierie. Notamment, comment rendre celle-ci plus attrayante et plus accessible aux filles.

Les résultats de cette question révèlent une interaction complexe entre l'inclusion, l'intérêt et le développement des compétences pour déterminer qui devrait poursuivre des études en ingénierie. Bien qu'il y ait une forte pression pour rendre l'ingénierie accessible à tous les jeunes, il est également reconnu que la passion, l'intérêt et les capacités de résolution de problèmes sont des facteurs clés de réussite dans ce domaine. En outre, la nécessité de s'attaquer aux disparités entre les genres est reconnue, bien qu'une plus grande attention soit nécessaire dans ce domaine. Les personnes enseignantes semblent croire qu'avec les encouragements appropriés et un soutien adapté, un large éventail de jeunes, y compris ceux issus de groupes sous-représentés, peuvent s'épanouir dans le domaine de l'ingénierie. La nécessité de mettre en place des stratégies éducatives qui non seulement ouvrent les portes de l'ingénierie à tout le monde et qui favorisent le développement des qualités permettant aux élèves de maintenir leur motivation et de réussir dans ce domaine apparaît d'autant plus évidente.

En ce qui concerne les différences démographiques, les personnes participantes qui ont suivi des cours d'ingénierie au postsecondaire sont plus enclines à penser que les élèves ayant un intérêt particulier pour l'ingénierie devraient poursuivre dans cette voie. Un plus grand nombre de personnes participantes ayant suivi des cours d'ingénierie soutiennent également l'idée que tout le monde peut poursuivre des études en ingénierie. Cela peut refléter une compréhension plus large des diverses possibilités offertes par l'ingénierie et une conviction que le domaine est accessible à une large population d'élèves, indépendamment de leurs antécédents et ce qui prime, c'est la passion et l'intérêt qui sont des facteurs importants.

Pour ce qui est du genre, les hommes et les femmes reconnaissent que tout le monde peut faire des études en ingénierie, mais les hommes sont légèrement plus enclins à souligner que seules les personnes qui sont vraiment intéressées devraient le faire. Cela pourrait indiquer une approche plus

pragmatique ou sélective chez les hommes, qui peut donner la priorité à la motivation et au dévouement comme facteurs clés de réussite dans l'ingénierie. Les femmes, davantage que les hommes, mettent l'accent sur la motivation à résoudre des problèmes comme critère clé pour envisager des études en ingénierie. Cela pourrait refléter une différence dans la façon dont chaque genre perçoit les compétences nécessaires à l'ingénierie, les femmes valorisant potentiellement l'engagement cognitif et la pensée analytique. La remarque de Lucas selon laquelle davantage de femmes devraient être encouragées à poursuivre des études d'ingénierie souligne la reconnaissance de l'écart entre les genres et montre que certains hommes prennent conscience de la nécessité d'une meilleure représentation féminine.

Nous observons également certaines variations dans les réponses selon le nombre d'années d'expérience en enseignement. Par exemple, quelques personnes enseignantes ayant entre 11 et 15 ans d'expérience ont davantage mis l'accent sur la résolution de problèmes comme élément essentiel en ingénierie. À l'inverse, certaines personnes avec moins d'expérience (0 à 5 ans) ont formulé des définitions plus inclusives, ce qui pourrait refléter une perspective plus ouverte quant aux profils d'élèves susceptibles de réussir dans ce domaine. Par ailleurs, quelques personnes enseignantes comptant entre 16 et 20 ans d'expérience ont souligné que chaque élève peut envisager des études en génie, ce qui pourrait témoigner d'une compréhension plus nuancée des multiples trajectoires menant à la réussite en ingénierie, développée au fil des années en salle de classe.

Bien que cette idée ait déjà été soulevée, il demeure pertinent de souligner que des personnes enseignantes provenant de disciplines variées, y compris la seule personne enseignante en mathématiques, partagent la conviction que les études en ingénierie sont accessibles à tout le monde. Cela témoigne d'une reconnaissance interdisciplinaire de l'ingénierie en tant que domaine ouvert à des talents et à des antécédents divers. Ces résultats indiquent que le niveau d'études, le genre, l'expérience de l'enseignement et la matière enseignée influencent la perception qu'ont les membres du corps enseignant des personnes qui devraient poursuivre des études en ingénierie. Celles qui ont une expérience directe en ingénierie ou qui enseignent depuis plus longtemps ont tendance à avoir une vision plus nuancée et plus inclusive, reconnaissant à la fois l'importance de la motivation intrinsèque et la possibilité pour un large éventail d'élèves de réussir dans ce domaine. Les différences de réponses entre les genres sont mises en évidence par des priorités différentes, les femmes se concentrant davantage sur les capacités de résolution de problèmes et les hommes sur la participation motivée par l'intérêt, tout en montrant une certaine conscience des disparités entre les genres dans le domaine de l'ingénierie.

5.5. Compétences et habiletés des personnes en ingénierie

Les personnes enseignantes participantes mettent en évidence plusieurs compétences et habiletés clés qu'elles considèrent comme essentielles pour toute personne poursuivant une carrière dans l'ingénierie. Notamment, elles incluent : de la résolution de problèmes et de la pensée logique ; de la maîtrise des mathématiques et des sciences ; des compétences en communication ; de la curiosité et de la créativité ; de la gestion du stress et de la résilience ; de la persévérance et de la patience ; des connaissances interdisciplinaires ; de l'attention portée aux détails ; et de la collaboration. Leurs réponses font souvent référence à deux ou plus de ces qualités. Dans les sections suivantes, chacun de ces thèmes est exploré.

La résolution de problèmes et la pensée logique sont les compétences les plus fréquemment mentionnées. Dix personnes participantes sur seize soulignent l'importance de la résolution de problèmes en ingénierie, certaines la considérant comme une force ou une motivation fondamentale. Émilie et Jade la présentent comme une force, tandis que Maya et Nathan la décrivent comme une motivation importante. Elie fait remarquer que les personnes attirées par l'ingénierie doivent être « *capables de résoudre un problème de manière autonome ou de manière collaborative, mais qui généralement sont passionnées et motivées par la résolution de problèmes* ». George renchérit en précisant que les spécialistes en ingénierie doivent aimer à la fois les sciences et les mathématiques, expliquant qu'il faut « *quelqu'un qui chevauche peut-être les deux mondes. Quelqu'un qui aime sciences, maths, mais quelqu'un qui aime travailler avec ses mains, puis s'impliquer et puis résoudre des problèmes* ».

La pensée logique est soulignée par cinq personnes participantes. Elie, qui aborde également la question de la résolution des problèmes, soulève la nécessité de la pensée logique :

Globalement, je dirais comme la pensée algorithmique et la capacité de penser de manière logique avec l'intelligence logico-mathématique si on veut le frame it like that ou la pensée algorithmique logico-mathématique. Je trouve que c'est vraiment important pour un ingénieur.

Frédéric associe la pensée logique à la curiosité comme des traits importants, déclarant : « *Ça devait être quelqu'un qui a une bonne logique, quelqu'un qui est curieux et quelqu'un qui est capable de faire du troubleshooting* ». George précise que si l'amour des sciences et des mathématiques est essentiel, il n'est pas nécessaire d'être exceptionnel en mathématiques, mais qu'une bonne logique l'est. Dans l'ensemble, les personnes enseignantes sont convaincues que les spécialistes en ingénierie doivent être capables d'aborder et de résoudre des problèmes complexes de manière systématique.

Neuf personnes participantes sur seize mentionnent la nécessité d'avoir des bases solides en mathématiques et en sciences. Nour explique : « *Des gens qui [...], habituellement sont forts en mathématiques aussi. Qui ont une passion pour les mathématiques puis [...] qui ont pas peur des maths* ». Ali, quant à lui, plaisante sur le fait qu'il s'agit moins d'aimer les maths que de les endurer. Nathan évoque l'importance des bonnes notes en mathématiques :

Puis malheureusement aussi, tu dois absolument avoir des bons résultats en mathématiques, parce que la mathématique c'est la base de tout ça. [...] Tu dois avoir une bonne capacité d'utiliser les concepts mathématiques qui sont montrés, [...] surtout ingénierie [au] secondaire que je parle, en particulier les concepts qui ont trait [...] à la trigonométrie, [...] à la géométrie, [...] aux mesures, aux vecteurs [...] en trois dimensions, puis calculs.

De même, Frédéric souligne l'importance de la réussite en sciences, notant :

Je pense pas qu'il faut que tu sois le plus fort académiquement, mais faut que tu aies une bonne connaissance d'un peu de tout en sciences. [...] Je dirais un élève qui réussit avec comme un 90 au moins peut-être 85. [...] Ça, c'est quelque chose pour moi qui [...] est important, parce que tu sais qu'il y a une bonne base et qui comprend assez efficacement.

Deux personnes participantes soulignent la nécessité d'avoir des compétences de communication efficace. Pour Maya, elle mentionne qu'il s'agit de travailler avec les autres et de communiquer efficacement. Léa souligne l'importance de s'exprimer clairement, en expliquant : « *il faut que tu sois capable de bien communiquer tes idées. Comme c'est une chose d'avoir une idée, mais il faut que tu sois capable de vulgariser puis d'exprimer tes idées* ».

Selon les personnes participantes, la curiosité et la créativité sont des traits de caractère importants pour les personnes œuvrant en ingénierie. Six personnes (sur seize) mentionnent la curiosité comme un trait de caractère nécessaire. Émilie est une de ces personnes qui signale l'importance de « *la curiosité de savoir, la curiosité de chercher des solutions ou la motivation de chercher des solutions* », ajoutant que les personnes qui aiment chercher des solutions et qui ont de la curiosité sont bien adaptées à l'ingénierie. Frédéric ajoute qu'il est important d'être « *quelqu'un qui pose beaucoup de questions, qui est curieux* ». Lucas suggère que la curiosité peut être inculquée aux élèves, tandis que Jules estime que l'ingénierie convient mieux aux gens qui ont une curiosité naturelle.

La créativité est également largement mentionnée : 9 personnes participantes (sur 16) indiquent que les personnes créatives devraient s'orienter vers l'ingénierie. Ali souligne que les spécialistes en

ingénierie doivent « *think outside the box* ». Elie renchérit en disant que les gens en ingénierie sont « *des personnes qui voient des choses différemment* ». Pour Hannah, elle pense que la créativité est essentielle pour « *voir peut-être les choses différemment, puis être capable de trouver des solutions, qui sont peut-être comme, out of the box là, un petit peu* ». George précise qu'une personne en ingénierie « *a une bonne capacité d'imaginer des choses en plusieurs dimensions ou de plusieurs différents angles dans le sens littéral, puis dans le sens abstrait* ».

Selon les personnes enseignantes interrogées, les individus en ingénierie doivent être curieux, prêts à explorer de nouvelles idées et capables de sortir des sentiers battus pour développer des solutions innovantes. La prochaine compétence que souligne les personnes participantes est celle de la gestion du stress et de la résilience.

La capacité à gérer le stress et à rester résilient face aux défis et aux échecs est mentionnée par 4 personnes participantes (sur 16). L'ingénierie est souvent perçue comme un domaine à haute pression, qui exige que les individus fassent face au stress et tirent des leçons de leurs échecs. Maya déclare : « *Il faut que tu sois capable de gérer le stress. Je pense que tous les ingénieurs que je connais qui travaillent dans l'industrie privée fait que c'est un domaine qui est vraiment stressant. Fait que d'être capable de gérer son temps et tout ça* ». Jules ajoute :

Une certaine gestion du stress forcément parce qu'avec la responsabilité [...] vient des possibles risques puis il faut avoir [...] une certaine capacité de gestion des émotions, pour être capable de passer au travers de différentes situations qui sont pas forcément faciles.

En ce qui concerne la résilience, Nathan et Jade soulignent que dans le monde du design, la première conception ne fonctionne souvent pas. Nathan explique :

Il faut que tu sois capable de voir ça pas comme un échec, mais comme un apprentissage. Il faut que tu sois capable de réaliser que même si ce que tu as essayé de faire n'a pas fonctionné, tu dois quand même découvrir quoi ne pas faire. Puis c'est important ça aussi, parce que quelqu'un d'autre peut essayer de le faire [plus] tard puis tu peux le partager cette information. Tu peux lui dire je ne sais pas ce que tu dois faire, mais ne fais pas ça. Ça marche pas.

Il poursuit en disant que la résilience peut être développée chez les élèves en leur permettant de faire l'expérience de l'échec :

Puis ça veut dire qu'il faut quelque chose qu'on fait de moins en moins, mais il faut que les élèves vivent des situations d'échec. Il faut que l'échec soit possible. Il faut que les élèves faillissent. Il faut que les élèves aient des mauvaises notes.

En complément de la résilience, la persévérance et la patience sont mentionnées par 4 personnes participantes (sur 16) comme étant essentielles pour faire face aux défis permanents et à la résolution itérative des problèmes. Les projets d'ingénierie nécessitent souvent de multiples tentatives et améliorations. Elie explique : « *Comme les élèves qui n'abandonnent pas quand y font face à un problème. Les élèves qui persistent, qui se font, en fait, qui sont motivés par les problèmes* ». Mariam est en accord, ajoutant que, bien que la persévérance soit essentielle, les jeunes peuvent avoir besoin du soutien des autres pour persévérer et doivent également apprendre à développer leurs propres stratégies pour y parvenir : « *On sait que si tu vis une défaite une fois, c'est difficile, puis ça prend un encouragement, ça prend que tu trouves des solutions pour persévérer, des gens qui t'entourent* ». Jade souligne que la patience est également essentielle pour continuer à essayer de résoudre les problèmes. Les deux compétences s'avèrent importantes selon ces personnes participantes. Le thème suivant soulevé par les personnes participantes est celui des connaissances interdisciplinaires et de la flexibilité des personnes travaillant dans le domaine de l'ingénierie.

Selon certaines personnes participantes (2 sur 16), les spécialistes en ingénierie ont intérêt à disposer d'une large base de connaissances dans divers domaines scientifiques. La flexibilité et l'adaptabilité sont également cruciales, car les problèmes d'ingénierie recouvrent souvent plusieurs disciplines, comme l'indiquent quelques personnes participantes. Jade fait remarquer : « *Il faut avoir aussi donc une souplesse entre des connaissances mathématiques, des connaissances en sciences, en différents domaines de la science. Il faut être capable d'aller, donc eh, d'un domaine à un autre* ». Elie ajoute :

La collaboration et l'habileté de [...] voir les liens entre les choses parce que en ingénierie, [...] c'est très interdisciplinaire. Il faut que l'élève soit capable de faire des liens entre différents domaines pour pouvoir résoudre un problème parce que les problèmes ne sont pas comme reliés à seulement un domaine.

Jade et Elie mentionnent également l'importance de la flexibilité pour les spécialistes en ingénierie. Jade souligne que la flexibilité est importante lorsqu'une solution ne fonctionne pas du premier coup. Cette flexibilité est nécessaire pour continuer à travailler sur le problème. Pour Elie, la flexibilité entre en jeu lorsque les spécialistes en ingénierie travaillent en équipe et que tout le monde ne parle pas le même langage technique. Il est important d'être flexible et adaptable pour bien travailler avec les autres.

Un prochain thème est le souci du détail et une approche méthodique. Le souci du détail et une approche méthodique et structurée du travail sont importants pour deux personnes participantes. Pour ces personnes, les spécialistes en ingénierie doivent veiller à l'exactitude et à la précision de leur travail. Hannah observe : « *quelqu'un qui est quand même tu sais axé sur les détails, méthodique, et qui est capable, qui aime ça apprendre aussi, parce que veut veut pas ça là évolué, donc hein* ». Pour Ali, il indique qu'il faut une certaine rigueur et une certaine précision parce qu'on « *veut vraiment que quelque chose soit pas mal parfait. Peut-être perfectionniste jusqu'à un certain point* ». Nathan est en fait d'un avis opposé et explique :

C'est d'être capable de, c'est drôle à dire, mais de ne pas être perfectionniste. Capable de couper des coins puis d'accepter, je dirais pas la défaite, mais d'accepter que y a certains chemins que tu vas entreprendre qui auront pas d'issues. Il faut que tu prennes un autre chemin.

Malgré les points de vue opposés sur cette compétence, l'attention aux détails et la capacité à adopter une approche méthodique sont considérées comme essentielles par certaines personnes.

Enfin, quatre personnes participantes indiquent que la capacité à bien travailler avec les autres est importante pour les spécialistes en ingénierie. Pour Léa et Nour, le travail en équipe est important. Elie et Mariam déclarent tous deux qu'il faut être capable de travailler au sein d'une équipe, mais aussi de manière indépendante. Mariam explique :

Dépendamment de ton environnement et du travail que tu fais, ça peut nécessiter que tu sois une personne qui aime travailler seule, qui aime être autonome, qui aime gérer son propre temps, ou ça peut être une personne qui aime travailler en groupe et collaborer. Et encore une fois, ça dépend du milieu dans lequel tu te retrouves dans ton travail.

Dans l'ensemble, les personnes enseignantes mettent en évidence un ensemble varié de caractéristiques et de compétences essentielles pour les personnes travaillant dans l'ingénierie, suggérant qu'une approche bien équilibrée est importante pour réussir dans ce domaine. Tout comme les autres questions de recherche, nous allons maintenant explorer s'il existe des différences au niveau des groupes démographiques et des thèmes qu'ils ont soulevés.

5.5.1. Différences démographiques sur les compétences et habiletés en ingénierie

Comme illustré à la Figure 16, les compétences et habiletés les plus fréquemment citées pour réussir en ingénierie par les personnes participantes sont la résolution de problèmes, la créativité et une motivation pour les mathématiques et les sciences. Ces thèmes sont présentés par des teintes foncées

dans la carte thermique. La section qui suit examine la manière dont ces compétences et habiletés sont perçues en fonction de différentes données démographiques, notamment l'expérience antérieure en matière de cours d'ingénierie au postsecondaire, le genre, le nombre d'années d'expérience dans l'enseignement et les matières enseignées.

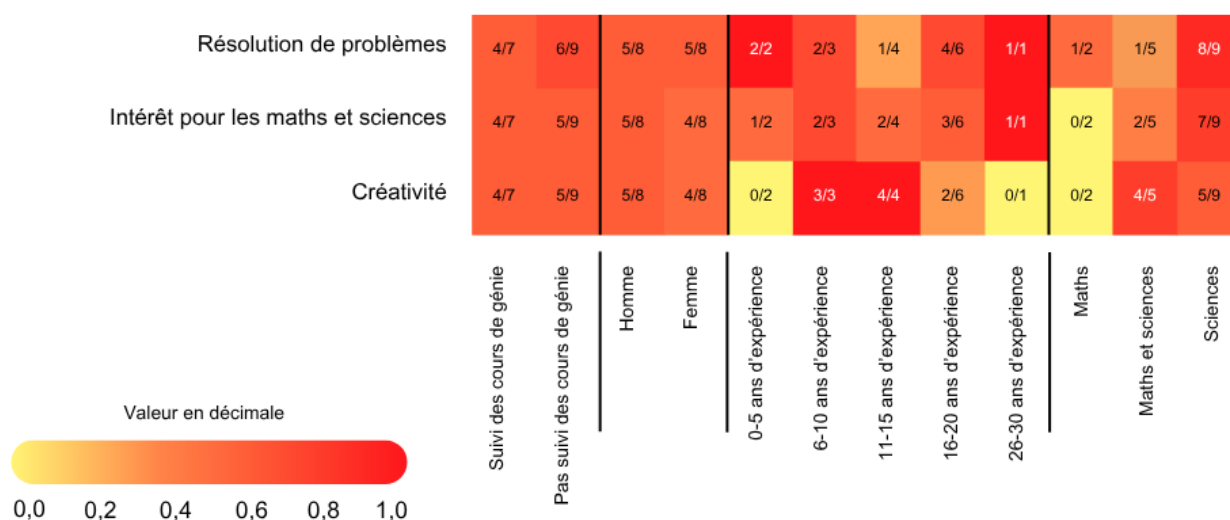


Figure 16 – Carte thermique sur les compétences et habiletés jugées importantes pour se diriger en ingénierie selon différents groupes démographiques

La carte thermique illustre que trois compétences sont largement valorisées par l'ensemble des personnes enseignantes participantes. Le Tableau 29 présente une synthèse des compétences et habiletés jugées essentielles en ingénierie, telles que perçues par les personnes participantes selon leur formation, leur genre, leur expérience en enseignement et les matières enseignées. Certaines nuances émergent selon les profils, révélant différentes conceptions de ce que requiert une orientation vers le domaine de l'ingénierie. Cette synthèse permet de mieux comprendre comment les parcours professionnels et disciplinaires peuvent façonner les attentes à l'égard des compétences associées à ce domaine.

Tableau 29 – Résumé des différences dans les compétences et habiletés valorisées en ingénierie selon le profil des personnes participantes

Catégorie	Observations principales
Formation en ingénierie	• La résolution de problèmes est valorisée par les deux groupes, mais elle est mentionnée légèrement plus souvent par les personnes sans formation formelle, ce qui peut refléter une vision plus intuitive ou généraliste de l'ingénierie. • Les compétences en mathématiques et en sciences sont perçues comme essentielles par les deux groupes. • La créativité est reconnue de manière similaire, suggérant une reconnaissance partagée de son importance.
Genre	• La résolution de problèmes est reconnue comme essentielle tant par les hommes que par les femmes. • Les compétences en mathématiques, en sciences et la créativité sont légèrement plus souvent évoquées par les hommes, mais sans différence marquée. • Peu de différences significatives, témoignant d'une vision globalement commune entre les genres.
Années d'expérience	• 0 à 5 ans : résolution de problèmes mise de l'avant, mais créativité peu mentionnée. • 6 à 10 ans et 11 à 15 ans : forte reconnaissance de la créativité, tout en valorisant les autres compétences. • 16 à 20 ans : accent sur la résolution de problèmes et les compétences scientifiques; créativité moins présente. • 26 à 30 ans : importance accordée à la résolution de problèmes et aux sciences, sans mention explicite de créativité. • La créativité est davantage valorisée par les personnes entre 6 et 15 ans d'expérience.
Matières enseignées	• Mathématiques : l'accent mis sur des compétences comme la logique, la gestion du stress et la communication, plutôt que sur les trois compétences principales. • Mathématiques et sciences : forte valorisation de la créativité, moins d'accent sur la résolution de problèmes. • Sciences : grande cohérence dans la valorisation de la résolution de problèmes et des compétences en mathématiques et sciences; créativité également présente, mais un peu moins prioritaire. • Les disciplines semblent influencer les priorités : les sciences mettent l'accent sur les compétences analytiques, tandis que la combinaison mathématiques-sciences favorise l'innovation.

Dans l'ensemble, les compétences et habiletés perçues comme essentielles en ingénierie – soit la résolution de problèmes, les mathématiques et sciences, ainsi que la créativité – sont globalement reconnues par l'ensemble des personnes participantes, bien que certaines variations apparaissent selon le profil. Ces différences, parfois subtiles, révèlent l'influence de l'expérience professionnelle, de la formation disciplinaire et, dans une moindre mesure, du genre sur les représentations des compétences associées à l'ingénierie. La section suivante explore plus en profondeur les interprétations sous-jacentes à ces perceptions.

5.5.2. Interprétation des compétences et habiletés nécessaires pour l'ingénierie

L'analyse des compétences et des habiletés requises pour une carrière en ingénierie révèle plusieurs thèmes clés. Parmi ces compétences, la résolution de problèmes est la plus fréquemment citée. Dix personnes participantes sur seize soulignent l'importance de la résolution de problèmes comme compétence essentielle pour entrer dans le domaine de l'ingénierie, et 5 mentionnent également la pensée logique. Cet accent correspond aux définitions et au rôle de l'ingénierie dans la société, telle que décrite par les personnes participantes, pour qui la résolution de problèmes constitue souvent le cœur de la profession. La prédominance de la résolution de problèmes peut s'expliquer par le rôle fondamental qu'elle joue pour relever les défis complexes de l'ingénierie. Selon la théorie des représentations sociales, cette compétence est considérée comme le noyau central dans l'ingénierie et est essentielle pour réussir dans ce domaine.

En ce qui concerne les connaissances en mathématiques et en sciences, neuf personnes participantes soulignent la nécessité d'avoir des bases solides dans ces matières. Cela reflète un consensus sur le fait que les connaissances techniques en mathématiques et en sciences sont importantes pour l'ingénierie. Toutefois, les points de vue sur cette question sont nuancés. Une personne participante indique qu'il est nécessaire d'obtenir une note minimale de 85 % au palier secondaire pour exceller dans l'ingénierie, ce qui laisse entendre que des notes plus élevées sont potentiellement un indicateur de réussite. D'autres contestent ce point de vue, soulignant que l'ingénierie offre des opportunités pour tout le monde et que le corps enseignant devrait valoriser les points forts de chaque élève. Cette divergence indique des opinions différentes sur l'importance des notes par rapport aux compétences et habiletés individuelles.

Lors des entrevues semi-dirigées, les compétences en communication sont mentionnées explicitement par seulement deux personnes participantes. Toutefois, elles apparaissent dans trois dessins du DAET, où l'on observe des bulles de dialogue ou des personnes en interaction. Parmi ces cas, Léa

illustre la communication dans son dessin et la décrit également comme une compétence importante, montrant ainsi une certaine cohérence dans sa représentation de l'ingénierie. Bien que peu évoquées, ces occurrences indiquent que les compétences en communication ne sont pas absentes des représentations, mais qu'elles semblent occuper une place secondaire comparativement aux compétences techniques. Cette mise en retrait pourrait s'expliquer par une vision plus traditionnelle de l'ingénierie, qui valorise avant tout l'expertise technique. Ce raisonnement ne s'applique toutefois pas à la créativité, que neuf personnes participantes considèrent comme une compétence essentielle pour développer des solutions innovantes et sortir des sentiers battus. Le fait que la créativité soit aussi largement reconnue est encourageant, car l'ingénierie a longtemps été perçue comme un domaine strictement technique et logique. La reconnaissance de cette compétence témoigne d'une transformation dans les représentations sociales de l'ingénierie : elle n'est plus uniquement perçue comme un domaine logique et rationnel, mais aussi comme un espace où la pensée créative a sa place.

De même, quatre personnes participantes soulignent l'importance de la collaboration pour travailler efficacement en équipe, et quatre dessins du DAET illustrent également des éléments de collaboration. Une fois de plus, Léa démontre une cohérence entre ses propos et son dessin en abordant la collaboration comme une compétence essentielle. Les trois autres personnes qui ont dessiné des scènes collaboratives ne le mentionnent toutefois pas lors de l'entretien, ce qui pourrait indiquer que, pour certaines personnes, cette compétence est intégrée de façon implicite à leur représentation de l'ingénierie, sans être nécessairement verbalisée. Dans l'ensemble, ces données illustrent la coexistence de représentations sociales plus traditionnelles, centrées sur la technique, et de représentations plus contemporaines, intégrant des dimensions humaines comme la créativité, la collaboration et, dans une moindre mesure, la communication. Cette tension entre le noyau central et les éléments périphériques (Moscovici, 2004; Abric, 1994) met en lumière les dynamiques en cours dans la perception de l'ingénierie et des compétences associées à cette profession.

Si l'on considère les différences démographiques, les personnes ayant suivi des cours en ingénierie au postsecondaire ont tendance à accorder autant d'importance à la résolution de problèmes qu'à la créativité. En revanche, celles qui n'ont pas suivi de cours d'ingénierie accordent un peu plus d'importance à la résolution de problèmes. Cette différence pourrait être attribuée à l'expérience directe des défis techniques et de la résolution créative de problèmes dans le cadre de la formation en ingénierie. Peu de différences significatives sont observées en ce qui concerne le genre des personnes participantes, bien que les hommes soient légèrement plus nombreux que les femmes à mettre l'accent sur les compétences en mathématiques et en sciences. Cela pourrait refléter les normes traditionnelles en matière de genre dans les domaines des STIM, bien que les différences soient relativement mineures. Le personnel

enseignant de sciences place davantage l'accent sur la résolution de problèmes et les compétences techniques que celui qui n'enseigne que les mathématiques. Celui qui enseigne les deux matières valorise davantage la créativité. Cela indique que l'intégration des mathématiques et des sciences favorise une plus grande appréciation de la résolution créative des problèmes d'ingénierie. Dans l'ensemble, les données montrent que des aspects comme la résolution de problèmes et les mathématiques sont largement considérés comme fondamentaux. D'autres dimensions, telles que la créativité, l'ouverture aux disciplines connexes, ainsi que des qualités personnelles comme la résilience et le travail en équipe, sont également valorisées par plusieurs personnes participantes.

5.6. Le processus de design

Parmi les 16 personnes interviewées, 7 déclarent bien connaître le processus de design, 3 répondent avec « non » ou « pas vraiment », et 6 répliquent « un peu ». Une personne ayant initialement répondu « pas vraiment » décrit ensuite le processus de manière assez détaillée, ce qui justifie de la reclasser dans la catégorie « un peu ». À l'inverse une personne ayant répondu « un peu », laisse apparaître au cours de son explication qu'elle confond le processus de design avec la programmation ; nous la reclassons donc dans la catégorie « non ».

Léa, par exemple affirme sa connaissance du processus de design en expliquant qu'elle doit désormais l'enseigner dans son cours de sciences de neuvième année. Émilie, pour sa part, ajoute que toutes les personnes enseignantes utilisent le processus de design, parfois sans en être conscientes :

Ouais, ouais, parce que nous, en tant que prof, surtout si on est en sciences, mais n'importe quel prof utilise le processus de design, même si on n'y pense pas. Quand on réfléchit à comment enseigner, par exemple, la grammaire, on va faire un design de tâches. C'est aussi un processus de design, même si à la fin, on n'a pas un produit physique.

En revanche, Maya mentionne qu'elle ne connaît pas le processus de design : « *Non, je ne pourrais pas te dire, je pourrais deviner. Non, je sais pas si y a juste une réponse à cette question, mais si oui, je la connais pas* ». Et Ralph confond le processus de design avec la programmation et l'utilisation de ressources technologiques.

Jules se souvient un peu du processus de design : « *Ça fait 11 ans que j'ai fait ce cours-là* ». Bien qu'il ne se souvienne pas des étapes officielles, il explique ce qui le marque dans le processus :

C'était l'idée qu'à chaque étape, on considère toujours plein d'idées, puis on évalue, on choisit. Ensuite, on reconsidère plein de nouvelles idées, on évalue, on rechoisit. Il n'y a pas juste une personne qui travaille sur un projet mais c'est une tonne de personnes.

Certaines personnes décrivent le processus de design avec des exemples concrets, comme Léa qui explique comment ses élèves tentent de résoudre le problème des trop nombreuses poubelles sur l'autoroute grâce au processus de design. D'autres, comme Hannah, décrivent le processus de design en quelques phrases selon leurs connaissances :

Ok, j'ai un problème, ensuite, je me fais un remue-méninges, d'idées possibles de solutions. Une fois que j'ai ensuite ciblé peut-être une solution que j'aimerais peut-être tester, faire un prototype, le tester, vérifier les résultats, puis après ça aller peut-être voir qu'est-ce qu'on peut faire pour modifier le prototype pour qu'il soit encore meilleur là.

Parmi les 13 personnes participantes ayant exprimé qu'elles avaient une bonne compréhension ou une compréhension partielle du processus de design, plusieurs thèmes récurrents émergent. Le premier étant la nature itérative du processus de design, que soulèvent sept personnes. Ali explique :

De ce que j'ai compris, ça me fait penser à la méthode scientifique, mais c'est comme un cycle. On commence avec un plan, on observe, on essaie, on évalue, on réessaie, jusqu'à ce qu'on trouve quelque chose qui a de l'allure.

Elie ajoute : « *On fait l'itération jusqu'à ce qu'on ait un produit qui fonctionne, ou jusqu'à ce que ce qu'on design réponde aux besoins de l'utilisateur final* ».

Un deuxième thème récurrent dans la description du processus de design est l'identification des problèmes et l'empathie. Quatre personnes participantes mentionnent ce thème, soulignant l'importance de comprendre le problème en profondeur grâce à l'empathie et à la recherche. Nour explique : « *Bien, il faut d'abord cibler une problématique, mais il faut sonder le terrain pour mieux la définir. En même temps, des fois, ça va ensemble. Il y a l'empathie pour essayer de comprendre la problématique* ».

Un troisième thème récurrent est le travail en équipe et la collaboration. Deux personnes enseignantes soulignent que ces éléments sont essentiels dans le processus de design, affirmant que le partage d'idées et l'affinage des solutions nécessitent une collaboration étroite. Comme le dit Jules : « *Il n'y a pas juste une personne qui travaille sur un projet, mais c'est une tonne de personnes* ».

Un quatrième thème abordé par trois personnes souligne la similarité entre le processus de design et la méthode scientifique. Ali compare le processus à cette méthode, tandis qu'Émilie a insisté sur la nécessité d'une approche méthodique pour tester les solutions : « *Il faut le faire d'une manière méthodique, comparable, pour vraiment comparer les solutions. Et si on trouve une solution qui fonctionne bien, c'est l'optimiser pour qu'elle soit la meilleure possible* ». George fait également référence à la démarche expérimentale : « *Du haut de ma tête, quand j'essaie de me rappeler, c'est un peu comme la démarche expérimentale : tu as un but, tu as une idée, tu l'essaies, ça fonctionne-t-il ? Retour à la case départ* ».

Sept personnes participantes évoquent un cinquième thème, le remue-méninges et la recherche, et selon elles, c'est une étape importante du processus de design. Frédéric explique que la première étape du processus de design est de se mettre dans les souliers des personnes concernées et de cibler le problème avant de faire un remue-méninges. Il précise spécifiquement au sujet de cette étape : « *So on apporte plein d'idées, des bonnes, des pas bonnes, des choses bizarres, intéressantes puisque des fois c'est ceux-là qui peuvent aller loin. Et après ça, on se fixe une solution* ». Nour souligne l'importance de la recherche pour « *essayer de trouver des pistes de solutions* ».

Ensuite, le thème du prototypage se présente dans cinq entrevues. Nour explique qu'après la recherche, il faut créer une première version d'un prototype et le tester pour évaluer ce qui fonctionne le mieux pour répondre au besoin de la clientèle. Si le prototype n'est pas efficace, il devrait être retravaillé et peaufiné. Enfin, un dernier thème qui s'est manifesté est celui de la résolution de problèmes. Huit personnes enseignantes participantes mentionnent que le processus de design est utilisé pour résoudre des problèmes, avec certaines personnes expliquant que les designs ne fonctionnent pas toujours comme prévu. Émilie donne l'exemple d'une expérience qu'elle a voulu faire avec ses élèves qui n'a pas fonctionné. Elle explique :

Je ne sais pas pourquoi ça n'a pas fonctionné. On a tout refait les calculs ensemble. J'ai raconté à mes élèves que c'était un design que j'essayais de faire, mais que ça n'a pas fonctionné. Je leur ai dit : « Écoutez, ça arrive, et c'est ça les meilleurs problèmes, ceux qui ne sont pas évidents et qui demandent du temps ».

En résumé, bien que les personnes enseignantes ne puissent pas toutes nommer les étapes exactes du processus de design telles qu'elles sont définies dans le curriculum, elles semblent avoir une bonne compréhension de la méthodologie en général. Celles qui connaissent ou ont une certaine connaissance du processus de design l'expliquent comme étant itératif, collaboratif, lié à la méthode scientifique, et impliquant l'identification des problèmes, la recherche, le remue-méninges et le prototypage.

Nous allons maintenant examiner s'il existe des différences entre les groupes démographiques en matière de compréhension du processus de design.

5.6.1. Différences démographiques sur les connaissances du processus de design

Les connaissances du processus de design parmi le personnel enseignant participant sont explorées en tenant compte de diverses données démographiques, y compris l'expérience antérieure en matière de cours d'ingénierie au postsecondaire, de genre, du nombre d'années d'expérience dans l'enseignement et des matières enseignées. Comme illustré à la Figure 17, la majorité des personnes participantes mentionnent ou démontrent avoir une bonne connaissance du processus de design. Cela est présenté par les teintes foncées dans la carte thermique.

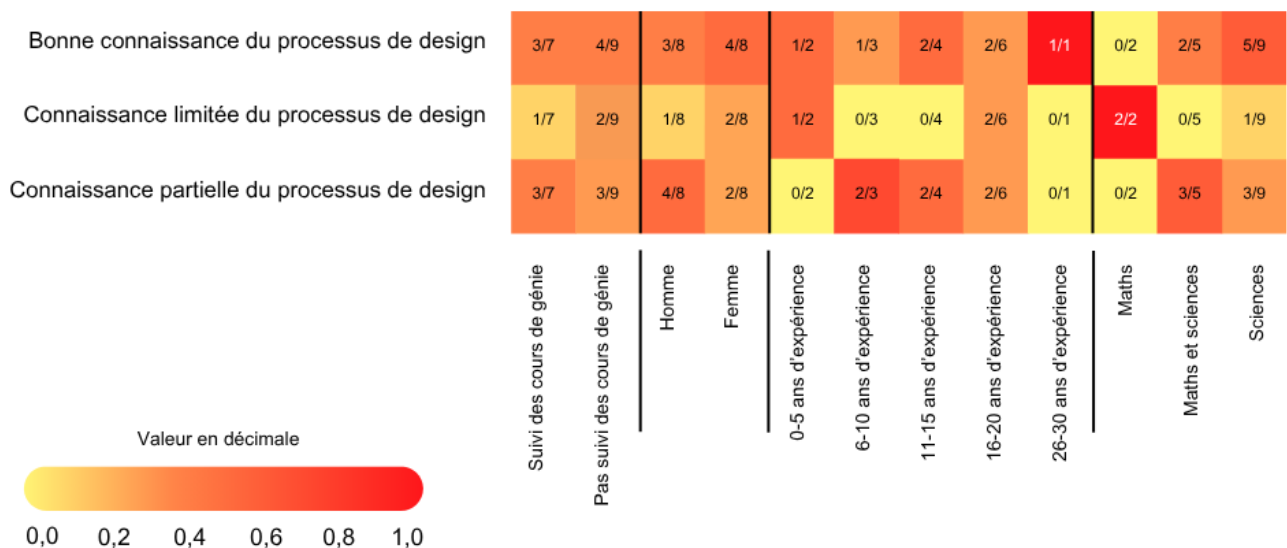


Figure 17 – Carte thermique des connaissances du processus de design selon différents groupes démographiques

Afin d'explorer plus en profondeur la manière dont les connaissances du processus de design peuvent être influencées par différentes dimensions du parcours professionnel ou personnel, la synthèse ci-dessous (Tableau 30) met en lumière les tendances observées selon les groupes démographiques. Cette analyse vise à illustrer comment certaines expériences ou contextes d'enseignement peuvent façonner la compréhension du processus de design, tout en reconnaissant la diversité des parcours et l'absence de relations systématiques entre ces variables et le niveau de connaissance exprimé.

Tableau 30 – Résumé des différences dans la connaissance du processus de design selon le profil des personnes participantes

Catégorie	Observations principales
Formation en ingénierie	• Les personnes ayant une formation en ingénierie présentent une familiarité légèrement plus marquée avec le processus de design. • Toutefois, plusieurs personnes sans formation en ingénierie démontrent également une compréhension solide. • Cela suggère que d'autres facteurs (expérience, champs d'intérêts, etc.) peuvent également favoriser une bonne compréhension
Genre	• La répartition des connaissances est relativement équilibrée entre les genres • Les femmes sont légèrement plus nombreuses à exprimer une bonne connaissance du processus de design • Aucune tendance marquée n'indique une disparité significative liée au genre
Années d'expérience	• Aucune tendance claire selon l'ancienneté en enseignement • Des niveaux de connaissance variés sont observés à travers toutes les tranches d'expérience • La familiarité avec le processus de design semble davantage liée à d'autres facteurs que les seules années d'enseignement
Matières enseignées	• Les personnes enseignant les sciences (seules ou en combinaison avec les mathématiques) tendent à démontrer une meilleure compréhension du processus de design. • Celles enseignant uniquement les mathématiques semblent avoir une connaissance plus limitée. • Cela laisse entendre que le contenu des disciplines enseignées influence la compréhension du processus de design

Les résultats révèlent que la connaissance du processus de design n'est pas exclusivement liée à la formation en ingénierie ou à l'expérience en enseignement. Bien que certaines tendances soient observées, notamment chez les personnes enseignant les sciences, les données indiquent que la familiarité avec le processus de design peut aussi découler de motivations personnelles, d'initiatives individuelles ou d'expériences professionnelles variées. Ces éléments soulignent la complexité des facteurs qui façonnent la compréhension de l'ingénierie en milieu scolaire.

5.6.2. *Interprétation des résultats du processus de design*

Les données recueillies auprès de 16 personnes participantes révèlent divers niveaux de familiarité avec le processus de design. Sept personnes participantes déclarent en avoir une bonne compréhension, six disent qu'elles le connaissent « un peu » et trois indiquent qu'elles ne le connaissent « pas vraiment ».

Les différents niveaux de compréhension sont affinés par des explications détaillées du processus de design, ce qui mène à des redressements dans la catégorisation des réponses de certaines personnes. Ce point est important, car certaines personnes interrogées déclarent ne pas connaître le processus, alors qu'elles peuvent le décrire avec exactitude. Cependant, cette incohérence dans leurs réponses révèle que certaines personnes enseignantes participantes ne se sentent pas à l'aise avec leur compréhension du processus de design. Pour certaines personnes participantes, l'idée générale du processus de design est décrite avec facilité, mais la description de chaque étape est plus ardue, ce qui met en évidence un domaine dans lequel un soutien supplémentaire pourrait être nécessaire.

Parmi les thèmes clés avancés par les personnes enseignantes participantes, l'un est évoqué par sept personnes participantes : la nature itérative du processus de design. Ce thème récurrent s'aligne sur l'idée que le design implique des cycles continus de planification, de recherche, de test, d'évaluation et d'affinage. L'accent mis sur l'itération reflète un alignement encourageant sur les principes fondamentaux du design, suggérant que les membres du corps enseignant reconnaissent son importance dans le développement de solutions efficaces.

Nous sommes agréablement surprises de constater que quatre personnes participantes mettent en avant l'importance de l'identification des problèmes et l'usage de l'empathie pour comprendre ces problèmes en profondeur. L'empathie, ainsi que la prise en compte des besoins des individus et des communautés pour lesquels les solutions sont conçues, est parfois négligée par les élèves. Il est donc encourageant de constater que l'accent est placé sur le rôle central des personnes et des communautés dans le processus de design. De plus, deux personnes participantes soulignent que la collaboration est un élément crucial du processus de design, indiquant que le partage des idées et le travail en équipe sont essentiels pour obtenir de bons résultats. Ce thème remet en question le stéréotype du designer solitaire, en soulignant la nature collaborative du travail de design moderne, qui est essentiel pour favoriser l'innovation.

Trois personnes participantes établissent un parallèle entre le processus de design et la méthode scientifique. Cette comparaison met en évidence l'approche méthodique des tests et de l'optimisation des solutions, renforçant l'idée que le design, à l'instar de la méthode scientifique, repose sur une expérimentation et un perfectionnement systématique. De telles analogies peuvent aider le corps enseignant, souvent plus familier avec les pratiques scientifiques, à mieux appréhender le processus de design. En outre, sept personnes participantes soulignent que le remue-méninges et la recherche constituent des étapes initiales cruciales du processus de design. Le prototypage, mentionné par cinq personnes participantes, apparaît également comme un thème clé, soulignant l'importance de créer et de

tester des prototypes pour améliorer les solutions. Ces résultats suggèrent que les personnes enseignantes participantes reconnaissent l'importance des étapes fondamentales du processus de design, même si elles ne se disent pas toujours confiantes quant à leur compréhension globale. Huit personnes participantes identifient la résolution de problèmes comme étant un aspect indispensable du processus de design. Ce thème reflète une large reconnaissance du fait que le design consiste intrinsèquement à aborder et à résoudre des problèmes, même lorsque les conceptions initiales ne donnent pas les résultats escomptés. L'accent mis sur la résolution de problèmes renvoie à la nature itérative du design, où les échecs sont considérés comme des opportunités d'apprentissage et d'amélioration.

En analysant les données selon les différences démographiques, nous observons que les personnes ayant une formation formelle en ingénierie présentent une proportion notable de personnes ayant une bonne compréhension du processus de design. Cependant, celles qui n'ont pas suivi une telle formation affichent également un niveau de familiarité similaire, suggérant que l'exposition au processus de design ne dépend pas exclusivement de l'éducation formelle. Par exemple, les membres du corps enseignant sans formation formelle en ingénierie peuvent être exposés au processus de design à travers le programme-cadre de sciences de la 9e année, ainsi que lors d'ateliers de développement professionnel offerts par des organisations telles que l'APSO (l'Association des professeurs de sciences de l'Ontario), Actua, Parlons sciences et le Centre franco.

Les différences entre les genres en ce qui concerne la compréhension du processus de design sont minimales. Les femmes semblent légèrement plus susceptibles de bien comprendre le processus de design, mais les différences restent minimales, ce qui laisse entendre que le genre n'est probablement pas un facteur déterminant dans la connaissance de ce processus. Cela révèle que le niveau de compréhension est généralement équitable entre les genres dans cet échantillon. De plus, il n'y a pas de tendance claire liant le nombre d'années d'expérience dans l'enseignement à la compréhension du processus de design. Cela suggère que la familiarité avec le processus de design n'est pas nécessairement liée au nombre d'années d'enseignement, ce qui met en évidence la diversité des expériences et des formations des personnes participantes. Il est possible que les nouvelles personnes enseignantes, qui ont peut-être reçu une formation plus récente sur le programme actualisé, soient tout aussi familières avec le processus de design que leurs homologues plus expérimentés. Enfin, le personnel enseignant de sciences, en particulier celui qui se consacre exclusivement à cette discipline, semble mieux maîtriser le processus de design que ses collègues enseignant uniquement les mathématiques. Cela indique que l'exposition à la recherche scientifique et à la résolution de problèmes dans l'enseignement des sciences peut favoriser une meilleure compréhension du processus de design, notamment lorsque celui-ci est intégré au programme-cadre des sciences.

Dans l'ensemble, les données indiquent une familiarité générale avec le processus de design parmi les personnes participantes, bien que les niveaux de compréhension varient. Si les cours de génie, au postsecondaire, semblent contribuer à une meilleure maîtrise du processus, ce facteur n'est pas exclusif, comme le montrent les différents niveaux de connaissance observés chez des personnes sans formation en ingénierie. Le genre n'a pas d'impact significatif sur la compréhension, tandis que l'expertise disciplinaire, en particulier en sciences, semble être associée à une meilleure compréhension du processus de design. Ces observations reflètent la nature complexe et multiforme de l'enseignement et de la pratique du design, et mettent en évidence les domaines dans lesquels une formation continue ciblée pourrait améliorer la compréhension du corps enseignant.

5.7. Compréhension de l'ingénierie selon les personnes participantes

Lorsque nous demandons aux membres du personnel enseignant s'ils possèdent une compréhension complète de l'ingénierie, 13 des 15 personnes répondent immédiatement par la négative. Parmi les deux personnes affirmant avoir une compréhension complète, l'une, Frédéric, assimile en réalité l'ingénierie au processus de design, en se concentrant uniquement sur cet aspect. Il explique qu'il comprend le processus de design et se sent capable de l'enseigner, sans toutefois aborder l'ingénierie en tant que profession dans son ensemble. L'autre personne, Ali, affirme d'abord avoir une compréhension complète de l'ingénierie. Cependant, au fil de la discussion il exprime des doutes, admettant qu'il n'est pas certain de bien connaître l'ensemble des domaines de l'ingénierie. Sa réponse initiale est ainsi nuancée au cours de l'entretien, révélant que sa compréhension n'est pas aussi complète qu'il le pensait au départ. En fin de compte, personne ne peut affirmer avec certitude avoir une compréhension complète de l'ingénierie. Leur raisonnement tourne autour de certains thèmes, que nous explorons dans ce qui suit.

Premièrement, de nombreuses personnes répondantes ($n = 13$) déclarent explicitement qu'elles n'ont pas une compréhension complète de l'ingénierie. Par exemple, Nathan l'exprime clairement : « *Sûrement pas, non, non, je vas jamais croire ça* ». De même, Émilie souligne ce point en disant : « *Non, parce que, ouin, c'est ça que je dis à mes élèves. Comme à chaque fois qu'on pense qu'on sait tout, c'est quand on sait rien* ». Nour reconnaît également cette limitation, en disant : « *Certainement pas parce que je l'ai pas vécu, mais, eh, que j'ai une compréhension partielle. Certainement* ». George fait écho à ces sentiments en déclarant : « *J'ai une impression vague, mais, je me dirais pas, loin d'être expert dans le domaine* ».

Deuxièmement, les personnes interrogées mentionnent parfois l'immensité et la complexité de l'ingénierie en tant que domaine ($n = 4$). Maya le décrit comme étant « *un domaine super vaste* », un

sentiment partagé par Lucas, qui l'énonce aussi par « *super vaste* ». Cette immensité, associée à la nature en constante évolution de l'ingénierie, fait qu'il est difficile de saisir pleinement tous les aspects de la discipline.

Troisièmement, l'idée que l'ingénierie est en constante évolution est un thème récurrent parmi cinq personnes interrogées. Lucas note qu'il y a « *toujours des choses qui vont s'ajouter avec le temps [...] des nouvelles recherches, des choses comme ça* ». Elie développe ce point en disant :

Je pense [que] l'ingénierie est tellement en évolution qu'on peut jamais vraiment avoir une compréhension complète. Comme il n'y a aucun ingénieur je pense, qui dirait je comprends complètement c'est quoi l'ingénierie parce que c'est un domaine qui évolue, les sciences évoluent, right. Ils sont toujours en train de changer, donc on doit toujours être prêts à chercher à mieux comprendre l'ingénierie et à avoir un esprit ouvert.

Mariam souligne également l'évolution constante de l'ingénierie, ajoutant :

Puis en plus ça évolue tout le temps. [...] Puis ce que j'essaie de faire comprendre (à mes élèves), c'est que tu sais, t'as pas besoin de tout savoir, tu sauras jamais tout. Ce qui est important, c'est de toujours vouloir continuer à apprendre.

Quatrièmement, quatre personnes répondantes soulignent que leur compréhension de l'ingénierie est influencée par leurs expériences personnelles ainsi que par les domaines spécifiques qu'elles ont étudiés ou dans lesquels elles ont travaillé. Maya explique que, bien qu'elle maîtrise ce qu'elle a étudié, l'ingénierie est si vaste qu'il est impossible de tout connaître et qu'elle n'a abordé qu'une partie de ce domaine. Émilie le reconnaît également en déclarant :

L'ingénierie change énormément. Donc j'ai une compréhension très bonne de ce que moi j'ai vécu. Mais il y a tout un monde que je connais pas. Surtout si je pense comme l'informatique, comment ça change, comme à chaque cinq ans.

Cinquièmement, les réponses de deux personnes soulignent que l'ingénierie est un domaine hautement spécialisé, comprenant de nombreux sous-domaines distincts. Mariam l'explique de cette façon :

Mon bac était en aérospatiale. [...] Y avait trois domaines différents en aérospatiale. [...] Il y avait comme un domaine A, B ou C. Puis moi ce que je voulais faire, [...] améliorer les engins qui existaient déjà pour être plus écolos. [...] Mais le domaine C là, [...] ce sont des personnes qui sont essentiellement des

ingénieurs [...] électriques [en aérospatial]. [...] Je comprenais rien de ce qu'il me disait. Fait que, même là quand j'étudiais la même chose et le même bac que d'autres personnes. Non. [Je ne comprends pas tout].

En résumé, les principaux thèmes qui se dégagent des données sont la reconnaissance d'une connaissance incomplète, l'ampleur et la nature évolutive de l'ingénierie, l'influence de l'expérience personnelle, ainsi que la spécialisation. Les personnes répondantes reconnaissent que l'ingénierie est un domaine complexe et en constante évolution, nécessitant un apprentissage continu, et elles ne prétendent pas en maîtriser tous les aspects.

5.7.1. Différences démographiques dans la compréhension de l'ingénierie

Les réponses des personnes participantes concernant leur compréhension de l'ingénierie révèlent des différences démographiques intéressantes. La carte thermique à la Figure 18 met en évidence le thème des connaissances incomplètes de l'ingénierie, avec les thèmes les plus fréquemment mentionnés en teintes foncées et les thèmes moins mentionnés en teintes plus pâles. La ligne de teinte rouge montre clairement que les personnes participantes reconnaissent presque unanimement ne pas posséder de connaissances complètes en ingénierie, et ce constat se maintient à travers les différents groupes démographiques.

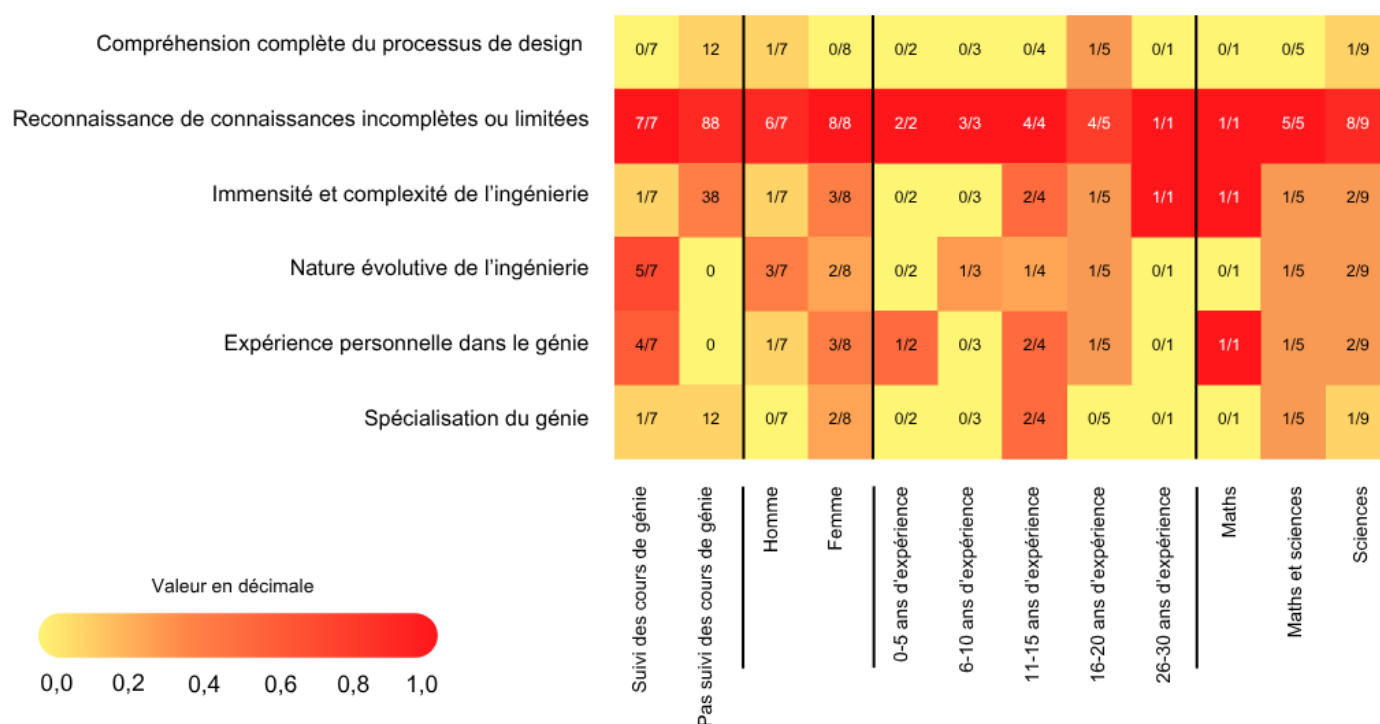


Figure 18 – Carte thermique des connaissances du processus de design selon différents groupes démographiques

Puisqu'il est constaté que toutes les personnes participantes sauf une n'ont pas une compréhension complète de l'ingénierie, nous concentrons notre analyse sur les thèmes récurrents dans leurs réponses. Ces thèmes incluaient l'immensité et la complexité de l'ingénierie, la nature évolutive du domaine, l'expérience personnelle dans la profession, ainsi que la diversité des domaines d'expertise au sein de l'ingénierie. Afin de mieux comprendre ces perceptions, nous examinons également les données démographiques selon les cours suivis au postsecondaire, le genre, les années d'expérience en enseignement et les matières enseignées.

Pour mieux comprendre les facteurs susceptibles d'influencer la perception de l'ingénierie chez les personnes participantes, une analyse croisée est réalisée en tenant compte de leur formation postsecondaire, de leur genre, de leurs années d'expérience en enseignement et des matières qu'elles enseignent. L'objectif n'est pas d'établir des liens de causalité, mais plutôt de dégager certaines tendances dans les discours recueillis. Le Tableau 31 présente une synthèse des observations tirées de cette analyse qualitative.

Tableau 31 – Résumé des différences dans la connaissance de l'ingénierie selon le profil des personnes participantes

Catégorie	Observations principales
Formation en ingénierie	• Peu importe la formation, la majorité des personnes participantes reconnaissent une compréhension incomplète de l'ingénierie. • Celles ayant une formation en ingénierie soulignent davantage l'évolution constante du domaine. • Celles sans formation insistent davantage sur la complexité globale de l'ingénierie.
Genre	• La majorité des hommes et des femmes admettent avoir une compréhension partielle de l'ingénierie. • Les femmes mentionnent un peu plus souvent la spécialisation du domaine comme raison pour une compréhension partielle de l'ingénierie • Les deux genres reconnaissent la complexité et l'évolution de l'ingénierie, avec une légère dominance féminine concernant l'influence de l'expérience personnelle.
Années d'expérience	• Aucune tendance nette ne relie l'ancienneté à une compréhension complète. • Les personnes ayant plus d'années d'enseignement sont plus susceptibles de discuter de la complexité, de l'évolution et de la spécialisation de l'ingénierie.
Matières enseignées	• Une compréhension complète n'est évoquée que par une personne enseignant uniquement les sciences. • Les personnes enseignant les sciences ont tendance à exprimer une vision plus nuancée de l'ingénierie, incluant son évolution, sa complexité et sa spécialisation. • Les personnes enseignant uniquement les mathématiques expriment une perspective plus limitée.

5.7.2. Interprétation des résultats sur la compréhension de l'ingénierie

La majorité des personnes participantes (13 sur 15) reconnaît immédiatement qu'elles ne comprennent pas toutes les facettes de l'ingénierie. Une personne participante croit d'abord avoir une compréhension complète, mais exprime ensuite des doutes, tandis qu'une autre interprète la question comme se rapportant uniquement au processus de design. Cela indique que la plupart des membres du personnel enseignant interrogés reconnaissent la complexité de l'ingénierie et admettent ne pas en maîtriser tous les aspects. Cependant, pour la plupart des personnes participantes, il semble plus probable

qu'elles soient conscientes de l'étendue de l'ingénierie mais qu'elles ne prétendent pas en saisir toutes les composantes, ce qui est compréhensible compte tenu de l'immensité du domaine.

Les personnes enseignantes identifient l'ingénierie comme étant vaste et complexe, ce qui contribue à leur sentiment de compréhension incomplète. Cette reconnaissance de la complexité peut également suggérer que l'étendue de l'ingénierie peut être écrasante, en particulier pour celles qui ne sont pas profondément familières avec le domaine. La prise de conscience de cette complexité souligne les défis auxquels le corps enseignant est confronté pour comprendre et enseigner un domaine englobant de multiples spécialités et champs d'expertise.

Cinq personnes participantes soulignent que l'ingénierie est un domaine en constante évolution. Cette observation reflète la nature dynamique de la profession, où les progrès et les innovations constants rendent difficile une compréhension exhaustive. La reconnaissance de cette évolution continue suggère que même celles qui possèdent une certaine connaissance de l'ingénierie ont du mal à suivre le rythme rapide des changements dans ce domaine.

Les personnes participantes ayant une expérience préalable en ingénierie notent que leur compréhension du domaine est influencée par leurs expériences personnelles et par leur spécialisation spécifique. Par exemple, l'expérience de Mariam en ingénierie aérospatiale illustre comment une spécialisation pointue peut limiter la perception de l'ensemble du paysage de l'ingénierie. Bien que la formation en ingénierie comprenne un tronc commun (notamment en mathématiques appliquées et dans certains fondements disciplinaires partagés) destiné à fournir une base générale, les parcours professionnels et académiques spécialisés peuvent néanmoins orienter les représentations individuelles vers une vision plus restreinte du champ d'action de la profession. Cette observation souligne que les représentations sociales de l'ingénierie peuvent être façonnées autant par les contenus partagés que par les expériences spécifiques vécues dans un sous-domaine donné.

Les différences démographiques montrent que les personnes participantes qui avaient étudié l'ingénierie ou suivi des cours d'ingénierie ne prétendent pas avoir une compréhension complète, mais sont plus conscientes de la nature évolutive du domaine. En revanche, celles qui n'ont pas suivi de cours d'ingénierie reconnaissent également que leur compréhension est incomplète, mais sont moins enclines à discuter de l'évolution du domaine. Cette disparité est raisonnable, car les personnes ayant suivi une formation en ingénierie sont plus susceptibles d'avoir une vision plus approfondie du rythme auquel la profession évolue. Il convient toutefois de noter que notre étude ne s'est pas penchée sur la participation éventuelle des personnes enseignantes à des activités de formation continue en lien avec l'enseignement

du génie, ce qui pourrait également influencer leurs représentations et leur niveau de familiarité avec le domaine.

Les personnes participantes ayant une formation en ingénierie sont plus susceptibles d'évoquer la spécialisation au sein du domaine, ce qui illustre que l'éducation formelle favorise une meilleure compréhension des diverses sous-disciplines de l'ingénierie. Ce résultat est attendu, car les personnes ayant une connaissance et une expérience directes avec l'ingénierie ont naturellement une compréhension plus nuancée de ces différents domaines. Les cours d'ingénierie semblent ainsi renforcer la compréhension des spécialisations et de l'évolution du domaine, bien qu'aucune des personnes participantes ne prétende maîtriser l'ingénierie dans son ensemble.

En ce qui concerne les années d'expérience en enseignement, aucune corrélation évidente n'émerge entre l'ancienneté et la perception d'une compréhension complète de l'ingénierie. Toutefois, les personnes enseignantes plus expérimentées sont davantage enclines à aborder la complexité, l'évolution et la spécialisation du domaine. Cela suggère que les membres du personnel enseignant expérimenté peuvent posséder une meilleure compréhension de la profession, peut-être grâce à la formation continue, à la recherche autodirigée ou à l'exposition cumulative au fil du temps.

Enfin, le personnel enseignant en sciences est plus enclin à parler de la complexité et de la nature évolutive de l'ingénierie que celui qui enseigne les mathématiques. Cela peut s'expliquer par l'alignement plus étroit des sciences sur les principes de l'ingénierie et par l'intégration du processus de design dans le programme-cadre de sciences en 9^e année, ce qui n'est pas aussi courant en mathématiques. En mathématiques, l'accent est mis sur le codage, que les membres du personnel enseignant peuvent ou non associer à l'ingénierie, ce qui accentue encore davantage leurs perceptions du domaine.

5.8. Résumé du chapitre

Le chapitre 5 se concentre sur l'analyse des représentations de l'ingénierie et des spécialistes en ingénierie à partir des données recueillies dans le cadre de l'activité DAET et des entretiens semi-structurés. Le chapitre commence par l'exploration des représentations visuelles créées par 14 personnes participantes, qui dessinent ou décrivent des personnes œuvrant en ingénierie. L'analyse regroupe ces thèmes en fonction des activités, du lieu de travail, de l'âge, du genre et de la familiarité avec la personne représentée. Les thèmes clés des activités identifiées comprennent le design et la construction, tandis que des thèmes moins courants tels que les trains et la programmation sont notés. Un symbole récurrent est celui du casque dur, présent dans 7 des 12 dessins, ce qui laisse croire que ce type d'équipement est encore largement perçu comme emblématique de la profession d'ingénierie.

En ce qui concerne les lieux de travail, la plupart des personnes participantes (9 sur 14) représentent des spécialistes en ingénierie qui travaillent dans un bureau, tandis que 5 indiquent un chantier de construction comme lieu de travail. Une observation importante est que les personnes œuvrant en ingénierie sont perçues comme polyvalentes, participant à la fois à des tâches de bureau, telles que la planification et le design, et à des activités sur le terrain, telles que la supervision de la construction.

Pour ce qui est du genre des spécialistes en ingénierie dessinés, la majorité des personnes participantes (10 sur 14) choisissent de ne pas préciser le genre des personnes dans leur dessin ou leurs discussions. Certaines personnes participantes, en particulier celles ayant une expérience personnelle dans le domaine de l'ingénierie, soulignent le déséquilibre persistant entre les genres dans ce domaine et l'importance d'exposer les jeunes aux circonstances opportunes d'ingénierie dès leur plus jeune âge.

Les résultats du DAET sur l'âge des spécialistes en ingénierie signalent que les tranches d'âge les plus fréquemment représentées dans les dessins sont celles de 25 à 34 ans, 35 à 44 ans et 45 à 54 ans, chacune étant mentionnée dans 8 dessins sur 14. Les tranches d'âge moins représentées incluent les jeunes de 18 à 24 ans, ainsi que les personnes plus âgées, de 55 à 64 ans et de 65 ans et plus.

Après l'activité du DAET, les personnes participantes définissent l'ingénierie lors de l'entrevue semi-dirigée. Celles-ci donnent des réponses variées, allant de simples phrases à des explications détaillées accompagnées d'exemples. Des thèmes communs sont mentionnés : notamment la résolution de problèmes, l'application des sciences et des mathématiques, le design et l'innovation, les résultats économiques et pratiques et le rôle de la technologie. Le concept le plus fréquemment mentionné est la résolution de problèmes, souvent liée à la pensée critique et à l'utilisation des connaissances scientifiques pour atteindre des objectifs spécifiques. Dans l'ensemble, bien que les définitions varient, l'importance accordée à la résolution de problèmes et au design reste constante dans plusieurs réponses. L'analyse révèle que les personnes participantes ayant suivi des cours de l'ingénierie au postsecondaire donnent des définitions plus précises, tandis que celles qui n'ont pas cette expérience en ingénierie ont tendance à associer l'ingénierie à ses applications pratiques.

La comparaison entre les dessins et les définitions de l'ingénierie montre un écart entre la représentation visuelle, souvent concrète et stéréotypée (par exemple, la construction, les outils et la gestion de projet), et la définition verbale, plus abstraite et conceptuelle (par exemple, la résolution de problèmes et les mathématiques). Cette divergence indique que les représentations sociales de l'ingénierie exprimées par les personnes participantes varient selon le mode d'expression, soulignant à la fois l'importance des images culturelles partagées et la richesse des idées liées à la profession.

En plus de définir l'ingénierie, les personnes participantes à l'étude identifient plusieurs rôles clés de l'ingénierie dans la société. Le thème le plus fréquemment mentionné, par neuf personnes participantes, est que l'ingénierie contribue à améliorer la qualité de vie en résolvant des problèmes sociétaux et en rendant le monde plus efficace, avec des exemples allant des moyens de transport aux avancées dans le domaine médical. Les personnes participantes ayant suivi des cours d'ingénierie sont davantage portées à concevoir l'ingénierie comme un levier d'amélioration des conditions de vie, tandis que celles sans formation en ingénierie tendent plutôt à en souligner les aspects pratiques et les solutions concrètes. Les différences liées aux genres révèlent que les hommes associent plus souvent l'ingénierie à l'amélioration de la vie, tandis que les femmes mettent davantage l'accent sur la résolution de problèmes concrets et de façon plus singulière, sur les avantages de la profession ainsi que sur la robotique. Dans l'ensemble, l'étude révèle que l'ingénierie est perçue à la fois comme un outil d'amélioration de la vie et de résolution de problèmes concrets, les variations étant influencées par des facteurs démographiques.

Les personnes participantes à l'étude expriment ensuite des points de vue variés sur les profils des personnes qui devraient poursuivre des études en génie. Six d'entre elles soulignent que cette discipline devrait être accessible à tout le monde, certaines avançant que la diversité des forces des élèves peut constituer un atout précieux pour le domaine. Sept personnes participantes mettent l'accent sur les élèves qui ont une passion ou un intérêt pour l'ingénierie, tandis que cinq mentionnent que les jeunes passionnés par la résolution de problèmes sont bien adaptés à la profession. Une personne participante souligne l'importance d'encourager les filles à entrer dans le domaine, en notant leur sous-représentation et leurs contributions potentielles. Dans l'ensemble, les réponses suggèrent que l'intérêt pour l'ingénierie gagnerait à être encouragé de façon générale, tout en portant une attention particulière aux groupes sous-représentés, afin de favoriser l'intégration des perspectives variées et des solutions diversifiées.

Les personnes participantes ayant suivi des cours d'ingénierie au palier postsecondaire sont plus enclines à penser que toute personne motivée par ce domaine devrait s'y engager. En revanche, celles sans formation en ingénierie mettent davantage l'accent sur les jeunes qui aiment résoudre des problèmes et qui possèdent des habiletés dans ce sens, les considérant comme des candidatures idéales. En ce qui concerne le genre, les hommes sont plus enclins à considérer que seules les personnes véritablement intéressées devraient entreprendre des études en génie, tandis que les femmes mettent davantage l'accent sur l'importance des compétences en résolution de problèmes.

Les personnes enseignantes participantes identifient une gamme de compétences et qualités essentielles pour la poursuite d'une carrière en ingénierie, notamment la résolution de problèmes, la pensée logique, la maîtrise des mathématiques et des sciences, la communication, la curiosité, la

créativité, la gestion du stress, la résilience, la persévérance, la patience, les connaissances interdisciplinaires, la flexibilité, l'attention aux détails et la capacité à collaborer. Elles soulignent la nécessité d'une approche équilibrée, qui conjugue à la fois les compétences et les qualités personnelles, afin de favoriser la réussite dans ce domaine.

Les hommes tendent à mettre un peu plus l'accent sur les compétences en mathématiques et en sciences, tandis que les personnes chevronnées en enseignement valorisent davantage la créativité. Les personnes enseignantes de sciences mettent particulièrement l'accent sur la résolution de problèmes et les compétences scientifiques, contrairement à celles qui enseignent uniquement les mathématiques ou les deux matières. Ces résultats montrent une appréciation générale pour certaines compétences, avec des nuances selon les caractéristiques démographiques.

Parmi les 16 personnes interrogées sur leur connaissance du processus de design, 7 affirment bien le connaître, 6 confirment posséder une compréhension partielle et 3 reconnaissent avoir des connaissances limitées. Les thèmes récurrents dans les réponses incluent l'aspect itératif du processus, l'importance de l'empathie et de l'identification des problèmes, ainsi que la collaboration en équipe. Bien que ce ne soient pas toutes les personnes enseignantes qui peuvent nommer précisément chaque étape, elles partagent une compréhension générale de la méthodologie de design.

Parmi les personnes ayant suivi des cours d'ingénierie au postsecondaire, la compréhension du processus de design tend à être plus développée, bien que la formation formelle ne constitue pas le seul facteur déterminant. Les différences observées selon le genre laissent entrevoir que les femmes possèdent, dans l'ensemble, une compréhension légèrement plus approfondie du processus de design que leurs homologues masculins. Enfin, les personnes enseignantes de sciences semblent généralement mieux comprendre le processus de design que celles qui enseignent exclusivement les mathématiques.

Les perceptions du personnel enseignant concernant leur compréhension de l'ingénierie révèlent une reconnaissance généralisée d'une connaissance incomplète de ce domaine complexe. Sur 15 personnes participantes, 14 admettent ne pas en maîtriser tous les aspects, tandis qu'une autre interprète la question comme se rapportant uniquement au processus de design, et non à l'ingénierie dans son ensemble. Les personnes répondantes soulignent l'ampleur et la nature évolutive de l'ingénierie, ainsi que l'influence de leurs expériences personnelles et de la spécialisation. Les différences démographiques illustrent que, malgré des variations dans les expériences et les matières enseignées, il existe une perception commune de la complexité et de l'évolution continue de l'ingénierie.

Le DAET et les entretiens permettent d'identifier plusieurs aspects clés de l'ingénierie et des personnes travaillant en génie. Ces dernières jouent un rôle important dans la société en résolvant des problèmes et en proposant des solutions concrètes. L'ingénierie est un domaine accessible à tout le monde, quel que soit le genre, où la passion et l'intérêt constituent les qualités les plus déterminantes. Parmi les compétences jugées essentielles figurent la résolution de problèmes, des bases solides en mathématiques et en sciences, ainsi que la créativité. Les spécialistes en ingénierie travaillent généralement dans des bureaux ou sur des chantiers. De plus, le processus de design est présenté comme une démarche itérative impliquant à la fois de l'empathie et l'identification de problèmes concrets. Ces points clés sont résumés dans la Figure 19 qui conclut ce chapitre.

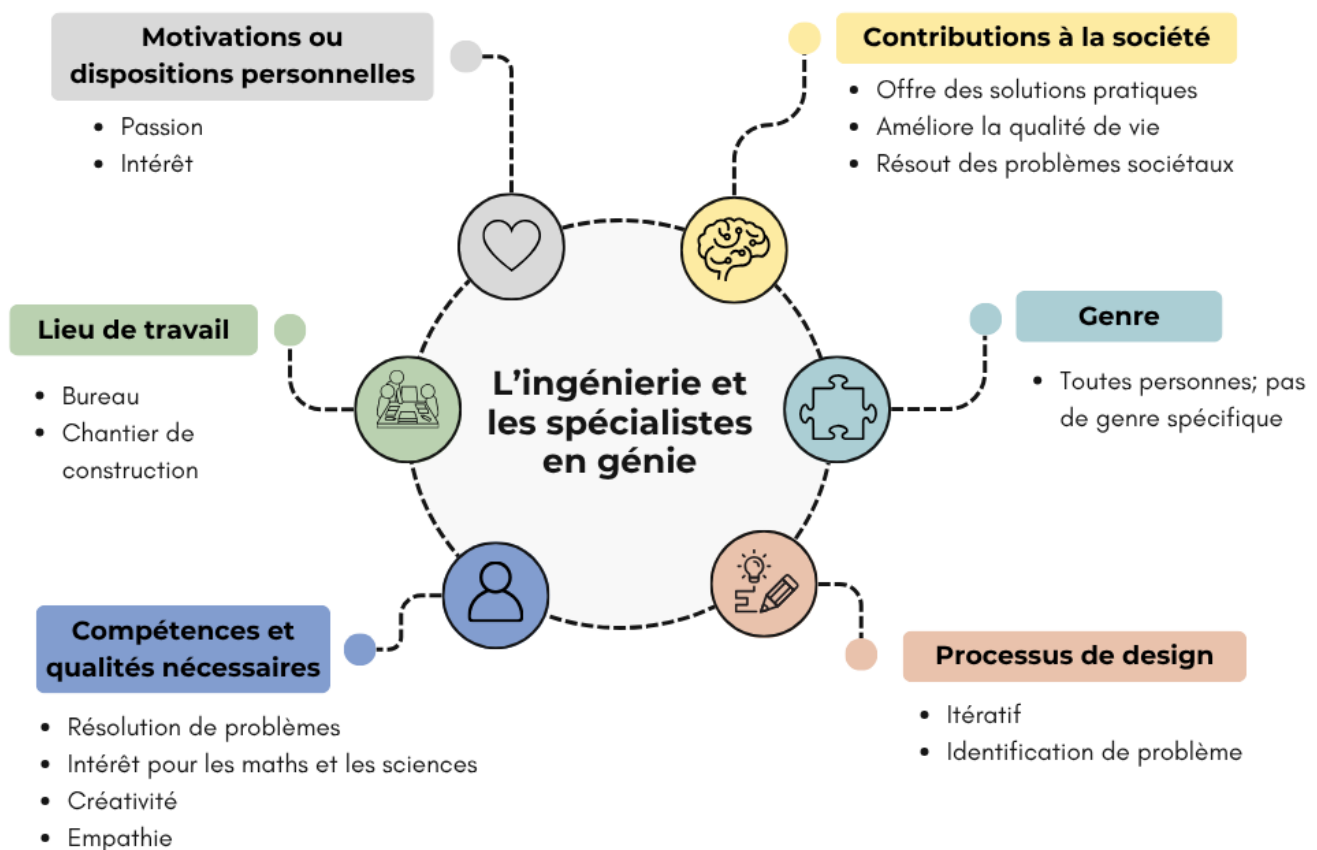


Figure 19 – Description des personnes œuvrant en ingénierie selon les personnes participantes à notre étude

Chapitre 6 – Analyse et interprétation des représentations de l'ingénierie en salle de classe

Le chapitre 6 présente les résultats des entretiens semi-structurés, en se concentrant sur les résultats de la discussion de l'intégration de l'ingénierie dans la classe. Nous débutons avec le questionnement des personnes enseignantes participantes à savoir si elles ont déjà demandé à leurs élèves de créer ou de construire quelque chose. Cette première discussion vise à déterminer si les personnes participantes reconnaissent le lien entre la création et l'ingénierie, avant de les interroger directement si elles ont déjà intégré l'ingénierie dans leur classe. Nous demandons ensuite si elles pensent que l'ingénierie a sa place dans les cours de sciences et de mathématiques dans les écoles secondaires, et d'explicitier leur raisonnement. Par la suite, il y a une exploration des obstacles potentiels à l'intégration de l'ingénierie rencontrés dans leurs cours, et, enfin, les appuis dont elles ou leurs collègues pourraient nécessiter pour réussir à intégrer l'ingénierie dans leurs cours de mathématiques et de sciences. Chacune de ces questions est examinée en détail, suivie d'une interprétation des résultats, en commençant par les tâches liées à la création et à la construction.

6.1. Les activités de conception et de construction

Lorsque nous interrogeons les personnes participantes si elles ont déjà demandé à leurs élèves de créer ou de construire quelque chose, 12 personnes participantes répondent par l'affirmative, et 2 sont incertaines et 2 personnes ne répondent pas à cette question. Les personnes enseignantes fournissent divers exemples, indiquant que la construction et la création sont des activités courantes dans leurs classes. Par exemple, certaines personnes enseignantes, comme Maya, mentionnent que leurs élèves s'engagent fréquemment dans des projets créatifs. D'autres, comme Elie, saisissent rapidement l'orientation de nos questions et font le lien entre la construction et la création, d'une part, et le processus de design, d'autre part : « *Yeah, yeah, um, en fait, j'ai déjà fait comme des activités pour mimiquer le processus de design* ». Lorsqu'on pose la question à Ali, il indique qu'il enseignait principalement la biologie et la chimie, expliquant que la construction et la création sont plus courantes dans les cours de physique. Hannah mentionne la même chose. Ces deux personnes participantes déclarent donc qu'elles ne savent pas si elles demandent à leurs élèves de construire ou de créer quelque chose. Cependant, au fil de l'entretien, elles donnent toutes deux des exemples de ce qu'elles font dans leurs propres classes, réalisant ainsi que les membres du personnel enseignant de physique ne sont pas les seuls à pouvoir amener leurs élèves à concevoir et à créer des choses.

Quelques thèmes clés liés à la manière dont les personnes enseignantes abordent la conception et la construction dans leurs cours ressortent. Le premier thème est l'intégration de la technologie et de la

programmation. Certaines personnes participantes placent l'accent sur l'utilisation de la technologie, en particulier la programmation, dans les projets des élèves. Par exemple, Maya explique que ses élèves créent un site web pour le cours GLS (intitulé : Stratégies d'apprentissage pour réussir à ou après l'école secondaire). Dans son cours de gestion des données, les élèves construisent des programmes informatiques en utilisant App Script. Ici, les élèves doivent apprendre à créer des App Scripts à l'aide de JavaScript. Au départ, les jeunes créent eux-mêmes des programmes simples, tels que des diagrammes à bandes, à l'aide d'un langage de programmation. Pour les tâches plus complexes, Maya introduit ChatGPT, un outil d'intelligence artificielle, pour aider les élèves à écrire du code JavaScript. Les élèves demandent à ChatGPT de générer le code, puis le testent pour évaluer s'il fonctionne correctement. Maya souligne qu'il s'agit d'une expérience très positive et agréable pour les élèves, leur permettant ainsi de comprendre l'utilisation de JavaScript, des scripts d'application dans un navigateur et de l'intelligence artificielle.

Ralph, un autre membre du personnel enseignant de mathématiques, décrit l'une de ses activités. L'activité consiste à utiliser un spiromètre, un appareil qui mesure la capacité pulmonaire, afin que les élèves puissent modéliser la quantité d'air dans leurs poumons pendant les cycles respiratoires. Les données recueillies avec le spiromètre sont ensuite utilisées pour créer des modèles mathématiques basés sur des fonctions trigonométriques, ce qui leur permet d'analyser les cycles respiratoires. L'activité intègre également l'utilisation de logiciels tels que Logger Pro ou Lab Quest, qui permettent aux élèves de générer automatiquement des modèles mathématiques. Les jeunes comparent ces modèles avec ceux qu'ils créent eux-mêmes, ce qui les amène à réfléchir aux similitudes et aux différences, enrichissant ainsi leur compréhension des concepts mathématiques et scientifiques. Ces exemples provenant de personnes enseignantes de mathématiques reflètent l'importance accordée à la culture numérique et à l'intégration des principes de l'informatique dans les différentes matières.

Le deuxième thème soulevé est la créativité et la réflexion sur la conception. Lorsque nous demandons aux personnes participantes si leurs élèves créent quelque chose, certaines personnes participantes sont rapides à faire le lien avec la pensée créative. Bien que cette dernière soit souvent associée aux arts, elle est également au cœur de l'ingénierie. Maya parle d'un projet qu'elle mène avec des élèves dans le cadre d'un cours de sciences où les jeunes effectuent des recherches sur un élément du tableau périodique. Les élèves doivent trouver des sources fiables, créer un storyboard, puis concevoir une histoire dans laquelle un superhéros représente cet élément chimique. Cette activité combine la recherche scientifique et la créativité artistique, permettant aux élèves de s'engager dans le projet éducatif d'une façon innovante.

Émilie mentionne également l'implication de ses élèves dans le travail de conception, en les encourageant à faire de la modélisation. Elie donne plus de détails, expliquant qu'il suit les défis de conception d'une université aux États-Unis, où les activités ne durent qu'une heure. Bien qu'il ne se souvienne pas du nom de l'université, il pense qu'il s'agit de Princeton. Pendant cette heure, les élèves passent par toutes les étapes du processus de design. Les jeunes commencent par explorer une vidéo expliquant le processus de design. Les élèves forment ensuite des groupes de deux pour commencer le projet. Les jeunes ont accès à une variété de matériaux trouvés dans l'école pour concevoir leur projet. Ici, les jeunes suivent les étapes du processus de design, notamment : poser des questions pour identifier un problème ou un besoin ; faire des réflexions initiales sur la conception ; créer un prototype ; demander l'avis de leur partenaire sur le prototype ; faire essayer le prototype par leur partenaire et observer les résultats. À la fin de l'heure, chaque groupe présente son projet à la classe, explique comment il l'a conçu et reçoit une dernière rétroaction. Elie mentionne également qu'il mène des projets plus importants en classe, où les élèves travaillent sur des projets de design pendant plusieurs mois, ce qui leur permet de s'immerger plus profondément dans le processus de design.

Le troisième thème est l'application des concepts scientifiques. L'accent est clairement mis sur l'application de concepts scientifiques et mathématiques dans le cadre de projets pratiques. Dans l'exemple précédent de Ralph, les élèves utilisent des outils tels qu'un spiromètre dans un cours de mathématiques pour visualiser les fonctions trigonométriques des cycles respiratoires. Hannah mentionne également qu'« *en biologie des fois, je vais leur demander de concevoir plus des expériences, comme pour tester des choses* ».

Émilie fournit un autre exemple où elle intègre le processus de design dans ses cours de chimie, en particulier pour les élèves de la 11^e et 12^e année. Elle les encourage à concevoir leurs propres expériences de laboratoire, ce qui les aide à mieux comprendre les concepts scientifiques. Pour ce faire, elle fournit à ses élèves l'objectif général de l'expérience, puis les élèves doivent effectuer des recherches préliminaires, formuler une hypothèse et concevoir l'expérience. Elle donne l'exemple d'une expérience où les élèves doivent produire du dioxyde de carbone. Elle les aide à identifier les bons réactifs, tels que le bicarbonate de soude et le vinaigre, et à comprendre pourquoi ces ingrédients réagissent pour produire du CO₂. Une fois que les jeunes conçoivent et réalisent leur expérience, ils constatent qu'ils peuvent aboutir à des résultats inattendus ou des problématiques (comme la compréhension de la densité des gaz). L'enseignante les aide donc à explorer ces aspects, enrichissant ainsi leur compréhension scientifique. Dans l'ensemble, Émilie explique qu'elle utilise le processus de design pour aider les élèves à mieux comprendre les concepts scientifiques, en les faisant participer activement à la conception et à la réflexion critique tout au long de leurs cours.

Nathan, un enseignant de sciences, explique également ce qu'il fait dans son cours de physique. Il souligne que, pour lui, l'ingénierie consiste à appliquer des connaissances scientifiques et mathématiques dans un contexte pratique pour résoudre des problèmes spécifiques. Il cherche toujours à relier la théorie à la pratique dans ses cours. Il donne l'exemple d'un projet de projectile où les élèves conçoivent des projectiles qui sont lancés par une rampe. Les jeunes effectuent des mesures initiales, telles que la hauteur de la rampe, pour tenter de faire des prédictions du trajet du ballon. Nathan confisque ensuite le ballon, et les élèves doivent utiliser leurs calculs pour faire des hypothèses sur la trajectoire du projectile dans l'air, en plaçant deux cerceaux et un panier de manière à ce que le ballon passe à travers les cerceaux et atterrit dans le panier dès le premier coup. Ce projet combine des concepts de physique et de mathématiques et utilise des outils 3D pour faciliter la conception. Ces activités montrent comment les personnes enseignantes combinent les connaissances théoriques avec des applications pratiques, en aidant les élèves à comprendre des concepts abstraits par le biais d'expériences pratiques.

L'exemple de Nathan s'inscrit parfaitement dans le cadre du dernier thème, qui est la promotion de l'autonomie de l'élève. Les personnes enseignantes mentionnent aussi qu'elles encouragent les élèves à explorer et à résoudre les problèmes de manière indépendante ou avec un minimum de conseils. Par exemple, les jeunes sont invités à concevoir leurs projets, à créer des prototypes et à demander un retour d'information, ce qui favorise l'apprentissage indépendant et la pensée critique.

Jules mentionne qu'il demande à ses élèves de construire une éolienne. Il explique qu'il n'aime pas donner à ses élèves une recette préconçue ou une liste d'instructions pour un laboratoire de sciences parce qu'il veut que ses élèves réfléchissent de manière critique au problème. Il dit : « *je leur dis, OK, on a tout ce matériel-là de disponible. Ça, c'est le but. À la fin de la période, je veux qu'on arrive là, puis débrouillez-vous. Je suis là pour vous aider, je vais vous guider un peu* ». Il explique également que tous les jeunes ne sont pas habitués à cette approche, notant que certains l'adorent, « *d'autres veulent que je les prenne par la main, que je fasse tout le travail pour eux* ». Il souligne qu'il veut pousser ses élèves à sortir de leur zone de confort pour les mettre dans leur zone proximale de développement, telle que décrite par Vygotsky (Venet et al., 2016).

Ces thèmes décrivent collectivement une approche éducative qui s'appuie fortement sur la technologie et la créativité, et qui place l'accent sur l'application pratique et l'apprentissage par l'élève.

6.1.1. Différences démographiques des activités de conception et de construction

Les réponses des personnes participantes révèlent des différences intéressantes quant à la manière dont elles intègrent des activités de conception ou de construction dans leurs cours de sciences ou

de mathématiques. La carte thermique à la Figure 20 illustre les principaux thèmes abordés à travers les divers groupes démographiques, les teintes foncées représentant les thèmes les plus fréquemment mentionnés et les teintes plus pâles indiquant une moindre présence. Comme plusieurs personnes participantes décrivent des activités comportant plusieurs dimensions, par exemple, un projet où les élèves conçoivent un protocole de laboratoire de manière autonome, une activité peut être codée sous plusieurs thèmes.

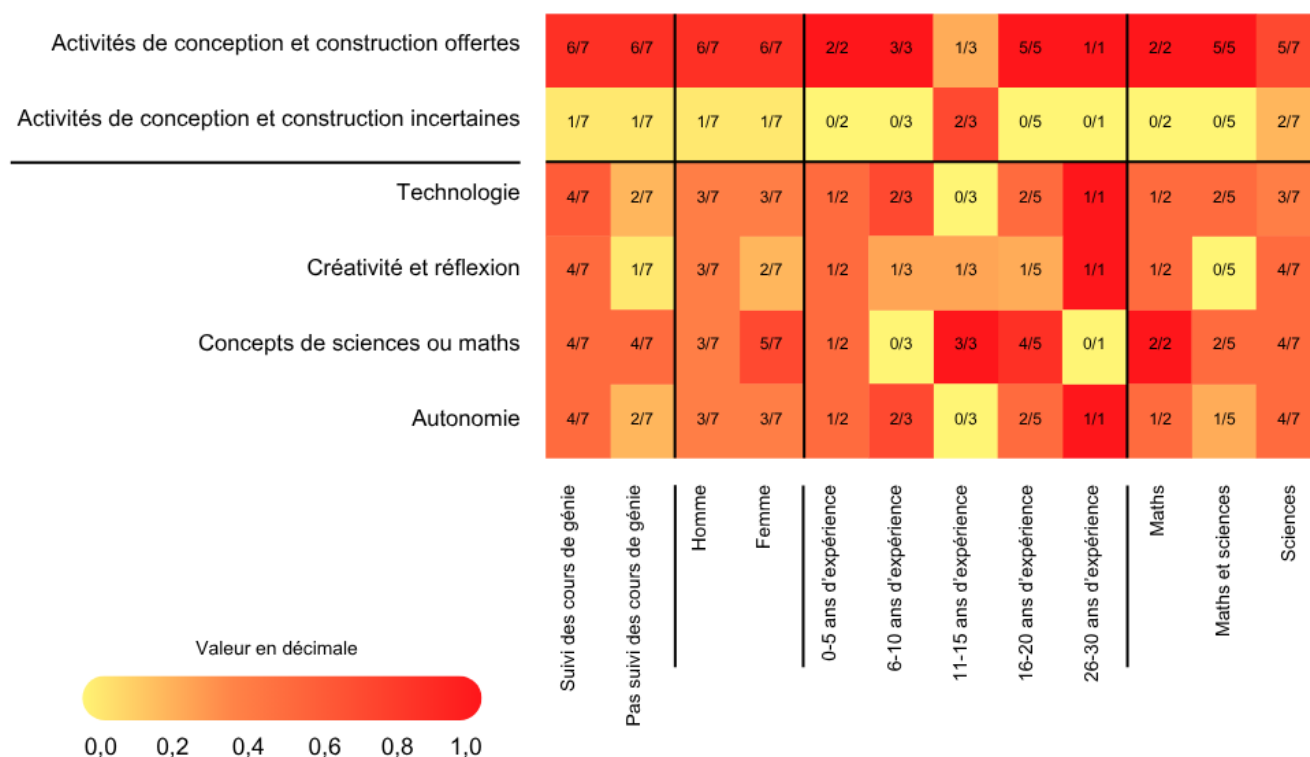


Figure 20 – Carte thermique des activités de conception et de construction selon différents groupes démographiques

Les tendances thématiques varient selon chaque groupe démographique. Par exemple, les personnes ayant une formation en ingénierie semblent présenter une plus grande diversité d'activités intégrant la technologie, l'autonomie et la créativité, alors que celles sans formation en ingénierie mettent davantage l'accent sur l'approfondissement des concepts scientifiques et mathématiques. Le Tableau 32 présente une synthèse des principales tendances observées dans les réponses selon les différents profils démographiques.

Tableau 32 – Résumé des différences dans les activités de conception et de construction selon le profil des personnes participantes

Catégorie	Observations principales
Formation en ingénierie	- Toutes les personnes participantes proposent de telles activités, peu importe leur formation. - Celles ayant une formation en ingénierie mentionnent plus fréquemment des activités intégrant la technologie, la créativité et l'autonomie. - Celles sans formation en ingénierie mettent davantage l'accent sur les concepts scientifiques et mathématiques.
Genre	- Les hommes et les femmes rapportent un niveau similaire de mise en œuvre d'activités de conception ou de construction. - Les femmes lient davantage les activités à l'enseignement de concepts disciplinaires. - Les hommes montrent une légère tendance à mettre en avant la créativité.
Années d'expérience	- Les personnes ayant moins de 10 ans d'expérience indiquent toutes avoir proposé des activités de design/construction, mais évoquent un éventail plus restreint de thèmes. - Les personnes plus expérimentées présentent une plus grande variabilité dans les réponses, avec parfois de l'incertitude quant à la nature de ces activités.
Matières enseignées	- Les personnes enseignant les sciences (seules ou avec les mathématiques) mentionnent un éventail plus large de thèmes. - Les personnes enseignant uniquement les mathématiques associent plus fréquemment les activités aux concepts disciplinaires.

Les différences entre les groupes démographiques offrent un aperçu des pratiques d'enseignement liées aux activités de conception et de construction. Afin de mieux comprendre comment ces activités sont perçues et mises en œuvre en classe, la section suivante présente une interprétation des résultats recueillis à ce sujet.

6.1.2. Interprétation des résultats liés à des activités de conception et de construction

Même si certaines personnes participantes prennent un moment pour reconnaître que les activités de conception et de construction peuvent se dérouler en dehors d'un cours de physique, la majorité identifie rapidement ce type d'activités comme une facette importante de ses pratiques pédagogiques. Notamment, ces personnes enseignantes expriment de la fierté en parlant de leurs projets pratiques, ce qui témoigne d'un engagement profond envers l'apprentissage actif et expérientiel. Les exemples fournis montrent que les élèves sont appelés à concevoir, construire, programmer ou expérimenter, ce qui

demande du temps, de l'énergie et un investissement important de la part du personnel enseignant. Cette fierté semble liée à la satisfaction professionnelle qu'elles tirent de ce type d'enseignement.

La diversité des activités décrites révèle que la conception et la construction sont déjà bien intégrées dans plusieurs cours de sciences et de mathématiques, bien que ces activités ne soient pas toujours nommées explicitement comme étant de l'ingénierie. Cela suggère une reconnaissance implicite des dimensions pratiques de l'ingénierie, mais également un manque d'alignement terminologique. En d'autres mots, même si les personnes enseignantes font vivre à leurs élèves des expériences qui relèvent de l'ingénierie, elles n'utilisent pas nécessairement toujours ce vocabulaire, ce qui peut nuire à la visibilité de la discipline dans le contexte scolaire. Ce constat soulève une question importante pour l'intégration curriculaire de l'ingénierie : si des activités d'ingénierie sont déjà pratiquées sans être nommées comme telles, il devient nécessaire d'en clarifier les concepts afin d'en favoriser une reconnaissance formelle et systémique.

De plus, cette section des résultats met en lumière une dimension intéressante des représentations sociales de l'ingénierie : plusieurs personnes enseignantes semblent la concevoir non seulement comme un domaine technique, mais aussi comme un levier d'innovation pédagogique. Les projets décrits sont souvent interdisciplinaires, axés sur l'autonomie de l'élève et conçus pour stimuler la créativité, la réflexion critique et la résolution de problèmes. Cette manière de concevoir l'ingénierie est cohérente avec une représentation sociale qui l'associe à des pratiques pédagogiques socioconstructivistes centrées sur l'élève.

Il est particulièrement encourageant de constater que plusieurs personnes participantes reconnaissent que les activités de conception peuvent s'intégrer dans d'autres matières que la physique. Cela ouvre la porte à une intégration plus large de l'ingénierie dans les cours de mathématiques, de chimie, de biologie ou de sciences générales. Cela dit, le fait que certaines personnes enseignantes ne fassent pas spontanément le lien entre ces activités et l'ingénierie laisse penser que la formation initiale ou continue pourrait jouer un rôle dans la capacité à reconnaître et à nommer ces pratiques comme étant du domaine de l'ingénierie.

Bien entendu, ces interprétations demeurent exploratoires et doivent être nuancées. Toutefois, elles offrent des pistes intéressantes pour comprendre comment les pratiques pédagogiques influencent les représentations sociales de l'ingénierie. L'enseignement centré sur l'élève, valorisé par plusieurs personnes participantes, pourrait enrichir la perception qu'elles ont de l'ingénierie, en l'associant à une démarche créative, concrète et significative pour les jeunes.

6.2. Intégration de l'ingénierie

Les personnes enseignantes participantes sont interrogées sur leur intégration explicite de l'ingénierie dans leurs cours de sciences ou de mathématiques. Toutes sauf 3 (13 sur 16) intègrent l'ingénierie d'une manière ou d'une autre. Elles fournissent de nombreux exemples de la façon dont les concepts d'ingénierie sont intégrés dans leur enseignement.

Parmi les trois personnes enseignantes qui déclarent ne pas vraiment intégrer l'ingénierie, l'une d'entre elles mentionne que les élèves effectuent un laboratoire consistant à trouver des moyens de neutraliser une réaction, mais souligne que les jeunes n'ont jamais créé de prototypes, ce qui met en évidence le fait que celles-ci croient que l'ingénierie nécessite un produit final. Une autre personne enseignante, en début de carrière, utilise des outils de simulations scientifiques comme PhET et Gizmos pour aider les élèves à visualiser l'information, mais assimile l'ingénierie uniquement à la programmation, exprimant ainsi son manque de familiarité avec l'ingénierie et le processus de design de l'ingénierie. Enfin, une dernière personne participante, Jules, ne pense pas avoir pleinement intégré l'ingénierie dans ses cours, bien qu'il donne un exemple de fabrication d'éolienne lors d'une discussion précédente. Il dit qu'il essaye d'incorporer des sujets d'ingénierie, il reconnaît qu'il n'utilise pas vraiment le processus de design d'ingénierie. Nous pouvons donc affirmer qu'en somme, 15 des 16 personnes enseignantes interrogées intègrent l'ingénierie d'une manière ou d'une autre. Cela étant dit, plusieurs personnes enseignantes sont explicites quant à l'intégration de l'ingénierie dans leurs cours. Par exemple, Jade explique que son cours de sciences de l'environnement est particulièrement propice à l'intégration de l'ingénierie, permettant aux élèves de créer divers prototypes, y compris un système d'arrosage automatique.

Cette réponse et bien d'autres sont partagées dans la Figure 21 ci-dessous. Il ressort clairement des réponses variées que l'ingénierie n'est pas confinée à une seule matière, mais qu'elle s'étend à de multiples disciplines, dont la physique, la chimie, la biologie, les mathématiques et la technologie. De plus, les personnes enseignantes trouvent des moyens créatifs d'intégrer les concepts d'ingénierie dans différents domaines. La Figure 21 catégorise chaque exemple dans le contexte de ce qui est partagé par les personnes participantes, tout en reconnaissant l'interdisciplinarité qui existe entre les disciplines, d'où l'inclusion des flèches à double sens entre les sciences, la technologie, l'ingénierie et les mathématiques. Grâce à leurs exemples, nous pouvons constater l'interconnexion des disciplines STIM. Les sections suivantes détaillent les moyens d'intégrer l'ingénierie, en commençant par la place de l'ingénierie et de la technologie dans les cours de sciences et de mathématiques.

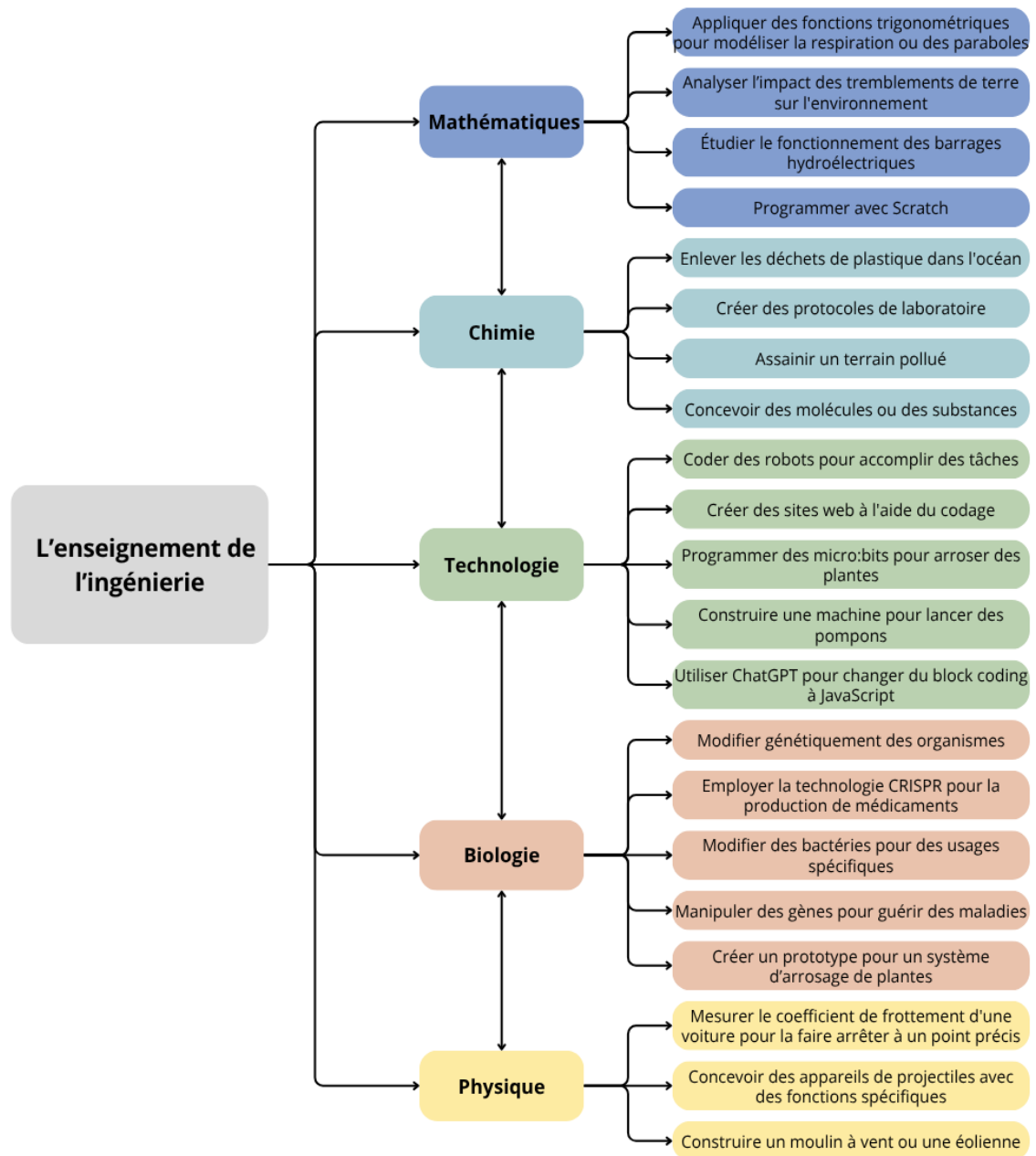


Figure 21 – Exemples d'activités d'apprentissage qui comprennent l'ingénierie

6.2.1. Ingénierie et technologie

La programmation et la technologie s'avèrent des outils essentiels pour intégrer l'ingénierie. Les personnes participantes utilisent des outils tels que ChatGPT et des Spheros et encouragent les élèves à créer des programmes et des applications. Par exemple, Lucas demande à ses jeunes de coder des robots pour qu'ils accomplissent des tâches spécifiques et Maya, quant à elle, invite ses élèves à créer des sites

web et à faire du codage. George demande à ses élèves de neuvième année de coder des micro:bits pour arroser une plante pendant les vacances. Il explique :

La première étape était de juste avoir quand tu pèses un bouton ça arrose. Le deuxième, c'était, on avait un sensor, puis, dis-moi le niveau d'eau, d'après qu'est-ce que le sensor dit. Puis après ça, on a mis les concepts ensemble que si le niveau d'eau est en dessous de x arrose à temps, etcétera.

Bien que les micro:bits aient cessé de fonctionner pendant les vacances en raison d'un manque de charge, l'idée est de résoudre un problème du monde réel grâce à l'ingénierie. George mentionne également un projet d'un cours d'été utilisant Minecraft, où les élèves construisent des structures en utilisant différentes méthodes. Bien qu'il s'agisse d'un aperçu en raison du temps limité, et que « *c'était loin d'être une étude de l'approche d'ingénierie ou de cette approche de design* », il le considère tout de même comme un moyen d'intégrer l'ingénierie.

Mariam intègre la technologie plus traditionnelle dans ses cours en construisant une machine. Elle explique qu'en commençant l'année avec les élèves, elle leur demande de bâtir une machine pour lancer des pompons. C'est sa façon d'introduire le processus de design et d'expliquer comment on passe à chaque étape du processus. Explorons maintenant comment l'ingénierie est intégrée dans des cours de biologie par les personnes participantes.

6.2.2. Ingénierie et biologie

Quelques personnes, comme Hannah, font mention d'exemples d'ingénierie dans des cours de biologie. Hannah se concentre sur la biologie et la biotechnologie, intégrant des sujets tels que la modification génétique et la technologie CRISPR¹⁶ pour aborder des questions comme la production de médicaments. Elle enseigne également aux élèves les processus de modification des bactéries. Pour améliorer l'apprentissage des élèves, Hannah explique qu'elle établit des partenariats avec des universités. Par exemple, les élèves reçoivent des crédits universitaires pour l'étude de la microbiologie grâce à une collaboration avec l'Université d'Ottawa. Elle travaille aussi en partenariat avec l'Université Carleton afin d'offrir aux élèves des expériences pratiques en laboratoire de biotechnologie.

¹⁶ CRISPR est un outil pour éditer des gènes. Il existe des trousseaux pour des élèves où CRISPR peut être utilisé pour désactiver des gènes, insérer des marqueurs comme la protéine fluorescente verte ou introduire des mutations afin d'étudier la fonction et la régulation des gènes (OriGene Technologies Inc., s. d.).

Frédéric intègre également des principes d'ingénierie dans son cours de sciences biomédicales. Il assigne des projets qui impliquent le génie génétique afin de manipuler les gènes et d'explorer des solutions fictives pour guérir les maladies. Bien que ces projets restent théoriques, ils incluent une composante d'ingénierie qu'il trouve intéressante. Passons maintenant à l'exploration de quelques idées sur les diverses façons dont les personnes enseignantes intègrent l'ingénierie dans les cours de physique.

6.2.3. Ingénierie et physique

Lorsqu'on demande aux personnes participantes si elles intègrent l'ingénierie dans leurs cours, Nathan et Lucas donnent des exemples issus de leurs cours de physique. Nathan, par exemple, demande aux élèves de mesurer le coefficient de frottement entre une petite voiture et le sol pour s'assurer qu'elle peut s'arrêter à un endroit précis. Les élèves n'ont pas l'autorisation de tester la voiture au préalable, se fiant uniquement à leurs mesures et à leurs connaissances. Il explique : « *Ils font juste des mesures sur le véhicule lui-même, ensuite ils le mettent à l'essai* ». Lorsque des problèmes de cohérence apparaissent dans les mouvements de la voiture, un élève a l'idée d'utiliser un tapis roulant. Très impliqué dans le projet, le lendemain, Nathan achète un tapis roulant pour l'utiliser dans sa salle de classe. Les personnes participantes mentionnent également la manière dont l'ingénierie pourrait être intégrée dans les cours de chimie.

6.2.4. Ingénierie et chimie

Frédéric donne l'exemple d'un projet environnemental dans lequel les élèves doivent trouver des solutions à la pollution de l'océan Pacifique. Bien que les jeunes ne créent pas de prototypes, ils ont la liberté d'explorer des idées et le processus de design. Quant à lui, Elie explique qu'il souhaite que ses élèves réalisent des projets pratiques plutôt que de simples tests papier-crayon à la fin de chaque unité. Il lie souvent les projets à des thèmes environnementaux, ce qui reflète sa propre expérience professionnelle.

Dans le cadre d'un cours de chimie en 12^e année, les élèves travaillent sur un projet d'assainissement d'un terrain contaminé. Il explique :

Le premier projet, on avait pris de la terre, puis on l'a contaminée avec du cuivre. Puis, au fil du semestre, les élèves ont appris comment différentes méthodes pour traiter la terre avec des produits chimiques pour lixivier le cuivre et essayer de le récupérer. On a joué avec différentes méthodes et appris différentes façons de quantifier le montant de cuivre qu'on a récupéré.

Ce projet, inspiré par l'expérience de Frédéric en tant qu'ingénieur, fournit non seulement des expériences d'apprentissage tangibles, mais suscite également des discussions avec les élèves sur les différences entre l'ingénierie et la science.

À son tour, Émilie explique qu'elle implique ses élèves en leur demandant de créer leurs propres expériences de laboratoire. Les élèves effectuent des recherches préalables, émettent des hypothèses sur la base d'un objectif donné, conçoivent leurs expériences et les testent. Elle considère ce processus comme de l'ingénierie par la conception. Comme elle le mentionne « *Je leur demande de penser et quand on demande de penser, c'est demander de faire une partie du processus de design* ». Pour elle, la pensée critique et la formulation d'hypothèses font partie intégrante du processus de design et ce processus est présent dans tous les cours d'enseignement.

Le dernier cours évoqué par les personnes participantes est celui des mathématiques. Nous explorons donc comment les personnes enseignantes intègrent l'ingénierie dans les cours de mathématiques.

6.2.5. Ingénierie et mathématiques

Mariam intègre l'ingénierie dans ses cours de mathématiques en offrant des activités sur les paraboles, sans trop entrer dans les détails. Elle explique que l'approche pédagogique qu'elle utilise dans ses cours de mathématiques en trois temps s'aligne sur le processus de design, puisqu'elle implique l'étude, l'analyse, le test et la vérification des résultats. Mariam souligne l'importance d'aborder des questions sociétales, telles que les barrages hydroélectriques et l'impact des tremblements de terre sur l'environnement, dans le contexte des projets d'ingénierie.

6.2.6. Différences démographiques dans l'intégration de l'ingénierie

La majorité des personnes participantes, peu importe leur genre, leur formation en ingénierie, leurs années d'expérience ou leur discipline d'enseignement, affirment intégrer des éléments d'ingénierie dans leurs cours. Certaines le font de manière explicite, en nommant clairement l'ingénierie, tandis que d'autres adoptent une approche plus implicite. Cela suggère une appropriation progressive du concept d'ingénierie dans les pratiques pédagogiques en sciences et en mathématiques. Cette section examine les variations dans ces réponses selon certaines caractéristiques démographiques, comme illustré à la Figure 22.

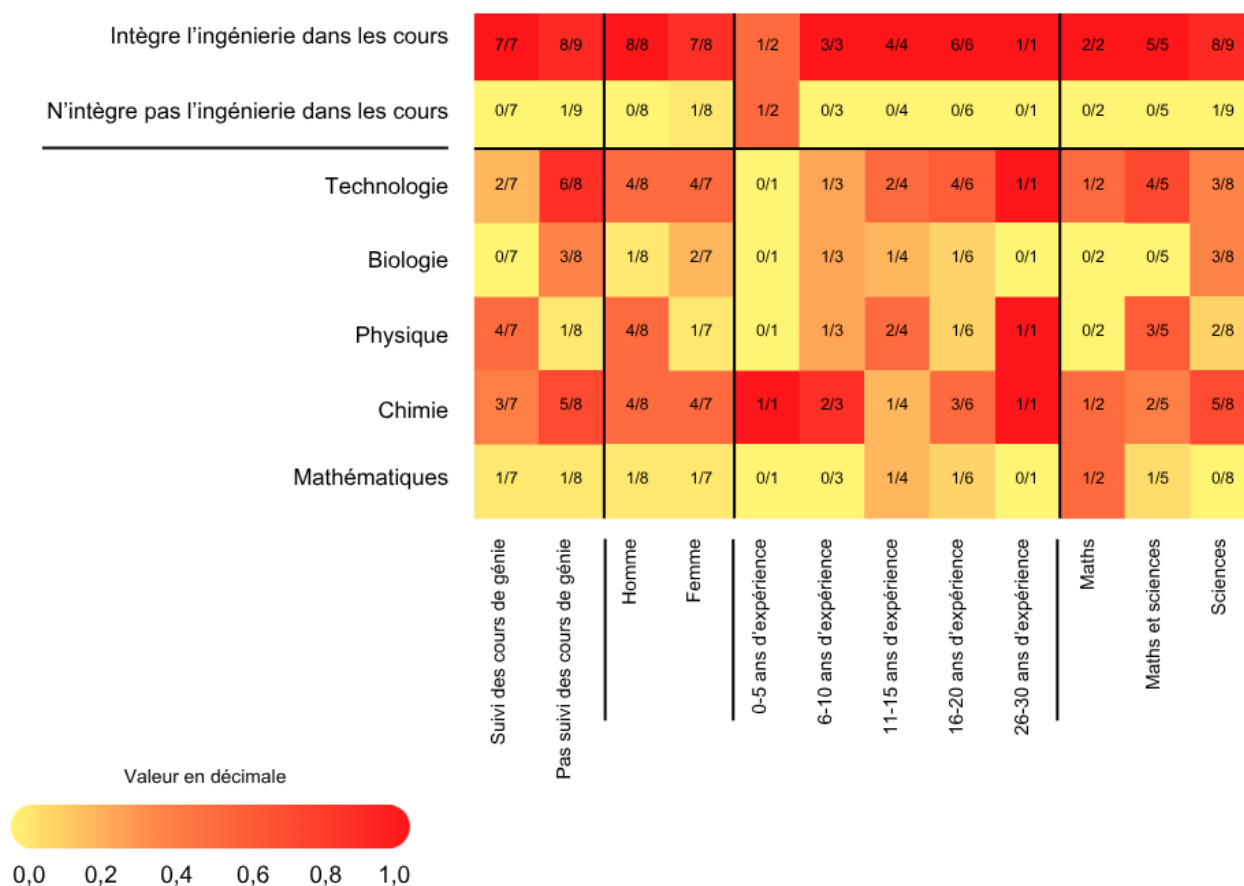


Figure 22 – Carte thermique de l'intégration de l'ingénierie selon différents groupes démographiques

L'analyse des réponses selon les caractéristiques démographiques révèle certaines tendances intéressantes. Par exemple, les personnes ayant suivi des cours en ingénierie mentionnent souvent des applications en physique et en chimie, tandis que celles sans formation formelle en ingénierie intègrent également l'ingénierie, mais dans une variété plus large de disciplines. Sur le plan du genre, les préférences disciplinaires varient légèrement, alors que l'ancienneté ne semble pas avoir d'incidence marquée. Les personnes enseignantes en sciences, ou en sciences et mathématiques, rapportent une intégration plus diversifiée que celles enseignant uniquement les mathématiques. Le Tableau 33 présente une synthèse des principales tendances observées selon les différents profils démographiques.

Tableau 33 – Résumé des différences dans l'intégration de l'ingénierie selon le profil des personnes participantes

Catégorie	Observations principales
Formation en ingénierie	• Les personnes ayant suivi des cours en ingénierie intègrent toutes l'ingénierie dans leurs cours, surtout en physique et en chimie. • Celles sans formation l'intègrent aussi, souvent dans une gamme plus large de disciplines incluant la biologie, la chimie, la technologie et les mathématiques.
Genre	• Tous les hommes déclarent intégrer l'ingénierie, de même que la majorité des femmes, sauf une. • Les deux groupes de personnes intègrent l'ingénierie dans leurs cours de chimie et font des liens avec la technologie. • Les hommes mentionnent aussi une intégration en physique, tandis que les femmes l'intègrent en biologie.
Années d'expérience	• Tous les groupes intègrent l'ingénierie à des degrés divers. • Aucune tendance nette n'est observée entre le nombre d'années d'enseignement et le degré d'intégration. • L'intégration semble alors liée à d'autres facteurs, comme la motivation personnelle ou la flexibilité curriculaire. Ceci reste à explorer.
Matières enseignées	• Les personnes enseignant uniquement les sciences sont plus nombreuses à intégrer l'ingénierie, dans des contextes variés. • Celles enseignant les mathématiques seules ou combinées aux sciences montrent également une certaine intégration, bien qu'elle soit parfois plus ciblée.

Cette analyse laisse entrevoir une tendance encourageante à intégrer l'ingénierie dans les pratiques pédagogiques, quelle que soit la formation ou l'expérience des personnes participantes. Le fait que même celles sans formation spécifique en ingénierie soient en mesure de relier leurs pratiques à cette discipline démontre une certaine perméabilité du concept d'ingénierie dans l'enseignement des sciences et des mathématiques. Cela suggère que les représentations sociales de l'ingénierie ne sont pas uniquement façonnées par une formation disciplinaire, mais également par des facteurs tels que l'ouverture à l'interdisciplinarité, la motivation personnelle pour les approches pratiques et la disposition d'innover pédagogiquement, tel qu'exploré dans le Chapitre 3.

6.2.7. Interprétation des résultats liés à l'intégration de l'ingénierie

Les entrevues révèlent que l'ingénierie est intégrée dans diverses matières, notamment la biologie, la chimie, la physique et les mathématiques. Cette approche interdisciplinaire témoigne d'une

reconnaissance de l'ingénierie comme un domaine polyvalent et applicable qui dépasse les frontières traditionnelles. De nombreuses personnes participantes mettent l'accent sur l'application des connaissances théoriques par le biais de projets pratiques. Cette approche s'aligne avec les théories constructivistes de l'apprentissage, suggérant que les jeunes apprennent mieux lorsqu'ils peuvent mettre en pratique des concepts dans des situations concrètes. La variété des projets, allant de la modification génétique en biologie à l'assainissement de l'environnement en chimie, reflète un effort constant pour rendre l'apprentissage tangible et pertinent.

Cependant, une analyse plus fine met en lumière des tensions dans la compréhension de ce qu'est l'ingénierie et de ce qu'elle implique. Ces tensions ne relèvent pas simplement d'un manque de connaissances techniques, mais sont révélatrices de représentations sociales divergentes du concept d'ingénierie. Par exemple, certaines personnes enseignantes associent exclusivement l'ingénierie à la programmation ou à la production d'un artefact, alors que d'autres y voient un processus plus large de résolution de problèmes. Ces conceptions révèlent des schémas cognitifs distincts quant aux fonctions, aux objectifs et aux modalités d'intégrer l'ingénierie dans leurs cours. Cette diversité met aussi en évidence la nécessité de définir plus clairement l'ingénierie dans le programme éducatif afin de fournir des directives cohérentes.

Bien que les différences entre groupes démographiques ne soient pas tranchées, elles offrent des indices intéressants sur la manière dont les représentations sociales de l'ingénierie peuvent varier en fonction de certains profils. Par exemple, la diversité disciplinaire dans l'intégration de l'ingénierie chez les personnes sans formation en ingénierie suggère une vision peut-être plus large et plus souple de ce qu'est l'ingénierie, tandis que celles ayant une formation spécialisée semblent l'associer davantage à des contextes classiques comme la physique ou la chimie. De même, les légères variations entre genres dans les matières associées à l'ingénierie pourraient refléter des influences culturelles ou des parcours professionnels différents. L'absence de tendance claire selon les années d'expérience montre que l'intérêt pour l'ingénierie n'est pas réservé à une génération particulière, mais peut émerger à différents moments du parcours professionnel.

Ces nuances s'inscrivent parfaitement dans la théorie des représentations sociales, qui postule que les savoirs, croyances et pratiques partagés au sein d'un groupe social évoluent en fonction de facteurs identitaires, culturels et contextuels. Ainsi, les représentations que les personnes enseignantes se font de l'ingénierie sont le fruit d'une construction sociale dynamique, influencée autant par leur formation que par leurs expériences personnelles et professionnelles. Cette constellation de facteurs contribue à façonner

une vision plurielle et parfois divergente de l'ingénierie dans le milieu éducatif, ce qui a des implications directes pour la formation continue du corps enseignant.

En conclusion, les personnes participantes utilisent des concepts innovateurs pour les intégrer dans leurs programmes, que ce soit par l'entremise de projets pratiques, des partenariats avec des universités ou de l'utilisation de la technologie. Toutefois, l'ampleur et la facilité de cette intégration varient selon le niveau de familiarité, voire de connaissances et de compréhension des membres du personnel enseignant avec le processus de design en ingénierie et les ressources disponibles. Malgré ces défis, les efforts constants témoignent d'un engagement à offrir aux élèves des expériences d'apprentissage enrichissantes et concrètes, les préparant ainsi à relever les défis futurs.

Malgré les obstacles, de nombreuses personnes participantes démontrent un engagement inlassable envers un apprentissage centré sur l'élève, où les jeunes sont encouragés à réfléchir de manière critique, à résoudre des problèmes concrets et à s'impliquer dans le processus de design. Cette approche, qui s'inscrit dans une perspective socioconstructiviste de l'apprentissage (Vygotsky, 1978), favorise non seulement une meilleure compréhension de l'ingénierie, mais aussi le développement de compétences essentielles pour leurs carrières futures.

Après avoir examiné comment certaines personnes enseignantes introduisent l'ingénierie dans leurs classes, elles partagent leurs réflexions sur la pertinence de l'ingénierie dans les cours de sciences et de mathématiques. La section suivante explore cette question en détail.

6.3. Place de l'ingénierie dans les cours

Toutes les personnes interviewées affirment que l'ingénierie a sa place en éducation. Pour 15 des 16 personnes participantes, elle doit être intégrée de façon claire dans les cours de sciences ou de mathématiques, tandis qu'une personne reste incertaine quant à l'endroit exact où l'ingénierie devrait figurer. Cette section explore les différentes perspectives des personnes enseignantes sur l'intégration de l'ingénierie dans ces disciplines, en précisant leur raisonnement.

6.3.1. *Approches pour intégrer l'ingénierie dans les cours*

Dans cette section, nous présentons différentes approches proposées par les personnes enseignantes pour intégrer l'ingénierie dans l'enseignement secondaire. Certaines suggestions concernent l'ajout de cours d'ingénierie, tandis que d'autres mettent de l'avant les sciences et les mathématiques comme lieux privilégiés pour cette intégration. Nous commençons par les cas où l'ingénierie est déjà

abordée dans les pratiques individuelles, puis nous élargissons la discussion aux cours de sciences et de mathématiques plus largement.

6.3.1.1. Dans un cours séparé

Une personne enseignante estime que l'ingénierie devrait être un cours en soi sans être intégrée dans d'autres sujets. Ralph, une personne enseignante de mathématiques, explique que pour donner toute l'attention nécessaire à l'ingénierie, il y a un besoin d'avoir un cours distinct : « *Ça serait fun d'avoir une place où tu peux vraiment prendre le temps pour bien faire ces projets* ». Il ajoute : « *Si ça va bien fonctionner, ça doit être séparé d'un cours qui existe déjà* ». Selon l'opinion de plusieurs des personnes participantes à l'étude, l'ingénierie n'a pas besoin d'être enseignée seule, mais peut être intégrée dans les cours existants, notamment en physique.

6.3.1.2. Dans un cours de physique

Six personnes enseignantes suggèrent que l'ingénierie pourrait être intégrée dans un cours de physique. Ralph, par exemple, pense que cela pourrait se faire soit en physique, soit dans un programme parascolaire, mais il ne voit pas de place dans un cours de mathématiques. Jade, une personne enseignante de sciences, partage cet avis, estimant que :

le cours de physique serait vraiment l'idéal pour que les élèves puissent comprendre, voir, et réaliser leur prototype. Voilà, il y aurait un peu de chimie? Peut utiliser la biologie. On peut utiliser l'agriculture dans l'ingénierie, mais je pense que la physique quand même reste la base.

Frédéric ajoute que la conception d'une montagne russe dans un cours de physique « *c'est l'ingénierie au bout parce que tu dois retester, réévaluer, modifier. T'as des mesures, t'as toutes sortes d'affaires* ». Pamela et Mariam sont également d'accord, bien que Mariam pense que l'ingénierie pourrait aussi être intégrée dans un cours de sciences générales et Pamela a de la difficulté à envisager comment l'ingénierie peut s'intégrer en biologie et en chimie en disant : « *en onze et douze avec physique, je crois que c'est plus facile d'intégrer ingénierie là, parce que je sais pas vraiment comment on peut l'intégrer en biologie et chimie au palier secondaire* ».

Nathan renforce cette idée en expliquant que la physique est de la mathématique appliquée, ce qui fait du cours de physique le meilleur endroit pour intégrer l'ingénierie. Il déclare : « *Il n'y a pas un cours aussi bien placé que celui de physique ou chimie pour le faire* ». Il continue en expliquant que « *la biologie, c'est moins du design au niveau secondaire, c'est plus de la conceptualisation* », renforçant l'idée que l'ingénierie appartient au cours de physique (ou de chimie). Il poursuit ensuite en expliquant ce qu'il fait

dans ses cours. Il explique qu'au sein de chaque unité, il inclut une activité majeure de processus de design qui est sommative d'une durée de 2 à 3 jours. Avant cette étape, il intègre plusieurs petites tâches de conception formative, chacune d'une durée qui n'excède pas une période de cours. Ces petites tâches sont conçues pour aborder des compétences ou des connaissances spécifiques nécessaires au grand projet de design. La personne enseignante utilise ses propres démonstrations et conceptions pour enseigner les concepts théoriques, afin de s'assurer que les élèves possèdent les connaissances de base requises pour les principales activités de conception.

6.3.1.3. Dans un cours de chimie

Nathan reconnaît également des opportunités d'intégrer l'ingénierie dans un cours de chimie. Il explique que dans ce contexte, les élèves peuvent « *designer des molécules, des substances et des expériences pour obtenir un résultat précis* ». Il explique qu'il demande à ses élèves de concevoir leur propre expérience de laboratoire dans le cadre d'un cours de chimie. Le jour d'un test, les jeunes entrent dans la salle de classe et ne trouvent que deux substances chimiques accompagnées de leurs formules, et ils n'ont aucune autre instruction ni d'autre équipement. Les élèves doivent utiliser leurs connaissances des réactions chimiques, de la collecte des gaz et des techniques de séparation des liquides pour déterminer les réactions qui se produisent lorsque les substances sont combinées. Les jeunes doivent ensuite concevoir et réaliser une expérience pour recueillir et purifier les produits obtenus. Nathan les incite à déterminer, de manière autonome, le matériel et les méthodes nécessaires en fonction des substances fournies, favorisant une démarche inductive où ils construisent leurs connaissances à partir de l'observation et de l'expérimentation. Cette activité met l'accent sur la pensée critique, la résolution de problèmes et l'application des connaissances à des situations concrètes. Il privilégie cette approche active plutôt que la démarche déductive plus traditionnelle, qui repose sur des exercices de laboratoire planifiés à l'avance. Nathan souligne ainsi l'importance de la créativité et de l'initiative dans la conception des expériences.

Frédéric, quant à lui, suggère de relier des concepts de physique et de chimie par l'entremise de projets concrets, comme la construction d'une éolienne pour produire de l'énergie. Il prévoit aussi l'occasion de discuter de l'impact environnemental, tel que l'effet des éoliennes sur les écosystèmes, et encourage la discussion sur les avantages de la réduction des émissions de CO₂, en établissant un lien avec les concepts de chimie. Frédéric suggère que ces unités d'ingénierie, de physique et de chimie peuvent être intégrées efficacement dans un cours de sciences générales à l'aide d'une approche pédagogique en spirale (Harden & Stamper, 1999), permettant ainsi de revisiter et de connecter les concepts tout au long de l'année.

Bien que certaines personnes interviewées ne soient pas d'accord avec l'intégration de l'ingénierie dans les cours de mathématiques, d'autres décrivent ce qu'elles mettent déjà en place pour l'y intégrer.

6.3.1.4. Dans les cours de mathématiques

Maya donne des exemples d'intégration de l'ingénierie par la programmation en mathématiques où elle demande à ses élèves de créer un site web, de programmer des jeux vidéo et de créer du code pour le fonctionnement d'applications, et Elie souligne que le nouveau curriculum encourage davantage le codage dans les cours de mathématiques. Cependant, Nathan n'est pas convaincu de la pertinence de l'ingénierie en mathématiques. Il explique que les élèves ont besoin d'apprendre les concepts en mathématiques avant de se lancer en ingénierie, alors il préfère que l'ingénierie soit explorée dans les cours de sciences. Cela indique des différences d'opinions entre les personnes participantes à la place de l'ingénierie dans les cours au secondaire.

6.3.2. Raisons pour intégrer l'ingénierie

Les personnes participantes indiquent des raisons pour lesquelles l'ingénierie mérite d'être enseignée dans nos écoles secondaires, incluant la contextualisation et la concrétisation de l'apprentissage, l'idée d'engager une diversité d'élèves dans leurs cours et le développement d'une motivation pour les études et les carrières en ingénierie. Dans les prochaines sections, nous abordons chacun de ces thèmes.

6.3.2.1. Contextualiser et concrétiser l'apprentissage

Pour 7 personnes enseignantes sur 16, l'intégration de l'ingénierie est un moyen de concrétiser et contextualiser l'apprentissage. Maya, par exemple, mentionne l'utilisation de la programmation en mathématiques, où, plutôt que d'apprendre l'équation d'une droite de manière abstraite, les élèves en découvrent immédiatement l'utilité en programmant un jeu. Depuis qu'elle intègre des éléments où les jeunes doivent utiliser leurs connaissances pour créer quelque chose de concret, ceux-ci semblent mieux comprendre la raison d'être de ce qu'ils apprennent. Maya partage également une autre expérience en cours de mathématiques liées à la programmation. Traditionnellement, lorsque les jeunes veulent savoir s'ils ont bien répondu à une question, ils consultent soit les dernières pages du manuel, soit une autre personne. En revanche, dans les activités de programmation, « *si tu le programmes mal, ton programme [ne] fonctionne pas* ». Cela montre de manière tangible l'importance de la précision.

De son côté, Nour souligne que l'ingénierie est essentielle pour aider les élèves à comprendre l'utilité des mathématiques : « *Nos jeunes ne savent pas à quoi ça sert les mathématiques si on ne fait pas*

quelque chose de concret avec eux ». Pamela partage cette perspective, expliquant qu'elle doit souvent justifier l'apprentissage de certains concepts en sciences, et elle pense que l'ingénierie pourrait aider à combler cette lacune. Jules ajoute que dans un monde où les élèves ont accès à toute l'information grâce aux téléphones intelligents, l'enseignement devrait se concentrer davantage sur la réflexion critique et l'application des concepts plutôt que sur la mémorisation. Selon lui, le « *par cœur* » n'est plus la façon d'approcher l'enseignement, mais il faut viser l'application de concepts. Dans ce contexte, Léa remarque que les élèves ont besoin de moments pour « *développer leur cerveau* » et la résolution de problèmes via l'ingénierie est une excellente méthode pour y parvenir. À son tour, George confirme que l'ingénierie aide à illustrer l'importance de certains concepts mathématiques, transformant ainsi l'apprentissage en une tâche signifiante, plus intéressante et engageante pour les élèves.

Léa insiste également sur le fait que les élèves sont plus susceptibles de se souvenir d'expériences impliquant des récits et des activités pratiques que de simples concepts, souvent théoriques, enseignés en classe. Elle pense que lorsque les jeunes créent ou manipulent des objets, ils retiennent mieux les informations. Son objectif, en tant qu'enseignante de mathématiques et de sciences, est de faire en sorte que les jeunes reconnaissent la valeur de ces matières et retiennent ce qu'ils ont appris. Pour y parvenir, elle s'efforce de rendre le contenu accessible par des expériences pratiques.

Émilie ajoute qu'étant donné que l'ingénierie fait désormais partie du programme scolaire, il est essentiel de l'intégrer dans l'enseignement. Elle insiste sur son importance pour aider les élèves à se connecter avec le monde qui les entoure et à rendre les sciences plus concrètes. Par exemple, en chimie, les élèves apprennent peut-être le tableau périodique sans comprendre pleinement les applications pratiques. Cependant, si la personne enseignante présente un défi réel, comme l'extraction du cuivre d'un minéral tel que la chalcopryrite, elle peut montrer comment les spécialistes en ingénierie procèdent dans les usines. En reproduisant cette expérience en classe, en extrayant le cuivre dans une solution et en filtrant cette solution pour obtenir le cuivre, les élèves voient ainsi la science en action. « *Cela rend la science vivante* », a-t-elle conclu.

Enfin, Ali spécifie que les jeunes de la 12^e année sont particulièrement bien placés pour entamer des projets d'ingénierie, car ils ont déjà acquis les bases en biologie, chimie et physique. « *Ils sont à l'aise avec la matière, puis sont prêts pour vraiment voir comment est-ce qu'on pourrait [...] le mettre en action* ». Un autre thème qui ressort des entretiens est celui de l'engagement d'une diversité d'élèves.

6.3.2.2. Rejoindre la diversité des élèves

L'intégration de l'ingénierie permet également de toucher une diversité d'élèves. Maya a souligné que cela permet « *de rejoindre un différent type d'apprenant* », tandis qu'Émilie observe un déséquilibre entre les genres dans l'intérêt pour l'ingénierie dès la 9^e et 10^e année. Elle explique :

C'est très intéressant en 9^e, 10^e [année], de très bons élèves en sciences, les garçons ils me disent souvent, je leur demande, qu'est-ce que, ses intérêts? Ils pensent ingénieur, ingénierie et puis jusqu'à présent je crois, j'ai eu aucune fille qui m'a dit ingénierie. Elles disent sciences de la santé, médecine, biologie, mais c'est jamais [l'ingénierie].

Elle espère que l'introduction de l'ingénierie à un âge plus jeune pourrait encourager davantage de filles à s'y intéresser. Elle a conclu en disant : « *Ben c'est, c'est mon espoir* ».

Mariam souligne l'importance de la représentation en ingénierie en expliquant qu'il est important pour les élèves de se voir dans ce domaine et de comprendre ce qui est possible. Elle souligne que les jeunes doivent se reconnaître dans les modèles et croire que c'est possible pour eux aussi, ajoutant qu'il faut les initier à l'ingénierie dès le plus jeune âge. Elle conclut en disant :

On doit pas avoir peur de cette carrière, on doit pas avoir peur des études qui viennent avec cette carrière. On doit montrer aux élèves jeunes : regarde, tu fais déjà ce que cette personne fait dans la vie. Tu aimes innover et créer. Tu ré pares ton vélo. C'est ce que fait un ingénieur.

Le thème suivant est celui de la motivation des élèves et du personnel enseignant pour la profession.

6.3.2.3. Motivation des élèves et des personnes enseignantes

Maya mentionne qu'elle aime intégrer l'ingénierie par la programmation parce que c'est son domaine et qu'elle y trouve une réelle motivation. Elle remarque également que les jeunes semblent plus engagés et comprennent mieux pourquoi ils apprennent certains concepts : « *les élèves veulent apprendre puis y apprennent mieux. Depuis que je fais ce type d'activité-là, je vois personnellement une différence déjà là dans, comme pourquoi on apprend ça? Ils sont excités, ils sont contents, ils aiment ça* ». George renchérit en disant :

Je pense que c'est une très bonne façon d'intéresser les élèves parce que, à tout bout de champ n'importe quand tu penses à un prof de maths, si y ont jamais entendu pourquoi ce qu'on apprend ça, y ont jamais ouvert leurs oreilles.

Émilie insiste sur l'importance de montrer aux élèves les diverses branches de l'ingénierie, en soulignant que beaucoup ne comprennent pas réellement ce qu'est ce domaine. Elle explique : « *C'est tellement varié. C'est une des professions qui est comme un ingénieur chimique, un ingénieur informatique, c'est pas la même chose, mais c'est ingénierie quand même* ». Elie et Frédéric partagent cette opinion, notant qu'une meilleure éducation sur les réalités de l'ingénierie pourrait aider les élèves à faire des choix de carrière plus éclairés. À la suite d'une réflexion, Élie souligne que la majorité des élèves et lui-même, lorsqu'il était plus jeune, ne comprennent vraiment pas ce qu'est l'ingénierie. Il insiste sur la nécessité d'une meilleure éducation sur les réalités de l'ingénierie afin que les élèves puissent décider en connaissance de cause de s'engager dans cette voie :

Je pense que les élèves, naturellement, ne comprennent pas c'est quoi l'ingénierie et je pense que comme, on a une responsabilité d'éduquer nos élèves à savoir réellement ce que sont ces domaines pour que ils fassent des décisions informées.

Frédéric reconnaît que de nombreuses personnes se lancent dans l'ingénierie sans bien comprendre ce que c'est, à moins qu'elles n'aient quelqu'un dans leur entourage qui puisse leur expliquer ce qu'est l'ingénierie. Il partage sa propre expérience où il n'a compris l'ingénierie que lorsqu'il a commencé à enseigner :

Um, moi je savais pas c'était quoi pour être honnête, même quand j'ai commencé à enseigner vraiment [...] Comme si on, si il y a des programmes universitaires et collégial qui se rattachent à l'ingénierie. Pourquoi, pourquoi que ça ne devrait pas être enseigné?

Les majeurs thèmes explorés : passons à l'interprétation des résultats.

6.3.3. Différences démographiques sur la place de l'ingénierie

Les réponses des personnes participantes sur la place de l'ingénierie dans les cours de sciences et de mathématiques s'organisent en deux volets : d'abord, l'identification des cours ou contextes perçus comme propices à l'intégration de l'ingénierie, puis les raisons pédagogiques pour appuyer cette intégration. La carte thermique (Figure 23) reflète les réponses des personnes participantes selon les profils démographiques.

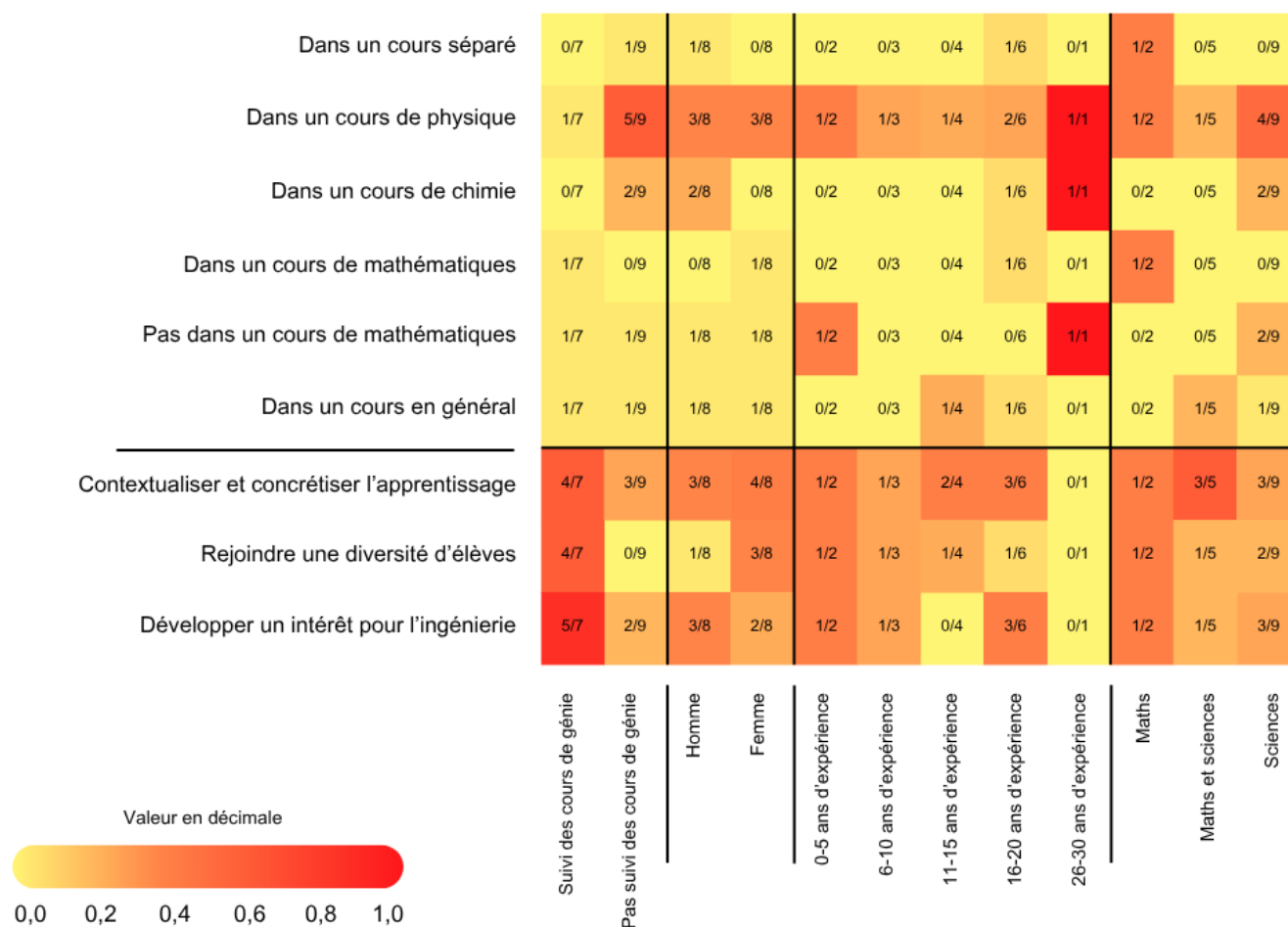


Figure 23 – Carte thermique de la place de l'ingénierie dans les cours selon différents groupes démographiques

Ces résultats révèlent un consensus parmi les personnes participantes : la physique est perçue comme la matière la plus compatible pour intégrer l'ingénierie. Toutefois, les raisons pédagogiques invoquées pour soutenir cette intégration varient selon les profils. Les personnes ayant une formation en ingénierie ou davantage d'années d'expérience adoptent généralement une perspective plus pédagogique et sociale, mettant de l'avant la contextualisation des apprentissages, la motivation des élèves et l'importance de rejoindre une diversité de jeunes. En revanche, d'autres groupes, notamment les personnes sans formation en ingénierie ou le personnel enseignant de mathématiques, présentent une approche plus fonctionnelle et disciplinaire, centrée sur le contenu des cours. Un tableau récapitulatif est présenté ci-dessous (Tableau 34) afin de synthétiser les tendances observées.

Tableau 34 – Résumé des différences concernant la place de l'ingénierie dans les cours de sciences et dans l'intégration de l'ingénierie selon le profil des personnes participantes

Catégorie	Observations principales	
	Cours perçus comme appropriés	Raisons principales évoquées
Formation en ingénierie	• Les personnes ayant une formation en ingénierie ont tendance à percevoir l'intégration de l'ingénierie comme pouvant se faire de manière transversale, au-delà d'un seul cours. • Celles sans formation en ingénierie associent plus souvent cette intégration à des cours spécifiques, notamment la physique et la chimie.	• Les personnes ayant une formation en ingénierie mettent en avant l'importance de la contextualisation des apprentissages, la volonté de susciter l'intérêt des élèves pour cette discipline, ainsi que le souci d'inclure une diversité de jeunes. • Les personnes sans formation en ingénierie expriment des raisons plus succinctes, souvent axées sur la complémentarité entre les disciplines.
Genre	• Les hommes mentionnent plus fréquemment la physique comme étant le cours le plus approprié pour intégrer l'ingénierie. • Les femmes font également référence à la physique, mais de façon plus nuancée, en envisageant d'autres contextes d'intégration.	• Chez les hommes, les raisons pédagogiques évoquées sont souvent peu développées, avec peu de références à l'équité ou à l'intérêt des élèves. • Les femmes, quant à elles, insistent davantage sur des objectifs liés à la diversité, à l'équité et à l'inclusion, en percevant l'ingénierie comme un levier pour rejoindre un plus large éventail d'élèves.
Années d'expérience	• Tous les groupes, peu importe leur niveau d'expérience, considèrent la physique comme le point d'entrée principal pour intégrer l'ingénierie.	• Les personnes ayant davantage d'années d'expérience tendent à articuler plus clairement les raisons pédagogiques, en soulignant notamment la motivation des élèves et la contextualisation des concepts. • Les personnes plus novices offrent généralement des justifications plus brèves et moins détaillées.

Catégorie	Observations principales	
Matières enseignées	• Les personnes enseignant les sciences perçoivent l'intégration de l'ingénierie comme naturelle et cohérente avec leur programme. • Les personnes enseignant les mathématiques sont moins nombreuses à mentionner des occasions d'intégration.	• Les personnes enseignant les sciences justifient l'intégration de l'ingénierie en mettant de l'avant l'application concrète des concepts scientifiques. • Les raisons sont plus rares pour les personnes enseignant les mathématiques

Ces différences témoignent de représentations sociales distinctes de l'ingénierie. Pour certaines personnes participantes, l'ingénierie représente un outil pour rendre l'enseignement plus significatif, inclusif et ancré dans la réalité. Pour d'autres, elle s'inscrit dans une logique de continuité avec les disciplines scientifiques traditionnelles.

6.3.4. Interprétation des résultats liés à la place de l'ingénierie dans les cours

Cette section présente une analyse des perspectives des membres du personnel enseignant sur l'intégration de l'ingénierie dans les cours de sciences et de mathématiques au niveau secondaire. Leurs réponses révèlent quelques thèmes clés et les différents points de vue qu'ils ont adoptés.

Un premier constat encourageant est le consensus autour de la valeur éducative de l'ingénierie. Les personnes participantes reconnaissent son potentiel à favoriser le développement des compétences du 21^e siècle, telles que la résolution de problèmes, la réflexion critique et l'application des connaissances dans des contextes concrets. Ce positionnement suggère une ouverture de leur part à des stratégies pédagogiques ancrées dans des enjeux du monde réel, ce qui est aligné avec les objectifs de l'enseignement des STIM.

Cependant, cette reconnaissance ne se traduit pas par tous les cours. L'intégration de l'ingénierie dans les cours de mathématiques suscite des avis partagés. Cela semble refléter une tension entre deux conceptions de la discipline : d'une part, une vision traditionnelle, axée sur les fondements théoriques, d'autre part, une approche plus appliquée et contextualisée. Cela peut s'expliquer par le fait que les mathématiques risquent de perdre leur substance dans des projets interdisciplinaires, tout en occupant le temps consacré aux cours de sciences qui assurent cette contextualisation. Le manque de collaboration interdisciplinaire identifié par certaines personnes renforce cette barrière.

Un autre aspect important ressort des entrevues : l'ingénierie est perçue comme un levier permettant de rendre des concepts abstraits plus concrets et plus pertinents pour les élèves. Cette approche pédagogique pourrait être particulièrement bénéfique pour les jeunes qui ne se reconnaissent pas nécessairement dans l'enseignement traditionnel des sciences ou des mathématiques, en leur ouvrant une porte vers de nouvelles possibilités d'études et de carrières.

De plus, la volonté exprimée par le corps enseignant d'utiliser les activités d'ingénierie pour exposer les élèves aux carrières potentielles dans ce domaine témoigne d'une conscience des enjeux sociaux liés à l'équité. En intégrant ces activités en classe, les personnes enseignantes contribuent à lutter contre la disparité des genres dans le domaine de l'ingénierie et, plus largement, dans les STIM.

Il convient toutefois de nuancer ces résultats à la lumière du profil des personnes participantes. Un bon nombre de personnes participantes ont une formation en ingénierie, plus que la population moyenne du personnel enseignant (Banilower et al., 2013). En effet, 3 d'entre elles sont titulaires d'un diplôme d'ingénierie et 4 autres ont suivi des cours d'ingénierie. Toutes les personnes enseignantes ont choisi de participer à une étude sur l'enseignement de l'ingénierie, ce qui indique qu'elles ont probablement une motivation inhérente au sujet, ce qui peut introduire un certain biais. Néanmoins, l'exploration de leur raisonnement et de leur approche de l'intégration de l'ingénierie dans leurs classes a fourni des informations précieuses.

En somme, ces résultats révèlent que l'intégration de l'ingénierie dans les programmes de sciences et de mathématiques des écoles secondaires bénéficie d'un large soutien, même si l'approche adoptée pour y parvenir n'est pas uniforme. La diversité des points de vue suggère que la flexibilité et l'autonomie des personnes enseignantes sont les clés d'une intégration réussie. Les résultats soulignent les avantages éducatifs plus larges de l'ingénierie, notamment le fait de rendre l'apprentissage plus concret, d'impliquer divers jeunes et de promouvoir les carrières dans les STIM. La prise en compte des obstacles et des occasions identifiés par les personnes participantes à cette étude pourrait conduire à une formation en ingénierie plus efficace au palier secondaire, ce dont nous allons discuter plus en détail dans la section suivante.

6.4. Obstacles rencontrés

Les personnes enseignantes en ont beaucoup à dire au sujet des obstacles qu'elles rencontrent lorsqu'elles essayent d'intégrer l'ingénierie dans leurs cours de mathématiques et de sciences. Elles réfléchissent également aux défis que d'autres personnes enseignantes pourraient rencontrer dans ce

processus d'intégration. Dans cette section, nous explorerons les thèmes clés, tels que le temps, la complexité de l'ingénierie, les ressources et la langue d'enseignement.

6.4.1. Temps

Onze personnes participantes sur seize mentionnent le temps comme étant un obstacle important à l'engagement dans l'enseignement de l'ingénierie. Le manque de temps, non seulement pour apprendre les concepts de l'ingénierie, mais aussi pour intégrer ces concepts dans leurs cours, est une préoccupation récurrente. Maya souligne qu'un défi majeur pour le personnel enseignant est de trouver le temps de se renseigner sur l'ingénierie, de trouver des ressources, surtout en français, et d'assimiler le nouveau matériel. Elle ajoute qu'il lui a fallu des années pour apprendre comment intégrer l'ingénierie, essayer de nouvelles choses, échouer et réessayer.

Cette question du temps est également évoquée par Ralph, qui souligne la difficulté de concilier les exigences du programme et la nécessité d'intégrer de nouvelles activités d'ingénierie. Il explique : « *C'est toujours la question de : est-ce qu'on peut se permettre de faire ça là? Et, si oui, quand? Qu'est-ce qu'on enlève ou comment est-ce qu'on gère ça* ». Ralph indique également que même si l'ingénierie est intéressante, elle exige un effort considérable de la part des personnes enseignantes pour apprendre à utiliser les applications et le matériel. Il mentionne également le stress supplémentaire auquel est confronté le corps enseignant de mathématiques en raison du test provincial de mathématiques (TPM) en 9^e année, notant que le codage, par exemple, ne fait pas partie du test provincial, ce qui peut donner l'impression qu'il est moins important dans la préparation des élèves. Nour déclare qu'elle se fait souvent dire : « *Oh ben là, j'ai pas le temps de faire le projet parce que j'ai le TPM, il faut que je prépare mes élèves au TPM. Ça c'est [la] neuvième année* ». Elle continue : « *Ah, je l'entends tout le temps ça, il faut que je prépare, il faut que je fasse ça, j'ai pas le temps pour des projets* ».

Jules évoque le défi que représente l'adoption d'une approche pédagogique plus complexe et non traditionnelle. Il note que malgré les efforts d'innovation, la pression pour s'aligner sur les évaluations standardisées pousse souvent le corps enseignant à revenir à l'enseignement traditionnel, basé sur des cours magistraux. Il suggère que la simplicité et la facilité des méthodes traditionnelles découragent l'expérimentation : « *Pourquoi essayer de faire différemment [...] c'est de l'enseignement magistral qu'ils veulent* ». Jules ne peut pas spécifier qui « ils » sont, mais nous déduisons qu'il s'agit de l'administration scolaire ou du ministère de l'Éducation.

Jules ajoute une couche supplémentaire à ce défi en mentionnant que la lourde charge de travail et la difficulté à gérer plusieurs cours en même temps laissent peu de place à la planification et à la mise en œuvre de projets d'ingénierie. Il explique :

C'est délicat parce que je trouve que la charge est déjà grande, avec trois cours par jour, différents à tous les jours. Puis, j'essaie pas de me plaindre du tout là, je suis tellement content d'avoir ma job, puis j'ai des cours, j'ai souvent des cours que j'aime, mais en même temps je checkais ça, puis là, je fais ma sixième année d'enseignement, puis je pense que je suis en train de faire mon 21^e et 22^e cours différent déjà en six ans!

De plus, selon Jules, les personnes enseignantes sont également sous pression pour s'engager dans des activités parascolaires à l'école, telles que l'entraînement d'équipes sportives, l'animation de clubs ou la préparation de pièces de théâtre. Pour Jules, trouver un équilibre entre la vie professionnelle et la vie privée est important. Il suggère : « *Mettons d'abord deux cours à place de trois, ça serait un appui incroyable en soi* ». Pamela souligne également la difficulté de concilier la formation continue et la vie personnelle, ce qui diminue sa motivation à s'engager dans des outils d'ingénierie qu'elle considère comme étant complexes, en citant le logiciel Scratch.

De même, Ali et Léa expriment leur frustration quant au temps nécessaire pour préparer des activités d'ingénierie qui sont à la fois significatives et authentiques, ce qui exige souvent des efforts considérables en dehors des heures d'enseignement normales. Léa explique que les membres du personnel enseignant travaillent très fort pour trouver de bonnes ressources, mais cela prend du temps. Ali ajoute :

Si le secteur de sciences pouvait se mettre ensemble pour créer une activité, je suis sûr que comme groupe on pourrait le faire, mais on a juste pas assez de temps. [...] Ca devient difficile de faire quelque chose authentique parce que ça prend tellement de temps pour les ramener au point, ou pour les amener au point où est-ce qui devraient être pour faire ces activités intéressantes.

Mariam remarque comment le manque de soutien administratif et de compréhension du temps nécessaire à la mise en place de laboratoires et d'activités exacerbe le problème. Elle explique : « *La reconnaissance du temps que ça prend pour monter des laboratoires, faire des activités, n'est pas là* ». Mariam constate également que l'administration peut percevoir l'enseignement des sciences comme étant fait « *de manière passive* », alors qu'en réalité, les expériences scientifiques prennent du temps. Elle ajoute :

On n'a pas quelqu'un qui nettoie après [nous]¹⁷. On a un cours à la première, deuxième, puis à la quatrième période, puis si je veux faire un laboratoire en première période, il faut que j'arrive tôt, puis il faut que je nettoie pendant ma pause, puis peut-être que je nettoie pendant mon dîner, parce qu'en fait j'ai juste mis dans l'interlab en arrière.

Elle poursuit en expliquant que « *les profs en sciences donnent beaucoup de leur temps, puis je compte mon ami en tech aussi qui fait le design [qui] donne beaucoup de son temps pendant des pauses, puis pour monter, pour collaborer* ».

La question du temps consacré dans les cours pour les concepts ou projets d'ingénierie est aussi mentionnée par certaines personnes participantes. Par exemple, Jade trouve que le temps pour faire de l'ingénierie est quand même assez long. « *C'est un processus qui va prendre beaucoup de temps, donc plusieurs jours. Donc il doit être lancé au début du semestre et avec des suivis, suivis tout au long* ». Et Frédéric explique qu'il entame un projet qui implique le processus de design, mais arrête à un certain point, car il prend trop de temps :

Je voulais vraiment me concentrer sur l'aspect d'inventer puis de brainstormer comme du processus design, mais la partie de tester et évaluer ça c'était pas, on l'a pas faite parce que ça aurait pris comme trop longtemps.

Dans l'ensemble, l'obstacle du temps est multiforme et ne concerne pas seulement les heures nécessaires à l'apprentissage et à la planification, mais aussi l'absence d'un soutien institutionnel suffisant pour rendre cette intégration réalisable. Un autre thème souligné est la complexité de l'ingénierie.

6.4.2. Complexité de l'ingénierie

En plus du temps, 10 personnes participantes mentionnent la complexité de l'ingénierie comme un défi important. Ralph l'exprime ainsi : « *dans mon cas, ce serait juste de voir et de comprendre un peu c'est quoi, right, avant que je peux mettre ça en place* ». Ali note également : « *je vois vraiment sincèrement l'importance des activités, comme de design et d'ingénierie, mais c'est juste, ça devient difficile quand on n'a pas une base solide, je crois ou comme quand on sait pas quoi faire* ». Nathan fait l'écho de ces

¹⁷ À noter que la présence de personnel technique de laboratoire n'est pas garantie dans toutes les écoles ; cela varie grandement d'un établissement à l'autre.

préoccupations en évoquant le défi que devra relever la personne qui va le remplacer quand il se retire, qui héritera d'un équipement de grande valeur sans nécessairement savoir comment l'utiliser. Il explique :

Rendu au niveau supérieur, ça prend des gens spécialisés. Parce qu'à ce moment-là, je veux dire, ben, ça prend quelqu'un qui a fait de la multiplication vectorielle, l'addition vectorielle des dérivées des intégrales. Ça prend quelqu'un qui connaît les matrices, quelqu'un qui connaît la programmation pour pouvoir faire ces choses-là à ce niveau-là? Puis c'est pas tout le monde qui a ça-là.

Nour partage un sentiment similaire à propos de sa propre formation : « *parce que moi je, je veux dire, j'ai un background biologie, j'ai pas un background d'ingénierie, ni j'avais pas un background en mathématiques non plus* ». Elie est en accord avec cela lorsqu'il a dit :

Je pense ça serait vraiment juste au niveau de la planification, comme comprendre comment planifier un projet d'ingénierie en particulier, comme pour les gens qui ont pas d'expérience pratique en ingénierie comme savoir comment réellement comme, organiser un projet pour enseigner. [...] J'ai de la difficulté à enseigner des choses quand je ne les comprends pas.

Frédéric confronte aussi ce défi, soulignant la difficulté de gérer l'équipement ainsi que les considérations intellectuelles et de sécurité nécessaires lors de la création de dispositifs électroniques. Il a partagé son point de vue :

So l'autre défi que je vois, c'est juste, l'équipement, puis jusqu'à quel point est-ce que on a l'équipement et les capacités intellectuelles ou juste la sécurité des choses comme de créer un appareil électronique? Je sais pas où me garer là-dedans. J'ai des limites, je connais pas ça, je connais pas l'électronique. Je connais pas des comme les micro:bits, je ne connais pas le coding, puis ça c'est le défi que moi je vois dans tout ça, surtout le coding.

Même les personnes enseignantes qui intègrent la programmation dans leurs cours rencontrent des difficultés. Maya mentionne que les langages de programmation comme Python et JavaScript peuvent être particulièrement difficiles à apprendre et à intégrer.

Elie mentionne aussi qu'il est assez difficile de trouver des personnes enseignantes qualifiées pour enseigner l'ingénierie en français (ce qui est également difficile en anglais, comme cela est souligné, mais encore plus difficile à trouver chez les francophones). Il explique qu'il est difficile de trouver des personnes enseignantes ayant une qualification en ingénierie pour enseigner des cours de technologie où le processus de design est essentiellement au cœur du cours. Lorsque les personnes enseignantes n'ont pas de formation en ingénierie, elles ne peuvent pas nécessairement soutenir pleinement leurs élèves. Il ajoute

en expliquant que lors de l'entretien d'embauche pour son poste d'enseignement, les personnes chargées de l'entretien du conseil scolaire lui ont demandé pourquoi il avait laissé tomber l'ingénierie pour se consacrer à l'enseignement. Il pense que cela est lié au fait que l'enseignement n'est pas valorisé autant par la société et qu'il n'y a donc pas beaucoup de spécialistes en ingénierie qui voudraient changer de carrière pour se diriger vers l'enseignement.

Émilie souligne que les différents niveaux d'expertise des personnes enseignantes constituent à la fois un obstacle et une force. Elle fait remarquer que certains membres du corps enseignant excellent dans l'intégration des concepts d'ingénierie en raison de leur passion et de leur formation, d'autres n'investissent pas autant d'efforts parce qu'ils se concentrent sur d'autres aspects de l'enseignement. Cette variabilité de la formation et de l'intérêt du personnel enseignant peut avoir un impact sur la disposition à enseigner l'ingénierie.

6.4.3. Connaissances en mathématiques et sciences de la part des élèves

Un autre thème qu'avancent quelques personnes participantes est celui des connaissances en mathématiques et en sciences. Ali évoque les défis auxquels les jeunes sont confrontés dans les cours de cycle supérieur lorsqu'ils n'ont pas de bases solides en sciences et en mathématiques. Il remarque que sans cette base solide, il est difficile pour les élèves de saisir les résultats escomptés des activités d'ingénierie. Il explique que « *leurs habiletés [en] mathématiques pourraient peut-être leur limiter, ou même juste leurs expériences antécédentes pourraient limiter comme, la façon qui vont pousser ou expérimenter* ».

Nathan met l'accent sur une question connexe, à savoir le déclin de la compréhension des mathématiques. Il s'inquiète du fait que l'on se concentre trop sur les applications et pas assez sur la compréhension des concepts théoriques de base. Il déclare : « *ce qui donne le plus de difficulté [...], c'est la dégringolade de la mathématique [...] y a selon moi beaucoup trop de temps passé aux applications et pas assez sur les concepts théoriques* ».

6.4.4. Ressources disponibles

Un autre obstacle important est la question des ressources, qui est mentionnée par la moitié des personnes participantes (8 sur 16). Il est intéressant de noter que si certaines sont confrontées à un manque de ressources, d'autres mentionnent qu'elles en ont trop. Maya, par exemple, décrit le défi comme n'étant pas un manque de ressources, mais plutôt une abondance écrasante :

C'est certainement pas le manque de ressources, mais je dirais au contraire, c'est la surcharge d'informations et de ressources qui sont disponibles et de savoir comment filtrer parce que je pense qu'il y a tellement de, d'options maintenant.

Ali quant à lui a du mal à trouver des ressources adéquates pour les cours au niveau supérieur :

Je trouve honnêtement que j'ai un peu de mal au niveau de trouver des ressources pour les cours supérieurs, comme neuf, dix, c'est pas pire, mais une fois que c'est plus avancé, ça devient un peu plus tough, je trouve.

Il souligne également la nécessité de tenir compte du coût des ressources.

Nathan s'inquiète du type d'équipement disponible et remarque que les kits préfabriqués qui impliquent un simple assemblage ne constituent pas vraiment de l'ingénierie. Pour que l'ingénierie soit réelle, les élèves doivent identifier un problème et trouver des ressources pour le résoudre. Nour ajoute que l'accès aux ressources est parfois limité, ce qui peut restreindre la créativité des élèves : « *parfois aussi c'est l'accès à des ressources, parce que même, veut veut pas, même si nos élèves sont créatifs, on est limités par ce qu'on a dans notre milieu* ». La langue française est un autre obstacle que l'on mentionne pendant certaines entrevues.

6.4.5. Langue d'enseignement

Bien que les personnes participantes ne soient pas spécifiquement interrogées sur les obstacles liés à la langue, 6 personnes enseignantes (sur 16) font le lien avec des défis spécifiques liés à l'enseignement en français.

Maya souligne la difficulté de trouver des programmes en français, en expliquant que « *c'est encore un obstacle encore plus grand parce que les ressources en français sont pas ou peu existantes* ». Elle soulève également le défi important que représente la traduction, faisant part de sa frustration : « *fais que j'ai essayé pendant des années à traduire des choses, mais là je me fatigue, puis j'abandonne, puis je le fais plus* ». Bien qu'elle reconnaisse que l'intelligence artificielle pourrait simplifier la traduction à l'avenir, elle souligne que de nombreuses ressources sont partagées au format PDF, ce qui rend la traduction et le formatage difficiles et fastidieux. Ali fait l'écho à cette préoccupation, notant que la plupart des ressources qu'il trouve sont souvent en anglais.

Émilie présente un point de vue différent, suggérant que le problème n'est pas spécifiquement lié au français, mais plutôt au fait que les sciences se passent principalement en anglais. Elle explique que même

lorsqu'elle rédige des articles scientifiques, elle les écrit souvent en anglais et ne les traduit que parfois quand les articles sont en allemand. Bien qu'elle admette qu'il serait plus pratique et plus rapide d'avoir toutes les ressources en français, elle s'est habituée à tout traduire. « *Ça ne l'empêche pas de prendre les ressources dans d'autres langues* », elle note, en ajoutant qu'elle s'est habituée aux réalités du monde scientifique.

Elie réfléchit aux ressources qu'il a trouvées en français, bien qu'elles soient peu nombreuses. Après réflexion, il reconnaît que le programme Défi génie inventif qui, selon lui, convient mieux aux élèves de la 7^e et de la 8^e année constitue une ressource précieuse en français. Il mentionne : « *Et j'ai déjà vu des profs qui n'ont pas d'expérience en ingénierie animer et utiliser Défi génie inventif pour faire l'ingénierie dans leurs cours de science et de maths, avec des très bons résultats* ». Il souligne aussi que ce programme a été créé en pensant aux jeunes du Québec, et non à ceux de l'Ontario.

Hannah soulève la difficulté de trouver des ressources en français, d'autant plus que la plupart des associations et des programmes qu'elle trouve sont en anglais. Elle mentionne une tentative de collaboration avec l'Université Carleton, qui lui a assuré que son nouveau programme inclurait des ressources en français, bien que celles-ci proviennent de la France, où le français peut être légèrement différent. Cependant, elle note une limite : si elle voulait s'associer pleinement avec l'Université Carleton, ce n'était pas possible, car l'université n'offre pas leur programme entièrement en français.

Mariam mentionne également la difficulté de trouver des personnes francophones en ingénierie, ce qui rend la représentation difficile. Malgré cela, lorsque c'est nécessaire, elle donne la priorité au contenu, même si ceci implique le lancement d'une invitation à des personnes en ingénierie ou en utilisant du matériel anglophone.

6.4.6. Pandémie de Covid-19

Un dernier thème clé émergé au cours de trois des entretiens est les défis que la pandémie a posés à l'apprentissage de l'ingénierie. Chacune de ces trois personnes mentionne une différente problématique. Jules réfléchit à l'impact plus large de la pandémie sur la capacité des élèves à s'engager dans des processus de réflexion complexes. Il estime que les jeunes sont devenus trop habitués à être nourris à la cuillère dans tous leurs cours, ce qui entrave le développement de compétences critiques en ingénierie. Il déclare : « *On n'est pas en train de former des ingénieurs, loin de là. On est en train de former des petites boules, de savoir* ».

De même, Nour explique comment la pandémie avait affecté la capacité de son école à mener des projets à grande échelle, en particulier dans le cadre du programme du baccalauréat international, où de tels projets font partie intégrante du programme. Elle souligne que les difficultés rencontrées par les élèves en mathématiques ont obligé les membres du corps enseignant à se concentrer sur la rééducation des bases, ce qui laisse moins de temps pour des projets plus ambitieux. Elle ajoute : « *À cause de la pandémie, il y a des reculs en mathématiques. Donc là, il faut, on retravaille la base. On n'a pas le temps de faire des gros projets* ».

Nathan, quant à lui, se concentre sur les défis de l'enseignement en ligne pendant la pandémie. Il note que, malgré ses efforts considérables pour faire participer les élèves à des cours interactifs, l'expérience est beaucoup moins efficace en ligne. Si ces démonstrations interactives étaient très attrayantes en personne, elles n'ont pas eu le même impact en ligne. Un constat de cette inefficacité est révélé lorsque l'un de ses élèves a confié à Nathan :

Ben, monsieur, [...] de ton bout, tu bouges, tu sautes en bas des pupitres, tu fais fonctionner des pendules, tu as fait des explosions, toutes ces choses-là. Mais pour nous autres, c'est juste un petit monsieur sur un écran qui bouge pas.

Cet aveu a marqué Nathan et le conduit à critiquer la pratique de l'enseignement en ligne pendant les jours d'intempéries, expliquant qu'elle laisse souvent les jeunes dans la confusion, ce qui entraîne des difficultés supplémentaires lorsqu'ils reviennent à l'école. Ainsi, ces différents témoignages montrent bien l'impact multifacette de la pandémie sur l'enseignement de l'ingénierie, ajoutant de nouvelles couches de complexité aux nombreux défis déjà existants.

6.4.7. Différences démographiques dans les obstacles mentionnés

Les personnes participantes mentionnent un ou plusieurs obstacles à l'intégration de l'ingénierie dans leurs cours de sciences et de mathématiques. Toutefois, la nature de ces obstacles varie selon certaines caractéristiques démographiques, telles que la formation postsecondaire en ingénierie, le genre, les années d'expérience en enseignement ainsi que les matières enseignées. La carte thermique ci-dessous (Figure 24) illustre la fréquence des thèmes évoqués par les sous-groupes, ce qui permet de dégager des tendances. Ces tendances révèlent non seulement des écarts dans la perception des contraintes, mais également des représentations sociales différenciées de ce qu'implique l'enseignement de l'ingénierie au secondaire.

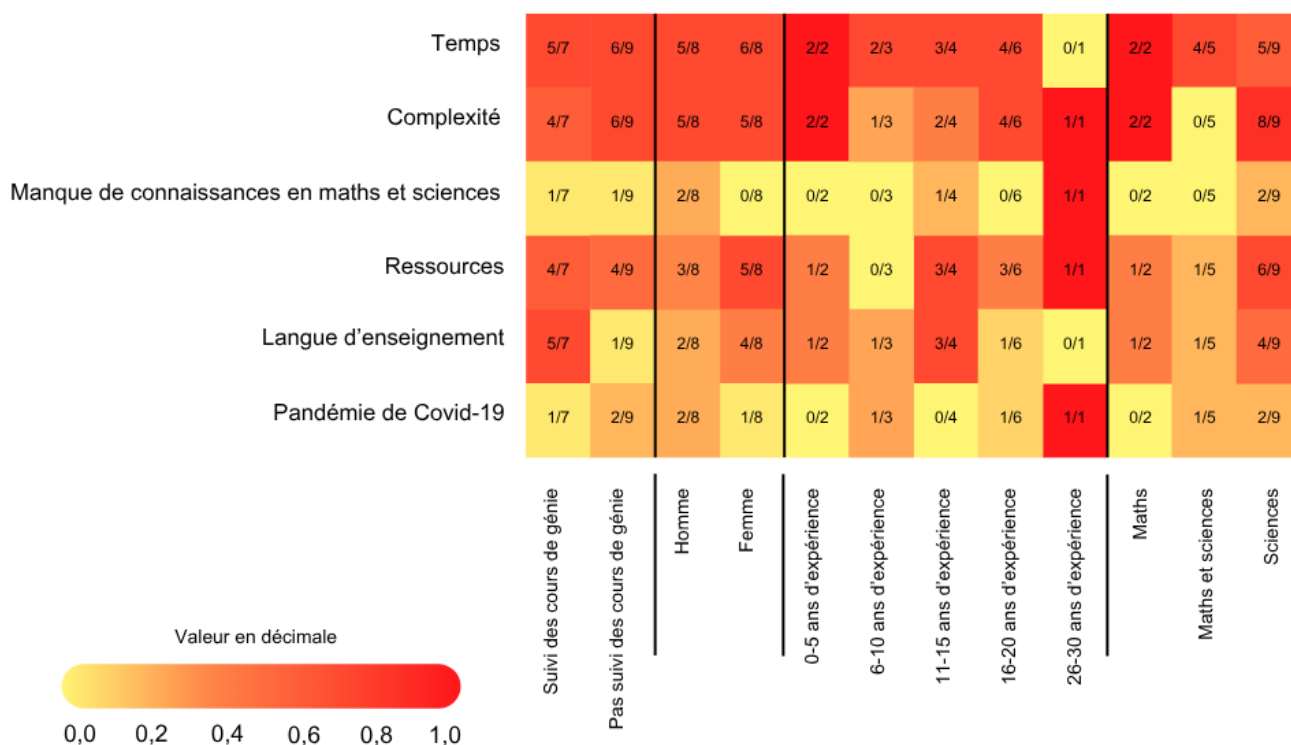


Figure 24 – Carte thermique de l'intégration de l'ingénierie selon différents groupes démographiques

Certains constats se dégagent de l'analyse de cette carte. Par exemple, les personnes ayant une formation en ingénierie évoquent moins souvent la complexité comme un obstacle, ce qui peut témoigner d'une représentation plus accessible et maîtrisée de la discipline. De plus, les femmes mentionnent plus souvent les défis liés aux ressources et à la langue. Du côté des disciplines, les personnes enseignantes en sciences rapportent davantage d'obstacles, ce qui pourrait indiquer qu'elles perçoivent un potentiel pédagogique réel, mais cela est difficile à exploiter sans soutien. Le Tableau 35 présente une synthèse des principales tendances observées selon les différents profils démographiques.

Tableau 35 – Résumé des différences dans les obstacles liés à l'intégration de l'ingénierie selon le profil des personnes participantes

Catégorie	Observations principales
Formation en ingénierie	- Les personnes ayant une formation en ingénierie mentionnent moins souvent la complexité comme un obstacle, ce qui suggère une plus grande familiarité avec l'ingénierie. Elles soulignent toutefois les enjeux liés aux ressources et à la langue, ce qui reflète une préoccupation pour l'équité et l'accessibilité. - Les personnes sans formation en ingénierie perçoivent l'ingénierie comme plus complexe à enseigner, ce qui peut indiquer une représentation de l'ingénierie comme un domaine spécialisé et difficilement accessible sans expertise préalable.
Genre	- Les hommes soulignent moins d'obstacles que les femmes. - Les femmes mettent surtout en avant les obstacles liés aux ressources et à l'accès à des ressources en français. - Cela pourrait s'expliquer, en partie, par un niveau de stress lié à une charge de travail systématiquement plus élevée chez les enseignantes que chez les enseignants (Ferguson et al., 2022), notamment en ce qui concerne les tâches de coordination et de préparation.
Années d'expérience	- Les personnes avec plus de 10 ans d'expérience identifient une plus grande variété d'obstacles, notamment en lien avec la planification, la gestion du temps et les ressources, que les personnes avec moins d'expérience. - Cela pourrait s'expliquer par une plus grande capacité à anticiper les difficultés liées à l'innovation pédagogique. - Un certain essoufflement face aux nouvelles initiatives pourrait aussi être envisagé, mais comme les données de cette étude montrent une ouverture générale à l'intégration de l'ingénierie, cette hypothèse semble moins probable.
Matières enseignées	- Les personnes qui enseignent uniquement les sciences ou les mathématiques rapportent davantage d'obstacles, en particulier la complexité et le manque de ressources. Cela pourrait être lié à une volonté d'intégrer l'ingénierie, mais freiné par un sentiment de ne pas être adéquatement outillé. - Cela soulève une question intéressante : les personnes enseignant à la fois les mathématiques et les sciences seraient-elles mieux préparées à intégrer l'ingénierie en classe?

Ces résultats révèlent que les perceptions des obstacles ne sont pas uniquement le reflet de réalités objectives, mais aussi de cadres de référence socialement construits. Par exemple, les personnes ayant une formation en ingénierie, qui mentionnent moins la complexité comme obstacle, semblent

percevoir l'ingénierie non pas comme une discipline inaccessible, mais comme une compétence qui peut se développer.

Ces différences d'interprétation sont cohérentes avec la théorie des représentations sociales, qui soutient que chaque groupe construit une vision du monde en fonction de ses propres cadres de référence (Moscovici, 1961). Ainsi, l'enseignement de l'ingénierie n'est pas une entité stable et objective, mais bien un objet socialement construit, interprété différemment selon les contextes et les appartenances professionnelles.

6.4.8. *Interprétation des résultats liés aux obstacles*

Les résultats relatifs aux obstacles rencontrés dans l'intégration de l'enseignement de l'ingénierie dans les cours de sciences et de mathématiques au palier secondaire révèlent plusieurs défis importants qui méritent une attention particulière en raison de leur impact potentiel sur l'intégration de l'ingénierie dans le curriculum. Bien que ces obstacles soient nombreux, ils ne sont pas entièrement surprenants.

En effet, comment peut-on s'attendre à ce que des personnes enseignantes sans formation préalable en ingénierie maîtrisent la complexité de cette discipline? Toutefois, une réflexion importante s'impose ici : l'objectif ne devrait pas être que chaque personne enseignante devienne experte en ingénierie, tout comme on ne s'attend pas à ce qu'elle maîtrise tous les domaines des sciences ou des mathématiques en profondeur. Il s'agirait plutôt de favoriser une posture professionnelle où la personne enseignante devient facilitatrice de l'apprentissage, capable d'accompagner les élèves dans le processus de design, de poser les bonnes questions et de chercher les réponses avec ses élèves, en adoptant une posture de co-apprenante.

Dans cette optique, la formation et l'accompagnement professionnel doivent viser à donner aux personnes enseignantes des outils concrets pour comprendre et guider le processus de design, sans nécessairement maîtriser l'ensemble du contenu disciplinaire en ingénierie. Cela suppose également un changement de posture et de mentalité : accepter que l'on n'ait pas toutes les réponses d'emblée, que l'apprentissage puisse être partagé avec les élèves, et que l'on puisse apprendre en chemin.

Cette interprétation rejoint la théorie des représentations sociales, notamment l'idée que ce que nous considérons comme « difficile », « inaccessible » ou « réservé à des élites » est souvent influencé par les normes culturelles et les discours dominants. L'ingénierie est fréquemment perçue comme une discipline technique, abstraite et complexe, ce qui peut renforcer un sentiment d'illégitimité ou d'incompétence chez certaines personnes enseignantes, surtout en l'absence de formation formelle dans le

domaine. Ces représentations sociales peuvent être intériorisées et influencer non seulement sur la disposition à enseigner le génie, mais aussi sur la manière dont on perçoit ses propres capacités à y arriver, donc le sentiment d'efficacité personnelle (Bandura, 1995). Par exemple, l'une des personnes participantes mentionne que l'apprentissage du langage de programmation Scratch lui semble difficile. Pourtant, il s'agit d'un outil conçu pour l'initiation des enfants au codage, et qui est utilisé dès l'élémentaire en Ontario. Cela soulève une question importante : sommes-nous en mesure de reconnaître que les élèves peuvent parfois nous apprendre certaines choses? Et dans quelle mesure acceptons-nous de nous engager dans des démarches d'apprentissage actives, avec les outils à notre disposition?

Il existe aujourd'hui une multitude de ressources pour soutenir l'enseignement de l'ingénierie au secondaire, mais leur abondance peut paradoxalement devenir un frein. Cela souligne l'importance de développer des outils de tri, de sélection et d'adaptation des ressources, en mettant l'accent sur celles qui favorisent une approche exploratoire, centrée sur la résolution de problèmes réels et sur le développement de compétences transversales.

Il est important de rappeler que les obstacles identifiés, bien qu'importants, sont interconnectés. Le manque de temps peut amplifier la difficulté perçue liée à la complexité, tout comme l'absence de soutien administratif peut freiner l'exploration de nouvelles pratiques pédagogiques. Ces défis sont réels, mais ils ne sont pas insurmontables si une culture de collaboration, de soutien continu et de valorisation de l'enseignement est instaurée au sein des milieux scolaires.

Par ailleurs, ces obstacles ne sont pas perçus de manière homogène par l'ensemble du personnel enseignant. L'analyse des données selon différents profils démographiques révèle des variations significatives dans la manière dont les défis sont interprétés et priorisés. Cela renforce l'idée que les représentations sociales de l'ingénierie, de son enseignement et de sa pertinence éducative varient selon les expériences, la formation, le genre, ou encore les matières enseignées. Comprendre ces nuances est essentiel pour proposer un accompagnement professionnel adapté et pertinent, qui tienne compte des réalités de chaque personne.

À la suite de cette exploration des obstacles à l'enseignement de l'ingénierie, nous nous penchons sur la dernière question de l'entretien, qui demande aux personnes participantes quels appuis seraient importants pour l'intégration de l'ingénierie dans leurs cours.

6.5. Appuis nécessaires

Sur les 16 personnes participantes, 15 proposent des idées d'appuis nécessaires pour intégrer l'ingénierie dans leurs cours de sciences et de mathématiques. Parmi ces suggestions, on retrouve des ressources complètes, du temps, des formations, un cours spécifique dans le cadre de la formation à l'enseignement, des moyens d'inviter des spécialistes en ingénierie dans leurs cours, ainsi que des initiatives visant à susciter l'intérêt des filles pour l'ingénierie. Dans les sections suivantes, nous examinerons en détail les propos des personnes participantes concernant chacun de ces thèmes.

6.5.1. Ressources complètes

Dans l'étude, diverses personnes enseignantes (9 de 15) expriment leurs besoins et préférences en matière de ressources pour intégrer efficacement l'ingénierie dans leurs cours. Maya pense qu'il serait bénéfique de disposer de ressources complètes, comprenant le plan de leçon, les tâches d'évaluation, ainsi que les grilles d'évaluation. Elle estime que ces ressources doivent être faciles à intégrer et éventuellement être accompagnées d'une vidéo explicative. Cela, selon elle, permettrait aux membres du personnel enseignant de modifier les activités en fonction des besoins de leurs élèves. Maya donne l'exemple de Bootstrap Algebra, qu'elle décrit comme une ressource complète qu'elle apprécie. Pour être plus précise, Maya insiste sur l'importance de disposer de ressources faciles à modifier, donc pas en format PDF.

Dans la même veine, Ralph exprime le souhait de disposer d'idées de projets concrets pour commencer à explorer l'ingénierie dans sa classe. Cette idée est appuyée par Ali qui ajoute qu'idéalement les ressources soient disponibles en français, ce qui est un élément crucial selon certains membres du corps enseignant.

Cependant, alors que certaines personnes enseignantes recherchent des kits complets, Nathan a précédemment fourni une mise en garde contre leur utilisation. Il constate, tout comme Émilie, que les ensembles pourraient ne pas toujours être efficaces. Malgré cela, Émilie avoue que les kits peuvent être utiles, car ils fournissent tous les matériaux nécessaires et les instructions en un seul endroit. Elle note que, bien que les kits puissent limiter la créativité, ils peuvent constituer un bon point de départ pour certaines personnes enseignantes.

Elie, pour sa part, ramène la discussion à l'essentiel en soulignant que le personnel enseignant a besoin de ressources pour apprendre ce qu'est l'ingénierie afin de pouvoir l'enseigner de manière efficace et précise. Il explique : « *we don't want to create misconceptions in our students pour qu'ils rentrent ayant une mauvaise idée de c'est quoi l'ingénierie* ». Dans une perspective similaire à celle de Maya, il trouve

utile d'avoir une vidéo qui explique le processus de design pour l'entamer et le vivre suivi d'une activité concrète qu'il pourrait faire avec ses élèves.

Frédéric estime également qu'il est nécessaire de disposer d'exemples concrets de projets d'ingénierie liés à ce qui est demandé dans le programme-cadre. Pour lui, l'investissement de temps en classe, qui pourrait durer deux semaines ou plus, devait être justifiable par un lien direct avec le curriculum. Il donne l'exemple d'un cours de chimie de 11^e année où les élèves peuvent créer un appareil pour mesurer le pH, combinant ainsi l'apprentissage du codage et du pH. Sa préoccupation est la suivante : « *Mais est-ce que je peux justifier de prendre deux semaines de maths de mon curriculum pis le faire juste pour l'ingénierie?* ». Frédéric souligne la nécessité d'éliminer certains éléments du curriculum pour faire place à l'ingénierie, mais indique que ce n'est pas le cas avec l'arrivée du nouveau curriculum de sciences en 9^e année. « *C'est de trouver les bons moments dans le curriculum* », a-t-il ajouté, tout en insistant sur le besoin d'exemples concrets de projets intégrés dans le curriculum.

Hannah propose l'idée d'avoir une liste de ressources disponibles pour le personnel enseignant de chaque région de l'Ontario, car les ressources (telles que des laboratoires et des individus en ingénierie) varient d'une région à l'autre. Enfin, George partage son expérience, expliquant : « *Je parle de toutes les obstacles puis je chiale un peu, mais de l'autre côté, c'est assez faisable. Je le fais déjà un peu avec maths, avec sciences, on essaie de l'incorporer. Ah, et on réussit d'un certain côté* ».

Cependant, il déplore que les idées trouvées en ligne, notamment pour les micro:bits en sciences, se répètent souvent, comme « *arrose une plante ou des choses pas mal* » ou d'autres projets très similaires. Il ajoute que les outils devraient idéalement être gratuits : « *parce si on se fie sur un [outil] qui doit être acheté par le conseil, on l'a pendant un an, c'est annulé et [le conseil] achète la nouvelle hot thing* ».

6.5.2. Formations professionnelles

Toujours dans les appuis nécessaires pour intégrer l'ingénierie dans leurs cours, 9 personnes (sur 16) expriment leur besoin d'avoir des formations professionnelles. Elles soulignent l'importance de recevoir des formations pratiques, accessibles, et adaptées à leurs réalités professionnelles.

Jules suggère qu'il serait bénéfique de recevoir « *un peu plus de formation sur peut-être des idées de comment implémenter ce processus-là en salle de classe* », reconnaissant qu'il ne se considère pas expert dans l'ingénierie. Il admet, cependant, que les formations ne sont pas attrayantes pour tout le monde, mais estime que cela pourrait l'aider. Dans la même veine, Ali souligne l'importance d'une

formation pour comprendre ce qu'est l'ingénierie, ainsi que le processus de design, et surtout, « *comment l'intégrer sans que ce soit nécessairement un ajout, mais peut-être comme une modification à ce qu'on fait déjà* ». Il précise également qu'observer une activité de l'ingénierie en action dans un cours de biologie ou de chimie serait particulièrement bénéfique. Il ajoute que pour ces disciplines, c'est plus difficile à intégrer l'ingénierie que ce l'est pour la physique.

Émilie propose une approche plus immersive, suggérant qu'une personne vienne à son école ou que plusieurs écoles se regroupent pour explorer ensemble des activités liées au processus de design dans les cours de la 9^e année. Elle insiste sur le fait qu'elle travaille mieux en personne qu'en ligne, et qu'une activité expérientielle dirigée à l'école serait idéale pour elle, même si elle reconnaît que cela pourrait ne pas convenir à tout le monde. Elie, partageant cet avis, insiste sur le fait que les personnes enseignantes doivent se sentir compétentes et confiantes pour aborder l'ingénierie. Selon lui, les formations devraient être pratiques, fournir des stratégies et développer des compétences que les personnes enseignantes peuvent « *ramener en classe le lendemain* », plutôt que de se limiter à des aspects théoriques.

Pour sa part, Frédéric souligne l'importance que les personnes chargées des formations soient spécialisées en sciences ou en ingénierie, ayant une connaissance approfondie du curriculum de l'Ontario. Il explique que fournir simplement des ressources ne suffit pas; le personnel enseignant a besoin d'un soutien continu. Il mentionne également que l'apprentissage prend du temps, en affirmant que « *c'est pas un matin, c'est pas une journée, c'est pas une fois par semestre que je vais apprendre comment faire du codage et aussi apprendre comment utiliser toute l'équipement électronique rattaché au codage* ». Il insiste sur l'importance de donner aux membres du corps enseignant le temps nécessaire pour maîtriser ces nouvelles compétences.

En complément, Nour précise que les formations doivent aussi encourager le personnel enseignant à être à l'aise avec l'erreur, en acceptant que la première tentative puisse échouer. Enfin, Jade rappelle qu'il existe toujours des personnes-ressources qui sont disponibles, à condition d'avoir l'humilité de demander de l'aide.

En résumé, les personnes participantes reconnaissent l'importance des formations continues, mais insistent sur le fait qu'elles doivent être concrètes et qu'un accompagnement continu est nécessaire. Les formations doivent aller au-delà de la simple transmission de ressources, en offrant des outils et un soutien continu qui permettront aux personnes enseignantes de maîtriser les compétences nécessaires pour intégrer l'ingénierie dans leurs cours de manière efficace et pertinente.

6.5.3. Temps

Le thème du temps est souvent soulevé et est identifié comme étant un obstacle majeur pour l'enseignement de l'ingénierie, mais aussi nécessaire pour le personnel enseignant. Parmi les 15 personnes participantes, 6 expriment l'importance de disposer de temps pour bien intégrer l'ingénierie dans leurs cours de sciences et de mathématiques.

Mariam souligne l'importance de trouver du temps pour innover et créer quelque chose de nouveau, tout en prenant en compte ses responsabilités familiales et sa propre santé mentale. Elle explique que rester après les heures de cours pour planifier et préparer des activités supplémentaires n'est pas toujours possible ni souhaitable. Elle insiste sur l'idée qu'il serait plus bénéfique de disposer de temps structuré avant et après l'année scolaire, pour réfléchir, planifier et récapituler les activités d'ingénierie. Pour elle, « *la plus grande ressource qu'on pourrait nous donner en tant qu'enseignante, surtout de sciences puis de maths, c'est du temps* ». Elle rejette l'idée de libérer le personnel enseignant de ses élèves pendant l'année scolaire, car cela crée plus de défis que de bénéfices, selon elle.

Nathan souligne également la nécessité de temps pour adapter et tester les ressources disponibles, qui ne correspondent pas toujours exactement aux besoins spécifiques des personnes enseignantes dans leurs écoles. Il décrit le défi de devoir consacrer du temps à ces tests, au détriment de la correction et de la préparation des cours : « *pendant ce temps-là, t'es pas en train de faire ta correction, t'es pas en train de faire eh, ta préparation du lendemain, t'es en train de tester quelque chose qui possiblement ne fonctionnera pas* ». Il exprime que c'est un risque parce que la personne pourrait perdre son temps sur des activités qui pourraient ne pas aboutir à un résultat concret ou efficace pour l'enseignement.

Ali soulève une préoccupation similaire, en soulignant la difficulté de trouver du temps pour se réunir et planifier des projets d'ingénierie de manière collaborative. Pour lui, « *c'est juste une question de trouver le temps pour se rejoindre, planifier quelque chose* », ce qui indique que le manque de temps est un obstacle non seulement à la mise en œuvre, mais aussi à la collaboration entre membres du corps enseignant.

Enfin, Maya manifeste également le besoin de temps pour apprendre et maîtriser les aspects de l'ingénierie, renforçant l'idée que le temps est une ressource précieuse pour le corps enseignant qui cherche à intégrer cette discipline dans ses cours.

En somme, le temps est avancé comme étant un facteur important, tant pour l'apprentissage et l'adaptation des ressources que pour la planification et l'innovation pédagogique. Les personnes

enseignantes affirment un besoin clair de temps additionnel, structuré de manière à soutenir efficacement l'intégration de l'ingénierie dans leurs pratiques éducatives.

6.5.4. Personnes invitées pour rendre visite dans un cours

Deux personnes, Ali et Nour, mentionnent qu'il serait intéressant d'avoir une liste de noms de personnes qui pourraient être invitées à venir dans la salle de classe pour parler aux élèves. Ali fait aussi allusion au fait qu'il faut un certain type de personne pour inspirer les jeunes à se diriger vers l'ingénierie. Il accueille déjà une personne invitée et celle-ci utilise trop de jargon, donc « *c'est de trouver la bonne personne pour motiver les élèves à se lancer dans ce domaine* ». Par le passé, Nour essaie de communiquer avec l'Ingénieur-en-Résidence, mais note que trouver des spécialistes en ingénierie qui parlent le français n'est pas évident. Elle explique :

Sur deux ingénieur.e.s qu'on m'avait trouvés, il y en a une qui a plu! Qui a dit bye [...] même avant de commencer l'année, parce qu'elle avait d'autres choses, c'était trop occupé. Ils m'ont jamais retrouvé quelqu'un d'autre. Pour les organismes communautaires, parfois ils essaient de nous aider, mais ça marche pas toujours. L'autre était occupé aussi, donc d'essayer de trouver des ingénieurs qui ont du temps pour nous, pour pouvoir nous appuyer dans des projets, c'est pas évident.

En plus de spécialistes en ingénierie qui font des visites en salle de classe, le personnel enseignant suggère aussi des avantages de la collaboration entre collègues.

6.5.5. Occasions de collaboration

La collaboration avec d'autres personnes professionnelles et établissements est soulevée comme pouvant fournir un appui important pour l'intégration de l'ingénierie dans les cours, un thème soulevé par cinq personnes participantes. Le besoin de réseautage et de partenariats est particulièrement souligné, mettant en évidence l'importance de la collaboration pour enrichir l'expérience d'enseignement.

Léa expose le besoin de temps de réseautage avec des collègues d'autres écoles, soulignant que la pandémie de Covid-19 a contribué à l'isolement des membres du personnel enseignant. Elle explique qu'avant la pandémie, elle avait l'occasion de voyager pour des formations, ce qui lui permettait de vivre des expériences variées. Cependant, avec la transition vers l'apprentissage en ligne, elle trouve difficile de rester concentrée sur la formation. Cela souligne l'importance de retrouver des occasions de rencontres en personne pour favoriser un échange d'idées plus riche.

Nour propose une autre forme de collaboration, suggérant que les personnes enseignantes pourraient observer des collègues ayant déjà intégré l'ingénierie dans leurs cours. Cela permettrait aux personnes enseignantes moins expérimentées de se sentir plus à l'aise avec l'idée d'intégrer l'ingénierie. De plus, elle suggère de communiquer avec des spécialistes en ingénierie que les personnes enseignantes connaissent déjà ou de travailler avec des organismes pour trouver des personnes expertes qui pourraient collaborer avec elles.

Lucas et Elie mentionnent l'importance des partenariats avec les institutions postsecondaires. Lucas note que l'Université d'Ottawa et La Cité collégiale apportent un soutien précieux en envoyant des équipes pour expliquer les programmes d'ingénierie disponibles aux élèves. De son côté, Elie souligne que ces établissements pourraient offrir encore plus d'ateliers aux écoles secondaires, tout en mentionnant l'Université York comme un bon exemple de ce type d'engagement. Pour Elie, ces collaborations sont également avantageuses pour les universités, car elles peuvent promouvoir leurs programmes auprès des futurs membres du corps étudiant.

Enfin, Hannah élargit cette discussion en mentionnant le rôle que peuvent jouer les musées et les organismes à but non lucratif, tels que Parlons sciences. Elle explique que ces organismes offrent des ateliers où les jeunes peuvent tester des concepts en ingénierie, offrant ainsi une base précieuse que le personnel enseignant peut adapter à ses besoins. Elle souligne l'importance d'avoir une base solide, même si elle peut être modifiée, pour aider les personnes enseignantes à démarrer.

En somme, les occasions de collaboration avec d'autres personnes enseignantes, spécialistes et établissements sont soulevées comme étant un appui essentiel pour surmonter les défis de l'intégration de l'ingénierie dans les cours. Ces collaborations permettent non seulement de partager des idées et des ressources, mais aussi de renforcer la confiance des personnes enseignantes dans leur capacité à enseigner cette discipline. Une autre idée est d'organiser un cours sur l'ingénierie avant que les membres du corps enseignant ne se lancent dans ce domaine.

6.5.6. Un cours au baccalauréat en éducation

Une personne, Émilie, pense que le programme de formation à l'enseignement devrait inclure de l'information et de la formation au sujet de l'ingénierie. À l'université, c'est le temps d'explorer l'ingénierie, puisqu'il est rendu dans sa carrière en enseignement, il y a très peu de temps. Elle suggère que « *ça devrait faire partie des cours de sciences et mathématiques, parce que c'est comme ça qu'on va l'enseigner après par la suite* ». Par contre, elle reconnaît que les cours de didactique des sciences et des mathématiques peuvent être difficiles à donner, mais que ce serait très pratique de les inclure, surtout avec

le curriculum qui vient de changer. Elle soupçonne que les programmes-cadres de la 11^e et de la 12^e année vont aussi bientôt changer. Elle termine en disant que « *c'est aux professeurs de l'université de former les enseignants* » et que c'est leur responsabilité. Une dernière recommandation est fournie pour aider à soutenir le corps enseignant, en développant des initiatives pour aider les filles à réussir dans l'ingénierie.

6.5.7. Initiatives spécifiques pour les filles

Lucas, la même personne ayant fait mention d'un besoin d'initiatives pour intéresser les filles à l'ingénierie, mentionne qu'un appui à cet égard serait important. Il trouve qu'il y a du progrès pour vaincre le déséquilibre entre les genres, mais dit : « *je voulais vraiment qu'on fasse un peu plus là-dessus pour les intéresser, puis les amener dans ces secteurs de métiers-là qui seront vraiment bénéfiques pour tout le monde* ».

Cependant, une autre personne participante, Jules, souligne que même sans barrières et stigmates liés aux femmes dans l'ingénierie, il pourrait y avoir une tendance naturelle chez les garçons qui gravitent vers certains domaines, tels que ceux impliquant des objets, tandis que pour les filles, elles pourraient préférer les domaines impliquant l'interaction humaine. Il fait référence à des études scandinaves qui suggèrent des tendances similaires. Jules partage également une expérience vécue dans le cadre d'un programme d'échange en Belgique, où il a observé un système éducatif allant jusqu'à l'âge de 13-14 ans environ, qui n'avait pas de notes numériques. Il admire cette approche. Malgré les efforts déployés en Belgique pour éliminer les normes sociales liées au genre dans les choix de carrière, Jules remarque que les garçons continuaient à s'orienter vers des domaines plus physiques et moins linguistiques, tandis que les filles étaient plus enclines à s'orienter vers d'autres domaines, sans préciser lesquels.

6.5.8. Différences démographiques dans les appuis requis

L'analyse des propos recueillis révèle que les personnes enseignantes identifient plusieurs formes d'appui nécessaires pour intégrer l'ingénierie dans leurs cours. Cependant, les besoins exprimés varient en fonction de caractéristiques démographiques. La carte thermique qui suit (Figure 25) permet d'avoir un aperçu des fréquences avec lesquelles les différents types d'appuis ont été mentionnés par les sous-groupes. Ces résultats permettent de mieux comprendre comment les représentations sociales façonnent les attentes et les besoins concrets pour faciliter l'enseignement de l'ingénierie.

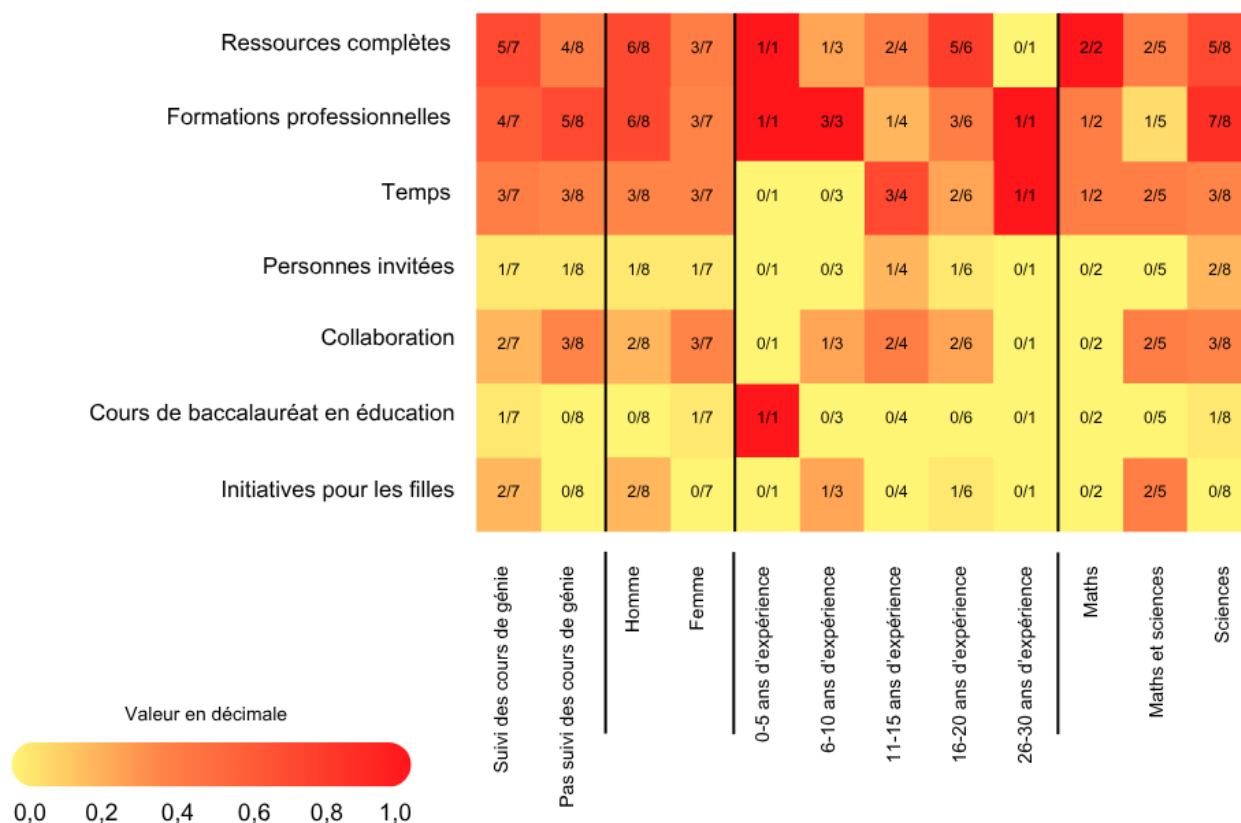


Figure 25 – Carte thermique de la place de l'ingénierie dans les cours selon différents groupes démographiques

Bien que des similarités soient observées entre les groupes, notamment en ce qui concerne le besoin de temps, de formations continues et de ressources concrètes, certaines différences notables émergent en fonction des caractéristiques démographiques. Le tableau suivant synthétise ces variations, révélant comment l'expérience, la formation, le genre et les matières enseignées peuvent influencer la perception des appuis nécessaires à l'intégration de l'ingénierie en salle de classe.

Tableau 36 – Résumé des différences concernant les appuis nécessaires selon le profil des personnes participantes

Catégorie	Observations principales
Formation en ingénierie	- Les personnes ayant suivi des cours en ingénierie évoquent le besoin d'un cours au niveau de la formation initiale en enseignement. - Elles mentionnent également la nécessité d'initiatives ciblées pour encourager les filles à envisager une carrière en ingénierie (ces propos provenaient notamment de deux hommes).
Genre	- Les femmes sont plus susceptibles de mentionner le besoin de collaboration et de soutien extérieur (ex. : partenaires communautaires, mentorat). - Des hommes expriment une préoccupation pour la sous-représentation des filles et l'importance des stratégies pour y remédier.
Années d'expérience	- Les personnes ayant plus d'années d'expérience soulignent davantage le manque de temps comme obstacle majeur. - Les personnes entre 6 et 20 ans d'expérience sont les seules à mentionner le besoin de collaboration.
Matières enseignées	Les personnes enseignant les sciences (ou sciences et mathématiques) expriment des besoins élargis, au-delà du trio temps, formation et ressources, notamment un besoin de soutien institutionnel plus global et de liens avec des personnes expertes externes.

Ces différences peuvent s'expliquer par la manière dont les expériences professionnelles, les parcours de formation et les rôles genrés influencent les représentations sociales de l'ingénierie et, par conséquent, les attentes en matière de soutien. Par exemple, les personnes ayant une formation en ingénierie possèdent déjà une certaine familiarité avec le domaine, ce qui peut expliquer leur désir de voir l'enseignement de l'ingénierie institutionnalisé dès la formation initiale. À l'inverse, celles sans cette formation semblent accorder plus d'importance au travail collaboratif, probablement pour compenser une moindre aisance perçue face aux contenus d'ingénierie. De plus, les personnes ayant davantage d'expérience dans l'enseignement ont tendance à mieux cerner les contraintes systémiques, comme le manque de temps, tandis que les moins expérimentées peuvent avoir une vision plus ouverte ou idéalisée des possibilités d'intégration. Enfin, le fait que les personnes enseignantes en sciences identifient un éventail plus large de besoins pourrait s'expliquer par la proximité entre la discipline scientifique et les pratiques d'ingénierie, qui les rend plus sensibles aux exigences pédagogiques et matérielles qu'implique cette intégration.

Ainsi, bien que certains besoins soient partagés par l'ensemble des groupes, les nuances relevées confirment que les représentations sociales et les trajectoires professionnelles façonnent non seulement la compréhension de l'ingénierie, mais aussi les conditions perçues comme nécessaires à son intégration.

6.5.9. *Interprétation des résultats liés aux appuis nécessaires*

Les réponses laissent entrevoir un besoin fondamental de ressources à la fois pratiques et adaptables. Cela reflète une tension entre le désir d'autonomie pédagogique et la réalité d'un manque de temps pour concevoir du matériel sur mesure. La critique des trousseaux préfabriqués témoigne d'une volonté de favoriser l'engagement actif des élèves plutôt que de suivre un canevas rigide. Ainsi, pour être réellement utiles, les ressources doivent soutenir la différenciation pédagogique tout en étant suffisamment structurées pour ne pas alourdir la charge de planification.

Les formations continues sont également perçues comme essentielles, à condition qu'elles soient continues, concrètes et directement liées aux programmes d'études (Borko, 2004). Ce besoin révèle une tension bien connue dans le milieu scolaire : l'écart entre la formation reçue et les exigences réelles en salle de classe. Une approche ponctuelle semble insuffisante, surtout lorsqu'il s'agit d'intégrer des innovations comme le codage ou le processus de design en ingénierie. Ce besoin de formation reflète aussi une quête de légitimité professionnelle : il ne s'agit pas seulement d'acquérir des compétences techniques, mais aussi de pouvoir se reconnaître comme compétente et légitime dans l'enseignement de l'ingénierie (Bandura, 1995; El Nagdi et al., 2018)

La répétition du thème du temps indique qu'il s'agit d'un enjeu structurel. Ce n'est pas tant le manque d'heures qui est dénoncé, mais l'absence d'espace mental et professionnel pour l'innovation pédagogique. Dans ce contexte, même les initiatives les plus prometteuses risquent de rester marginales, car elles ne s'intègrent pas facilement aux pratiques établies.

Par ailleurs, la collaboration avec des partenaires externes (collèges, universités, organismes communautaires) est perçue comme une valeur ajoutée, mais difficile à mettre en œuvre, particulièrement dans les communautés francophones minoritaires. Cette ouverture vers l'extérieur témoigne d'un désir de contextualiser l'ingénierie, de la rendre plus concrète et inspirante pour les élèves. Toutefois, les défis linguistiques et logistiques associés à ces partenariats révèlent un besoin de structures de soutien qui dépassent les efforts individuels.

Les propos des personnes participantes concernant la place des filles en ingénierie révèlent une conscience des inégalités persistantes et un positionnement en faveur d'une éducation plus inclusive. Cette

posture éthique est prometteuse, mais elle s'accompagne aussi d'une incertitude quant aux moyens concrets pour y parvenir. Cela souligne la nécessité d'un accompagnement ciblé sur les questions d'équité, incluant la formation à des pratiques non genrées et la représentation diversifiée des modèles des spécialistes en ingénierie.

En somme, l'intégration efficace de l'ingénierie en sciences et en mathématiques repose sur un appui structuré : des ressources pertinentes, une formation continue adaptée, du temps dédié, des partenariats solides et un engagement réel envers l'inclusion. Ce n'est qu'à cette condition que l'enseignement de l'ingénierie pourra prendre une place significative dans le curriculum scolaire ontarien.

6.6. Résumé du chapitre

Le chapitre 6 présente les résultats de l'interprétation des entretiens semi-structurés avec les personnes enseignantes participantes, en se concentrant sur la façon dont l'ingénierie est intégrée dans les cours de sciences et de mathématiques au palier secondaire. Lorsqu'on interroge les personnes enseignantes sur les activités de conception et de construction qu'elles réalisent avec leurs élèves dans ces cours, la majorité confirme qu'elles intègrent fréquemment de telles activités et fournissent divers exemples, tels que la création d'éoliennes et de machines de Rube Goldberg.

Les personnes participantes précisent ensuite si elles intègrent ou non l'ingénierie dans leurs cours. L'intégration de l'ingénierie dans les cours de sciences et de mathématiques s'est avérée une réalité pour la majorité des personnes participantes, avec 14 sur 15 incorporant des concepts d'ingénierie à divers degrés. Si la plupart incorporent de manière créative les principes de l'ingénierie dans leurs cours, allant de la modification génétique en biologie à l'assainissement de l'environnement en chimie, certaines personnes ont encore du mal à comprendre pleinement le processus de design de l'ingénierie. Par exemple, certaines considèrent que l'ingénierie est avant tout une affaire de programmation ou croient qu'elle nécessite un prototype tangible. Cela souligne la nécessité de cadres éducatifs plus clairs pour guider l'intégration de l'ingénierie. Malgré ces difficultés, les personnes enseignantes encouragent la pensée critique et les compétences en matière de résolution de problèmes par le biais de projets pratiques, offrant ainsi aux élèves des expériences d'apprentissage pertinentes dans le monde réel.

Ce chapitre explore également le point de vue des personnes enseignantes sur le rôle de l'ingénierie dans les cours de sciences et de mathématiques au palier secondaire. Presque toutes les personnes participantes sont d'accord pour dire que l'ingénierie a sa place dans la salle de classe. La majorité estime que l'ingénierie devrait être intégrée dans les cours de physique et de chimie existants, tandis que certaines plaident en faveur d'un cours distinct d'ingénierie. Les personnes enseignantes

proposent diverses stratégies pour intégrer l'ingénierie, comme l'utilisation de la physique pour des projets de conception pratiques ou de la chimie pour la conception expérimentale. Malgré un certain débat sur la pertinence de l'ingénierie dans les mathématiques, des exemples d'intégration réussie par le biais de la programmation sont discutés. L'étude met également en évidence les raisons d'inclure l'ingénierie dans la classe, en soulignant son rôle dans la contextualisation de l'apprentissage, l'engagement d'un éventail diversifié d'élèves et l'éveil de l'intérêt pour les carrières en ingénierie.

La présente section explore les obstacles importants auxquels les personnes enseignantes sont confrontées lorsqu'elles intègrent l'ingénierie dans leurs cours de mathématiques et de sciences. Les personnes participantes soulignent plusieurs défis majeurs, notamment les contraintes de temps, la complexité de l'ingénierie, la disponibilité des ressources, la langue d'enseignement et l'impact de la pandémie de Covid-19 sur les élèves et leur apprentissage. Le manque de temps est identifié comme un problème majeur. De nombreux membres du personnel enseignant ont de la difficulté à trouver le temps nécessaire pour apprendre, planifier et mettre en œuvre les concepts d'ingénierie. La complexité de l'ingénierie pose des défis, en particulier pour ceux qui n'ont pas de connaissances approfondies dans ce domaine. Les problèmes de ressources vont d'une surcharge d'informations à un manque de matériel approprié, en particulier la disponibilité de ressources en français. Les barrières linguistiques compliquent encore le processus d'intégration, obligeant le personnel enseignant à traduire le matériel. Enfin, la pandémie a exacerbé ces difficultés, affectant l'engagement des élèves et leurs capacités de réflexion critique.

La dernière section traite du soutien nécessaire à l'intégration de l'ingénierie dans les cours de sciences et de mathématiques. Ce soutien comprend des ressources complètes, une formation professionnelle, du temps additionnel, l'invitation de personnes conférencières, des possibilités de collaboration et des initiatives ciblées pour encourager les filles à s'intéresser à l'ingénierie. Les personnes participantes soulignent l'importance de disposer de ressources adaptables et alignées sur les programmes-cadres, de formations pratiques et continues et de temps structuré pour planifier et innover. Elles avancent également l'idée d'inviter des spécialistes francophones, de collaborer avec d'autres membres du corps enseignant et des institutions, et de préparer les futures personnes enseignantes grâce à des cours universitaires dans le cadre du baccalauréat en éducation. Enfin, les initiatives visant à attirer davantage de filles vers l'ingénierie sont jugées essentielles, les suggestions allant de la création de modèles à la prise en compte des tendances éducatives spécifiques au genre.

Chapitre 7 – Discussion et conclusion

Cette étude cherche à comprendre davantage les représentations sociales qu'ont les personnes enseignantes de sciences et de mathématiques du palier secondaire de l'ingénierie, des spécialistes en ingénierie et de l'enseignement de l'ingénierie. Après avoir mis en évidence, aux chapitres 5 et 6, les principaux résultats, nous tentons ici de répondre à notre question de recherche ainsi qu'aux sous-questions. Pour ce faire, nous mettons en tensions nos résultats avec ceux de la littérature de manière à en dégager les convergences et divergences, tout en l'alignant avec notre cadre conceptuel. Le chapitre est organisé de manière à explorer d'abord la question générale et par la suite chacune des sous-questions.

La question générale porte sur les représentations sociales qu'ont les personnes enseignantes de l'ingénierie. La première sous-question explore les représentations sociales des différents groupes de personnes enseignantes, en fonction de divers facteurs, tels que la formation en ingénierie au palier postsecondaire, les disciplines qu'elles enseignent (mathématiques, sciences, ou les deux sujets), leur genre et leurs années d'expérience dans l'enseignement. Ensuite, nous discutons de la deuxième sous-question, qui porte sur la définition de l'ingénierie, son rôle dans la société, et sur la question de savoir si les représentations sociales des personnes enseignantes diffèrent de celles des membres de la profession d'ingénierie. Enfin, la dernière sous-question explore le lien entre les représentations sociales du personnel enseignant et leur disposition à enseigner l'ingénierie. Notre analyse est basée sur le cadre conceptuel retenu, la théorie des représentations sociales, afin d'approfondir l'interprétation des données.

7.1. Représentations sociales des personnes enseignantes en sciences et en mathématiques du secondaire à propos de l'ingénierie

La réponse à la question principale se divise en trois volets, pour aborder d'abord les représentations du personnel enseignant des personnes dans le domaine de l'ingénierie, puis de la profession d'ingénierie, et enfin de l'enseignement de l'ingénierie. Cette exploration est fondée sur la théorie des représentations sociales de Moscovici (1961), qui postule que les représentations sociales sont des images et des compréhensions collectives et socialement construites qui influencent la manière dont les individus perçoivent et interagissent avec différentes professions, dont l'enseignement.

7.1.1. Représentations sociales de personnes œuvrant en ingénierie

Les dessins réalisés dans le cadre du DAET révèlent certaines représentations sociales qui pourraient partager ce groupe de personnes enseignantes, lesquelles influencent la manière dont la profession est perçue par les élèves. La Figure 26 synthétise visuellement les représentations sociales

dominantes exprimées par les personnes participantes dans les dessins réalisés dans le cadre du DAET. Trois figures clés y apparaissent : une personne engagée dans un travail de conception en bureau, une autre sur un chantier et un groupe en situation de collaboration. Comme l'illustre la Figure 26, la majorité des personnes participantes imaginent les spécialistes en ingénierie comme des personnes qui conçoivent et construisent des objets — une vision qui s'inscrit dans la continuité de celles documentées par Hammack (2016) et Lachapelle et al. (2006). Malgré quelques variations, ces représentations demeurent centrées sur une définition traditionnelle de l'ingénierie, axée sur la fabrication tangible d'objets plutôt que sur les dimensions sociales, éthiques ou systémiques de la profession.

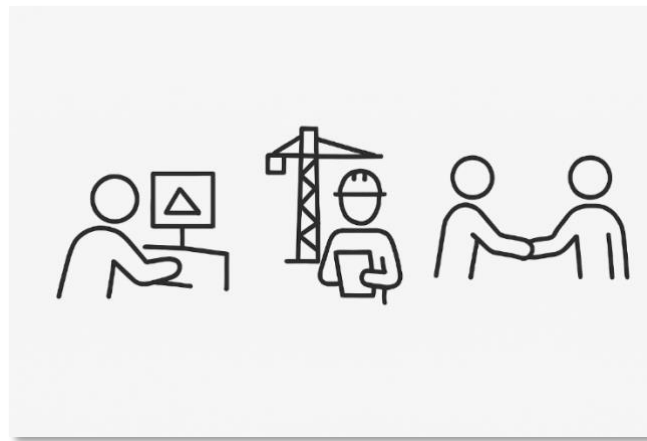


Figure 26 – Synthèse visuelle des représentations des personnes participantes sur les spécialistes en ingénierie dans le cadre du DAET

Toutefois, une distinction notable se dégage entre les représentations visuelles dominantes, majoritairement centrées sur les objets et environnements de travail, et les propos recueillis lors des entretiens. En effet, lorsque les personnes participantes sont invitées à réfléchir aux contributions de l'ingénierie dans la société, plusieurs adoptent une perspective plus large et plus engagée, considérant l'ingénierie comme un moteur d'avancement social, apte à répondre à des enjeux communautaires et mondiaux complexes. Cette prise de conscience des dimensions sociétales et globales de l'ingénierie vient ainsi enrichir les représentations plus tangibles mises en évidence par les dessins, soulignant une tension productive entre images concrètes et aspirations vers une ingénierie orientée vers le bien commun.

La représentation des personnes œuvrant en ingénierie à la fois dans un bureau et sur un chantier suggère également une compréhension plus nuancée de la profession, conciliant travail intellectuel et mise en œuvre pratique. Cette dualité rejoint l'idée d'une profession aux multiples facettes, tout en révélant également un flou persistant entre les rôles des personnes en ingénierie et ceux des métiers — un enjeu également souligné par Lachapelle et al. (2006). Le travail d'équipe, fréquemment mentionné et représenté,

constitue un autre élément positif. Il témoigne d'une compréhension des dynamiques collaboratives propres à l'ingénierie. À cet égard, les résultats s'inscrivent dans le cadre de la théorie des représentations sociales de Moscovici (1961), selon laquelle les images collectives se construisent à partir de discours sociaux partagés.

L'un des constats intéressants de cette étude réside dans le choix fréquent de ne pas genrer les figures dessinées. Pour certaines personnes, ce choix reflète une conscience des déséquilibres au sein de la profession, où 14,3 % des personnes ingénieures agréées sont des femmes et 0,0099 % des personnes trans¹⁸ en Ontario (Ingénieurs Canada, 2023), et s'inscrit dans une démarche d'inclusion. D'autres personnes participantes expliquent cependant ce choix par la simplicité technique du dessin ou des références personnelles. Cette diversité de motivations renforce l'idée que les représentations sociales sont influencées à la fois par des facteurs sociétaux et par des références individuelles. Ce constat se rattache aux observations de Shulman (1986), qui soutiennent que les conceptions disciplinaires du personnel enseignant influencent profondément leur pratique et doivent être abordées explicitement dans le cadre de la formation continue.

Sur le plan de l'âge, les personnes représentées se situent presque exclusivement dans la tranche des 25–54 ans, illustrant une vision des personnes œuvrant en ingénierie comme des professionnelles expérimentées, avec moins de représentations de figures plus jeunes ou plus âgées. Cette absence peut restreindre la capacité des jeunes à se projeter dans cette profession, notamment pour ceux qui ne se sentent pas spontanément attirés par des parcours éducatifs longs ou spécialisés.

Enfin, les compétences associées à l'ingénierie — pensée logique, créativité, résilience, collaboration — indiquent que les personnes participantes reconnaissent les exigences multiples de cette profession. Ce portrait remet en question certains stéréotypes encore présents dans d'autres contextes, tels que ceux observés par Hammack (2016), où les personnes en ingénierie étaient perçues comme manquant de compétences en communication. Nos résultats suggèrent qu'une image plus contemporaine et inclusive commence à émerger, du moins chez une partie du personnel enseignant francophone de l'Ontario.

¹⁸ Selon le recensement de 2021, l'Ontario compte 39 445 personnes transgenres, soit 0,33 % de la population canadienne (Statistique Canada, 2022a).

7.1.2. Représentations de la profession d'ingénierie

Les résultats mettent en évidence que, pour les personnes enseignantes interrogées, l'ingénierie se définit avant tout comme une discipline centrée sur la résolution de problèmes. Selon la théorie d'Abric, le noyau central est l'élément le plus stable et le plus résistant au changement dans les représentations sociales, donnant un sens à l'ensemble de la représentation (Abric, 1994). Dans le cas présent, la résolution de problèmes apparaît comme la caractéristique déterminante de l'ingénierie, autour de laquelle s'articulent d'autres éléments tels que la conception, l'innovation et l'application des mathématiques et des sciences. La Figure 27 illustre ce noyau central ainsi que les éléments périphériques.

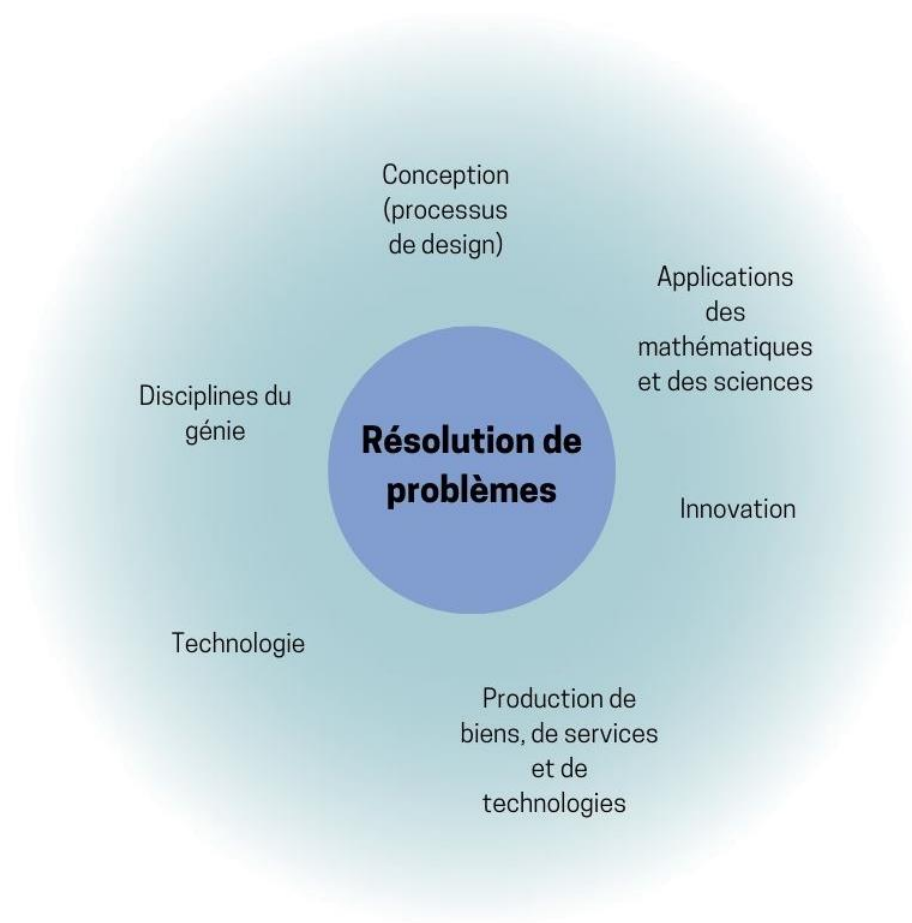


Figure 27 – Noyau central et éléments périphériques de l'ingénierie selon les personnes participantes

Comparativement aux travaux d'Hammack (2016) qui observent chez des personnes enseignantes américaines une forte association entre ingénierie et haut niveau de compétences en sciences et

mathématiques, nos résultats introduisent une nuance importante : les participants ne réservent pas l'accès à l'ingénierie aux élèves les plus « doués » dans ces disciplines. Cette différence pourrait s'expliquer par des contextes éducatifs distincts : le système canadien, notamment en Ontario, valorise l'équité, l'interdisciplinarité et l'inclusion — y compris la prise en compte des savoirs autochtones (DeCoito et al., 2024), tandis que le système américain tend à reproduire un modèle plus élitiste (Massey & Stephens, 2025). Cette ouverture constitue un levier important pour élargir la diversité des profils intéressés par la profession.

L'étude révèle aussi un rapport contrasté au processus de design en ingénierie. Si une partie des personnes participantes le comprennent comme un processus itératif, collaboratif et centré sur l'empathie, l'autre moitié en a une vision partielle ou floue. Ce constat rejoint les observations de Lachapelle et al. (2006), avec un progrès notable : les personnes participantes distinguent plus clairement la méthode scientifique du processus de design, signe de l'influence des récentes réformes curriculaires en Ontario (Ministère de l'Éducation de l'Ontario, 2022b). Toutefois, les programmes de formation initiale demeurent insuffisamment outillés pour préparer le personnel enseignant à intégrer ces concepts de manière explicite et authentique.

La reconnaissance de la complexité et de la diversité du métier, combinée à l'aveu d'une connaissance partielle, ouvre un espace pédagogique intéressant. Adopter une posture d'apprentissage continu en classe, où des membres du corps enseignant et des élèves explorent ensemble les multiples facettes de la profession, pourrait contribuer à déconstruire les stéréotypes et à enrichir les représentations.

Enfin, les résultats soulignent le rôle stratégique des personnes enseignantes dans la construction et la transmission des représentations sociales de l'ingénierie. Des représentations inclusives et diversifiées peuvent élargir le sentiment d'appartenance des élèves et renforcer leur motivation à s'engager dans des parcours STIM. Pour soutenir cette évolution, la formation initiale et continue doit intégrer non seulement des contenus disciplinaires en ingénierie et design, mais aussi des approches inclusives et interdisciplinaires. Par ailleurs, la mise à disposition des outils pédagogiques appropriés favoriserait la médiation culturelle et permettrait de proposer des représentations plus nuancées et contemporaines de la profession.

Ainsi, les constats de cette étude invitent à considérer les représentations sociales non comme un simple reflet de la réalité, mais comme des leviers actifs pour transformer les pratiques éducatives et, à terme, les dynamiques de diversité dans le domaine de l'ingénierie.

7.1.3. Représentations de l'enseignement de l'ingénierie

La majorité des personnes enseignantes rapportent qu'elles intègrent l'ingénierie par le biais de divers projets, incluant la programmation, l'apprentissage par projet et l'expérimentation, au sein des cours de sciences et de mathématiques. Cette observation diverge de celle de Lachapelle et al. (2006), où il est rapporté que le personnel enseignant américain rencontre des difficultés pour distinguer clairement les activités propres à l'ingénierie. Cette divergence pourrait être attribuée au profil du personnel enseignant examiné, à savoir le personnel enseignant du secondaire, ayant suivi une formation spécialisée en STIM et pour certains, en ingénierie.

Cependant, cette relative familiarité ne signifie pas une maîtrise homogène de tous les aspects de l'enseignement de l'ingénierie. La compréhension du processus de design apparaît variable : certaines personnes le perçoivent comme un projet complexe et long, d'autres reconnaissent qu'une activité courte peut aussi être pertinente. Elle met en évidence un besoin manifeste de formation continue mieux ciblée, en particulier concernant les outils pédagogiques et les ressources accessibles en français.

Un point notable concerne la place de l'ingénierie dans le curriculum. Plusieurs personnes participantes perçoivent encore l'ingénierie comme un ajout ponctuel plutôt que comme une composante intégrée, ce qui limite la transversalité et l'interdisciplinarité, pourtant essentielles à l'approche intégrée des STIM (Roehrig et al., 2021; Yata et al., 2020). Elle rejoint les conclusions de Stohlman et al. (2012) et souligne la nécessité d'examiner les conditions organisationnelles et pédagogiques propices à une intégration plus fluide.

Par ailleurs, les perceptions disciplinaires révèlent un cloisonnement persistant : l'ingénierie est fréquemment associée à la physique et à la chimie, mais moins à la biologie ou aux mathématiques. Cette compartimentation freine l'élaboration de projets véritablement interdisciplinaires, qui pourraient enrichir l'expérience d'apprentissage et mieux refléter la réalité complexe des pratiques en ingénierie (Hasni et al., 2015). Le recours aux communautés d'apprentissage professionnelles pourrait constituer une stratégie efficace pour encourager la collaboration entre les membres du personnel enseignant de différentes disciplines et promouvoir une vision plus cohérente et globale de l'enseignement des STIM (Guskey, 2002; Vangrieken et al., 2017).

Enfin, malgré des défis récurrents (manque de ressources francophones, formation spécifique insuffisante), les personnes enseignantes manifestent un fort engagement à intégrer l'ingénierie dans leurs cours. Il se traduit par une démarche expérimentale itérative, illustrée par l'exemple de Nathan, qui souligne l'importance de la flexibilité et de l'engagement nécessaires pour promouvoir l'enseignement de l'ingénierie

en contexte francophone. Ces éléments montrent que, avec un soutien approprié, l'enseignement de l'ingénierie peut pleinement se développer et se transformer, contribuant ainsi à mieux préparer les élèves aux enjeux contemporains des STIM.

7.1.4. Perspectives critiques sur l'intégration de l'ingénierie dans les STIM

Bien que cette étude s'inscrive dans une approche intégrée des STIM, il est important de reconnaître que cette perspective n'est pas unanimement partagée dans la littérature scientifique. Plusieurs critiques soulignent que l'intégration rapide et souvent peu réfléchie des disciplines STIM, et particulièrement de l'ingénierie, dans les écoles secondaires peut engendrer des problèmes. Par exemple, Zeidler (2016) explique que les initiatives STIM mettent souvent l'accent sur ce que les élèves ne savent pas ou ne savent pas faire, plutôt que sur une compréhension globale et contextuelle des sciences. Cela peut négliger des aspects importants, comme le raisonnement éthique ou les enjeux sociétaux liés aux sciences, réduisant ainsi les bénéfices de l'enseignement de l'ingénierie.

McComas et Burgin (2020) critiquent le fait que ces initiatives soient parfois mises en place sans preuve solide de leur efficacité. Selon ces universitaires, intégrer les disciplines sans réflexion critique peut affaiblir les contenus scientifiques essentiels et les méthodes d'enseignement propres à chaque discipline. Takeuchi et al. (2020) ajoutent que l'idée de transdisciplinarité en STIM n'est pas toujours claire, ce qui rend difficile une véritable intégration. Les disciplines restent souvent séparées, empêchant la réalisation de projets vraiment interdisciplinaires et limitant le potentiel de l'enseignement de l'ingénierie dans ce cadre.

Beers (2011) attire également l'attention sur l'importance de la préparation du personnel enseignant et de la conception du programme lorsqu'on intègre de nouvelles compétences ou disciplines, comme l'ingénierie, dans le curriculum. Même lorsque l'intention est de développer des compétences du 21^e siècle, un manque de préparation ou de soutien peut nuire à l'efficacité de l'enseignement et à l'apprentissage des élèves. Breiner et al. (2012) soulignent que le concept de STIM est interprété de différentes manières selon le contexte et les partenariats éducatifs. Cette diversité montre qu'il n'existe pas une seule façon « correcte » de mettre en œuvre l'enseignement des STIM, et qu'une approche uniforme peut être inappropriée ou inefficace dans certains contextes.

Enfin, Stapleton (2022) souligne l'importance de l'inclusivité, montrant que le cadre STIM, lorsqu'il est imposé sans réflexion, peut exclure certaines perspectives et marginaliser certaines identités ou approches disciplinaires. L'universitaire incite à une réflexion critique sur les principes sous-jacents au STIM et à la mise en œuvre de modèles pédagogiques plus inclusifs et délibérés.

Ces critiques soulignent l'importance d'évaluer soigneusement les motivations et les bénéfices liés à l'intégration de l'ingénierie dans les STIM. Elles soulignent aussi la nécessité de réfléchir aux conditions pédagogiques et organisationnelles qui permettent de s'assurer que cette intégration favorise réellement l'apprentissage des élèves, tout en promouvant une éducation équitable, diversifiée et adaptée au contexte.

7.1.5. Conclusions liées aux représentations sociales

En conclusion, les représentations sociales des personnes enseignantes en sciences et en mathématiques du secondaire à propos de l'ingénierie révèlent un paysage complexe, combinant compréhension solide et zones d'incertitude. Selon la théorie de Moscovici (1961), ces images façonnent non seulement les pratiques pédagogiques, mais aussi la perception même de la profession. La résolution de problèmes apparaît comme le noyau central partagé, tandis que la maîtrise du processus de design et son intégration dans l'enseignement restent des éléments périphériques, instables et évolutifs (Pfeuti, 1996).

Les perspectives critiques issues de la littérature contemporaine enrichissent cette analyse. Comme le soulignent Zeidler (2016) et Stapleton (2022), l'approche intégrée de l'enseignement des STIM peut parfois fonctionner selon un cadre de déficit ou exclure certaines perspectives, ce qui invite à questionner la manière dont l'ingénierie est intégrée dans les cours de sciences et de mathématiques. McComas et Burgin (2020) mettent en garde contre l'adoption rapide d'initiatives STIM sans fondements empiriques solides, et Takeuchi et al. (2020) révèlent les défis de la transdisciplinarité, souvent limitée par le cloisonnement des disciplines. Ces critiques confirment que les représentations sociales du personnel enseignant ne peuvent être comprises sans considérer le contexte pédagogique et institutionnel plus large.

Malgré ces défis, cette étude met en lumière la nécessité d'un accompagnement ciblé pour le personnel enseignant, par le biais des ressources adaptées et de formation continue, afin de permettre une intégration complète de l'ingénierie dans un cadre interdisciplinaire des STIM. L'attention accordée à la prévention des stéréotypes de genre dans les représentations témoigne d'un engagement positif en faveur de la diversité et de l'inclusion au sein de la profession.

L'ingénierie ne doit pas se limiter à un ajout ponctuel d'activités, mais être envisagée comme un outil stratégique pour enrichir l'apprentissage scientifique, mathématique et technologique, en rendant ces disciplines plus tangibles et engageantes. Pour ce faire, un soutien soutenu au corps enseignant est indispensable, non seulement pour favoriser la réussite des élèves, mais aussi pour promouvoir une ingénierie plus diversifiée et représentative sur le plan social. Enfin, cette recherche ouvre la voie à de futures études sur les stratégies d'intégration pédagogique efficaces et sur les mécanismes de

transformation des représentations sociales, essentiels pour relever les défis éducatifs et sociétaux liés aux STIM.

7.2. Sous-question #1 : Quelles différences observe-t-on dans les représentations sociales de l'ingénierie?

Pour répondre à cette question, analysons les réponses des personnes participantes relatives aux spécialistes en ingénierie et à la profession d'ingénierie, en fonction de quatre données démographiques :

- 1) les cours d'ingénierie suivis au niveau universitaire
- 2) son genre,
- 3) les matières qu'elle enseigne – sciences, mathématiques ou les deux, et,
- 4) ses années d'expérience dans l'enseignement.

Nous examinerons chacune de ces données démographiques afin d'identifier d'éventuelles différences dans leurs représentations sociales et de tirer des conclusions basées sur la théorie des représentations sociales.

7.2.1. Formation professionnelle en ingénierie

Les résultats mettent en évidence que la formation formelle en ingénierie est le facteur démographique ayant l'influence la plus marquée sur la manière dont le personnel enseignant conçoit et représente ce domaine. Les personnes ayant suivi des cours en ingénierie élaborent des définitions plus précises et intégrées, combinant la résolution de problèmes, l'application des sciences et des mathématiques, la perception de l'ingénierie comme discipline en constante évolution, porteuse d'impacts sociétaux. Ces représentations révèlent une structuration conceptuelle plus interconnectée, où les dimensions techniques, créatives et sociales coexistent dans un même système de pensée. En revanche, les personnes sans formation formelle mobilisent davantage d'exemples concrets, souvent liés à l'innovation, au design ou à des éléments tangibles du programme scolaire. Cette approche, plus fonctionnelle et contextuelle, traduit des représentations centrées sur les aspects immédiatement observables ou applicables, plutôt que sur des cadres théoriques globaux.

Dans les pratiques pédagogiques, les deux groupes intègrent l'ingénierie dans leurs cours, par exemple en physique ou en chimie. Chez les personnes ayant une formation en ingénierie, cette intégration semble parfois facilitée par la possibilité de mobiliser leurs expériences professionnelles, ce qui leur permet d'ancrer les activités dans des exemples concrets et de les relier à leur propre parcours. Cette capacité à contextualiser l'ingénierie renforce la dimension fonctionnelle de leurs représentations sociales, en

s'appuyant sur des savoirs expérientiels et professionnels qui orientent leurs choix pédagogiques. Elles expriment également une sensibilité accrue aux enjeux d'équité, notamment en matière de genre, ce qui reflète la dimension normative de leurs représentations.

Les personnes sans formation en ingénierie l'intègrent aussi, mais leurs discours révèlent plus souvent des préoccupations liées à la complexité perçue des notions et au manque de ressources disponibles. Ces éléments traduisent une représentation de l'ingénierie davantage centrée sur la difficulté et la technicité, ce qui peut constituer un frein à l'intégration. Ainsi, les variations observées entre les deux groupes confirment que la nature et la structure des représentations sociales influencent non seulement la disposition à enseigner l'ingénierie, mais aussi les modalités concrètes de son intégration en classe.

Ces différences ne sont pas neutres : elles influencent non seulement la compréhension que les personnes enseignantes transmettent à leurs élèves, mais aussi leur capacité à déconstruire ou à renforcer certaines perceptions collectives. Ainsi, selon la nature et la structure des représentations détenues, l'enseignement de l'ingénierie peut soit renforcer les stéréotypes sociaux associés à ce domaine, soit au contraire leur transformation, en offrant des perspectives plus inclusives et nuancées de la profession.

7.2.2. Genre des personnes participantes

Les résultats révèlent que, malgré une base commune autour de notions fondamentales telles que la résolution de problèmes et l'application des sciences, les représentations sociales de l'ingénierie diffèrent subtilement entre les hommes et les femmes. Ces différences peuvent s'expliquer en grande partie par les expériences distinctes vécues par chaque personne, influencées par des normes sociales et des constructions culturelles liées au genre.

Dès l'enfance, les garçons et filles sont souvent orientés vers des types de jeux différents : les premiers reçoivent plus fréquemment des jouets comme des voitures, des camions ou des Lego, tandis que les secondes jouent davantage avec des poupées et des jeux symbolisant le soin ou la relation sociale. Bien que ces pratiques évoluent progressivement, elles continuent d'imprégner les trajectoires individuelles, façonnant les motivations, les compétences perçues et les représentations de ce qu'est l'ingénierie. Cette socialisation genrée peut contribuer à expliquer pourquoi les hommes insistent davantage sur les compétences en mathématiques, en sciences et en créativité, tandis que les femmes privilégient une vision plus pragmatique, axée sur des solutions concrètes et l'application pratique des connaissances.

Dans la sphère pédagogique, les hommes et les femmes intègrent l'ingénierie dans leurs cours. Toutefois, les hommes mentionnent plus fréquemment l'intégration en physique, alors que les femmes élargissent cette intégration à la biologie, traduisant une ouverture à des contextes disciplinaires plus diversifiés et potentiellement plus inclusifs. Ces différences soulignent des manières variées de transposer leurs représentations sociales en pratiques éducatives, reflétant leurs parcours personnels et professionnels.

Les obstacles perçus pour l'intégration de l'ingénierie dans les cours varient également : les femmes évoquent plus souvent le manque de ressources, en particulier en français, et la complexité du domaine, ce qui pourrait s'expliquer par une charge de travail souvent plus élevée et une pression professionnelle accrue (Ferguson et al., 2022). Elles insistent aussi davantage sur le besoin de collaboration et de soutien externe, tels que le mentorat ou les partenariats communautaires. En parallèle, certains hommes manifestent une forte préoccupation face à la sous-représentation des filles dans les filières d'ingénierie et soulignent l'importance de mettre en place des stratégies ciblées pour favoriser leur participation. Bien que cela ne signifie pas que les femmes ne soient pas elles aussi préoccupées par les enjeux d'inclusion, ce sont principalement les hommes qui ont soulevé cet aspect dans le cadre de notre étude.

Cette posture d'allié, définie comme « une personne qui s'unit à une autre dans un intérêt commun où les deux parties en tirent profit, pouvant servir de mentor ou de porte-parole pour quelqu'un dont la voix pourrait ne pas être entendue » [traduction libre] (Society of Women Engineers, 2022, paragr. 2), illustre une dimension essentielle dans la transformation des représentations sociales. En s'engageant activement pour l'équité, ces personnes alliées contribuent à déconstruire les stéréotypes genrés et à ouvrir des espaces plus inclusifs dans des domaines traditionnellement dominés par les hommes (Ingénieurs Canada, s. d.-b).

Selon la théorie des représentations sociales, ces différences reflètent les cadres culturels et les rôles sociaux des hommes et des femmes influençant la manière dont les personnes enseignantes construisent et transmettent leurs connaissances en ingénierie. Les représentations ne sont pas neutres : elles peuvent à la fois reproduire des normes sociales existantes et contribuer à leur transformation. Les trajectoires d'apprentissage, les expériences professionnelles et les attentes sociétales façonnent ainsi des visions différenciées qui coexistent et évoluent.

En somme, les variations entre hommes et femmes dans la définition et la perception de l'ingénierie soulignent la complexité des représentations sociales, mettant en lumière l'importance d'intégrer les enjeux

de genre et d'inclusion dans les stratégies pédagogiques et formatives pour favoriser une représentation plus juste et diversifiée de la profession.

7.2.3. *Années d'enseignement*

Les résultats selon les années d'expérience révèlent que la compréhension de l'ingénierie évolue au fil du temps passé dans la profession. Les personnes enseignantes en début de carrière ont souvent des représentations plus limitées, centrées sur des notions concrètes ou populaires comme les robots ou l'application des sciences. Cela peut s'expliquer par un accès encore partiel à des formations spécifiques en ingénierie et par une appropriation encore en construction, basée sur des connaissances fragmentaires.

Avec plus d'expérience, les représentations deviennent plus complètes et nuancées : les personnes enseignantes intègrent des aspects techniques, créatifs et sociaux, combinant la résolution de problèmes, le processus de design et l'innovation, tout en comprenant mieux l'impact de l'ingénierie sur la société. Cette évolution reflète le caractère dynamique des représentations sociales, qui se construisent et se transforment grâce aux expériences professionnelles, à la formation continue et aux interactions dans l'environnement de travail.

Selon la théorie des représentations sociales, cette progression illustre le rôle de l'expérience comme un moteur d'enrichissement des représentations, qui évoluent d'images simples et isolées vers une vision plus riche et structurée. Ce processus permet aux personnes enseignantes d'intégrer les dimensions sociales et normatives de l'ingénierie, offrant ainsi une vision plus réfléchie et contextualisée, au-delà de la simple application technique.

Cependant, l'absence de corrélation directe entre l'ancienneté et l'intégration de l'ingénierie en classe indique que la connaissance seule ne suffit pas à garantir cette intégration. D'autres facteurs comme la motivation personnelle, la flexibilité du programme-cadre ou les ressources disponibles jouent un rôle important, soulignant ainsi la complexité du contexte d'enseignement.

Les obstacles identifiés, notamment par les personnes enseignantes les plus expérimentées, comme la gestion du temps et la planification, traduisent une meilleure conscience des défis liés à l'innovation pédagogique, tout en révélant les limites des contraintes institutionnelles. Cela illustre bien la tension entre des représentations enrichies et les réalités du terrain, où les représentations sociales peuvent encourager ou freiner l'action.

Enfin, la fragilité des représentations chez les personnes enseignantes débutantes souligne l'importance d'une formation initiale qui est mieux intégrée, qui aide à développer dès le départ une

compréhension globale et connectée de l'ingénierie. L'expérience ne devrait pas être la seule source d'apprentissage, mais doit être soutenue par des formations et des espaces collaboratifs pour accompagner ce processus. À ce titre, l'Université de Sherbrooke au Québec propose une démarche exemplaire : Ève Langelier et son équipe y ont mis en place des ateliers pour les membres du corps enseignant, notamment sur le processus de conception et d'autres thématiques liées à l'ingénierie (Chaire pour les femmes en sciences et en génie au Québec, 2020). Ce type d'initiative constitue un modèle inspirant à envisager pour les universités qui n'ont pas encore intégré l'enseignement de l'ingénierie dans leurs programmes.

En résumé, les différences liées aux années d'enseignement confirment que les représentations sociales de l'ingénierie sont évolutives et liées au contexte. Elles montrent comment l'expérience et le cadre institutionnel influencent les pratiques pédagogiques et suggèrent des pistes pour un meilleur soutien à l'intégration de l'ingénierie dans l'enseignement, notamment par une meilleure formation, un accompagnement et une adaptation des environnements scolaires.

7.2.4. *Matières d'enseignement*

L'analyse des réponses des personnes participantes selon les matières qu'elles enseignent montre que les représentations de l'ingénierie varient selon le contexte disciplinaire. Ces différences reflètent les valeurs et les façons de penser propres à chaque communauté professionnelle, ce qui influence la manière dont l'ingénierie est comprise, définie et enseignée.

Les personnes enseignantes de sciences possèdent une vision plus complète du processus de design et des aspects complexes et évolutifs de l'ingénierie. Leur formation semble valoriser ces notions, leur permettant d'intégrer simultanément les dimensions techniques, sociales et créatives. En revanche, les personnes enseignantes de mathématiques accordent moins d'importance à la créativité et au processus de design, probablement en raison que leur formation met l'accent sur la logique et les compétences analytiques.

Ces différences illustrent bien la théorie des représentations sociales, qui explique que nos connaissances et pratiques sont influencées par le contexte social et culturel. Ici, les programmes scolaires et les normes de chaque discipline façonnent la façon dont les personnes enseignantes perçoivent l'ingénierie. Cette construction influence non seulement leur compréhension, mais aussi leur disposition et leur manière d'intégrer l'ingénierie dans leurs cours.

Par ailleurs, l'intégration de l'ingénierie et les obstacles rencontrés varient selon les personnes enseignantes. Souvent, si elles veulent innover, elles font face à des limites comme le manque de temps, de ressources ou de formation, particulièrement celles qui enseignent à la fois les mathématiques et les sciences. Cela montre l'importance de revoir les formations et les accompagnements, en favorisant des approches collaboratives et interdisciplinaires pour créer une vision commune de l'ingénierie.

En résumé, cette étude montre qu'il est essentiel de proposer une formation continue adaptée aux spécificités des disciplines et aux représentations qu'elles portent. Mieux intégrer le processus de design dans les programmes de mathématiques, par exemple, pourrait aider à harmoniser les pratiques et enrichir la formation des personnes enseignantes. Cela contribuerait à un enseignement plus inclusif et cohérent, dépassant les cloisons disciplinaires et favorisant l'engagement des élèves dans l'ingénierie, une profession aux multiples facettes.

7.3. Sous-question #2 : Comment le personnel enseignant définit-il l'ingénierie et son rôle dans la société, et en quoi ces représentations se rapprochent-elles ou diffèrent-elles de celles des personnes étudiant ou exerçant dans ce domaine ?

Pour répondre à cette question, nous commencerons par récapituler la façon dont les personnes enseignantes participantes de notre étude définissent l'ingénierie et le rôle que les personnes œuvrant en ingénierie occupent dans la société. Nous examinerons ensuite les données de l'étude « Le génie au service des femmes : Rethinking the Faces and Spaces of Engineering », également connue sous le nom d'EngFemmes, à laquelle nous avons participé en tant qu'assistante de la recherche, afin de comparer ces définitions avec celles fournies par les personnes œuvrant en ingénierie et le corps étudiant en ingénierie.

7.3.1. Définition et le rôle de l'ingénierie

Les définitions de l'ingénierie fournies par les personnes enseignantes varient, mais plusieurs thèmes communs se dégagent. La majorité associe l'ingénierie à la résolution de problèmes, souvent liée aux compétences en mathématiques et sciences, ainsi qu'au processus de design et à la création de prototypes. D'autres aspects mentionnés incluent la production de biens et services, l'innovation, la technologie et les différentes branches de l'ingénierie. Globalement, l'ingénierie est perçue comme une profession centrée sur l'application des connaissances techniques pour concevoir des solutions concrètes.

Quant à son rôle dans la société, les personnes enseignantes perçoivent l'ingénierie principalement comme un moteur d'amélioration de la qualité de vie et de résolution des défis quotidiens. L'ingénierie influence de nombreux secteurs — transports, médecine, construction et technologies modernes — et

constitue un lien essentiel entre la recherche scientifique et ses applications pratiques. Certaines personnes participantes soulignent aussi son importance économique, la considérant comme génératrice de profits et de développement. En somme, l'ingénierie est reconnue comme un pilier essentiel du progrès social et technologique.

7.3.2. Spécialistes et personnes étudiantes en ingénierie définissant l'ingénierie

L'étude pancanadienne EngFemmes (Mujawamariya & Mavriplis, 2022), échelonnée sur une période de six ans (2017 à 2023), explore la place des femmes en ingénierie, en examinant notamment comment les groupes suivants définissent cette discipline : les spécialistes en ingénierie, le corps professoral d'ingénierie, le corps étudiant en ingénierie, les membres de l'administration, ainsi que les personnes professionnelles œuvrant dans des entreprises publiques et privées de l'ingénierie. Cette recherche s'est déroulée en trois phases : des entretiens exploratoires (75 personnes participantes), un questionnaire en ligne auprès de 1 464 personnes, puis des entretiens de suivi (18 personnes participantes) (Mujawamariya et al., 2019). Pour notre analyse, nous mettons l'accent sur certains des résultats des deux premières phases, qui consistaient à demander aux personnes participantes de définir l'ingénierie.

Lors des entretiens initiaux, les définitions de l'ingénierie variaient, mais plusieurs thèmes communs ont émergé : l'ingénierie est perçue comme une discipline qui utilise la créativité; des connaissances en sciences et en mathématiques sont nécessaires pour résoudre des problèmes concrets et pour améliorer la société. Par exemple, un membre du corps étudiant au baccalauréat en ingénierie électrique mentionne que l'ingénierie consiste à mobiliser ses compétences, sa créativité et les sciences pour contribuer à la communauté ; ce qui rejoint la notion que l'ingénierie est au service de la société. Un autre membre du corps étudiant en ingénierie civile affirme que l'ingénierie est la résolution de problèmes et que les spécialistes en ingénierie sont des responsables de changement, décrivant cela comme « building things and fixing the destruction » ou en français « construire des choses pour réparer les destructions ». Un membre du corps professoral en communication en ingénierie définit l'ingénierie comme l'application de principes scientifiques pour résoudre de manière créative des problèmes éthiques et durables. Une personne étudiant en biomédecine ajoute « *anyone could be considered an engineer (not professionally speaking of course, but engineers are people who solve problems)* » ou en français « *n'importe qui peut être considéré comme une personne en ingénierie (bien sûr, pas dans un cadre professionnel, mais les gens en ingénierie sont des personnes qui résolvent des problèmes)* ». Enfin, la direction d'un programme d'ingénierie et un membre du corps professoral de l'ingénierie mécanique décrivent que l'ingénierie est l'application des sciences pour le bien-être de l'humanité.

Les thèmes identifiés lors de ces entretiens sont utilisés pour élaborer un questionnaire à l'échelle nationale avec un échantillon plus important. Le Tableau 37 donne un aperçu des personnes répondantes au questionnaire.

Tableau 37 – Répartition démographique et disciplinaire des personnes répondantes à l'étude EngFemmes

Catégories	Nombre de personnes répondantes
Genre	
Hommes	483
Femmes	947
Personnes trans	16
Préfère ne pas répondre	18
Statut d'emploi	
Membres du corps étudiant	533
Personnes employées	810
Personnes retraitées	44
Autre (post-doctorat, corps professoral émérite, etc.)	59
Disciplines du génie	
Mécanique	320
Chimique	184
Civil	295
Électrique	184
Logiciel	96
Environnemental	146
Biomédical	178
Aérospatial et aviation	46
Mines et géologie	66
Matériaux	71
Autres	298

Les résultats indiquent que les personnes répondantes étaient « d'accord » ou « tout à fait d'accord » avec les affirmations suivantes :

- L'ingénierie est l'application des sciences, des mathématiques et de la technologie pour concevoir et résoudre des problèmes (97 %) ;
- L'ingénierie nécessite la coopération de personnes (93 %) ;

- L'ingénierie est nécessaire à l'amélioration de la société (92 %) ;
- L'ingénierie consiste à développer des solutions efficaces à un problème particulier (93 %) ;
- Enfin, l'ingénierie est également considérée comme un moyen innovant de transformer la vie des gens (79 %).

Ces résultats témoignent d'une forte reconnaissance de l'importance de l'ingénierie, tant pour la résolution de problèmes techniques que pour son rôle fondamental dans l'amélioration de la société et la transformation de la vie des individus.

7.3.3. Similarités et différences entre les deux études

La comparaison entre notre étude et celle d'EngFemmes révèle des points communs importants dans la façon dont les personnes enseignantes et les spécialistes en ingénierie définissent cette discipline. Tous deux insistent sur la créativité, la résolution de problèmes et le rôle de l'ingénierie dans l'amélioration du bien-être collectif. Par exemple, l'idée que « *tout le monde peut être ingénieur·e* », exprimée par une personne participante dans notre recherche, rejoint une vision inclusive partagée par plusieurs spécialistes de l'ingénierie.

Malgré un échantillon plus restreint, les définitions des personnes enseignantes en sciences et mathématiques dans les écoles secondaires de l'Ontario convergent largement avec celles des spécialistes. Le thème de la résolution de problèmes, central dans notre étude, est également largement reconnu dans l'étude EngFemmes, où près de 97 % des personnes répondantes l'ont mentionné. La liberté donnée aux personnes enseignantes de s'exprimer sans choix préétablis dans notre étude a permis d'observer une plus grande diversité et nuance dans leurs réponses. Plusieurs d'entre elles soulignent explicitement l'importance des connaissances en mathématiques, sciences et technologies, témoignant d'une représentation fidèle aux réalités professionnelles.

Cette analyse montre que, bien que parfois partielles ou focalisées sur certains aspects, les représentations des personnes enseignantes intègrent des dimensions clés de la profession d'ingénierie : la résolution de problèmes, l'innovation, le processus de design et l'application des sciences et mathématiques au service de l'amélioration des conditions de vie. Ces éléments reflètent la nature multidimensionnelle et sociale de l'ingénierie.

Sur le plan de la place sociale de l'ingénierie, les personnes enseignantes reprennent la majorité des idées exprimées par les spécialistes, notamment l'importance de la coopération, la recherche de solutions concrètes et leur impact sociétal. Bien que certaines perceptions restent plus limitées, par exemple, une vision centrée uniquement sur la programmation ou la robotique, la majorité témoigne d'une compréhension globale et nuancée. La reconnaissance explicite des contributions de l'ingénierie dans la vie quotidienne témoigne d'une véritable appréciation du rôle des spécialistes dans la conception de solutions au service de la collectivité.

Enfin, cette comparaison met en lumière la dynamique propre aux représentations sociales : elles sont façonnées par les expériences, la formation et le contexte professionnel, ce qui explique les différences de profondeur et de spécialisation entre les deux groupes. Les spécialistes, avec leur expertise technique, ont une vision plus détaillée, tandis que les personnes enseignantes adoptent une perspective plus large, orientée vers l'impact social et éducatif, en lien avec leur rôle et les programmes scolaires.

Cette compréhension partagée, tout en mettant en lumière certaines différences, souligne la nécessité de renforcer les liens entre formation technique et formation pédagogique, en privilégiant des approches collaboratives et interdisciplinaires. Cela permettrait de créer un référentiel commun, plus riche et adapté aux réalités scolaires, et ainsi favorisant une intégration réfléchie et contextualisée de l'ingénierie en milieu éducatif.

7.4. Sous-question #3 : Quel lien le personnel enseignant envisage-t-il entre ses représentations sociales de l'ingénierie et sa disposition à intégrer cette discipline ?

Les représentations sociales du personnel enseignant en sciences et en mathématiques semblent influencer sa disposition à intégrer l'ingénierie dans ses cours. Selon la théorie des représentations sociales, les connaissances qu'ont les membres du personnel enseignant à propos de l'ingénierie façonnent leur attitude envers la profession, ce qui influence son intégration en classe. Ainsi, les informations que possèdent les personnes enseignantes, même si elles sont parfois imprécises ou incomplètes, affectent positivement ou négativement leur disposition à enseigner l'ingénierie. Il en va de même pour l'attitude des personnes enseignantes à l'égard de l'ingénierie (Jodelet, 2003; Moscovici, 2004). Cela souligne le rôle central des représentations sociales comme filtre interprétatif, influençant non seulement ce que les personnes enseignantes savent, mais aussi ce qu'elles choisissent de transmettre.

La majorité des personnes enseignantes que nous avons interviewées ont déjà intégré des éléments d'ingénierie dans leurs cours, que ce soit sous forme de projets ou de concepts spécifiques comme la conception de prototypes ou l'utilisation du codage. Cependant, certaines perçoivent que

l'ingénierie est un simple ajout au programme, plutôt qu'une approche pédagogique intégrée. Cette perception a des répercussions sur leur disposition à enseigner l'ingénierie, car elles doivent jongler avec le contenu prescrit dans un calendrier de 110 heures d'enseignement par cours, tout en essayant d'intégrer de nouvelles approches comme le processus de design d'ingénierie. Cela illustre la tension existante entre les exigences curriculaires et l'innovation pédagogique, un facteur clé à prendre en compte pour assurer une intégration durable.

Les personnes participantes ayant une formation en ingénierie semblent avoir une compréhension plus approfondie de cette discipline. Ces personnes enseignantes intègrent l'ingénierie de manière plus fluide dans leurs cours, contrairement à celles qui n'ont suivi que quelques cours d'ingénierie. La majorité de celles ayant un diplôme en ingénierie intègre plus naturellement ces concepts. Ces personnes semblent mieux comprendre comment intégrer l'ingénierie et la considèrent non seulement comme un ajout, mais comme un élément essentiel pour approfondir la compréhension des sciences et des mathématiques. Cela suggère que la formation initiale exerce un rôle déterminant sur la disposition à enseigner l'ingénierie, soulignant l'importance d'une formation spécifique ou continue ciblée.

Le personnel enseignant ayant une attitude positive envers l'ingénierie et la profession d'ingénierie semble être disposé à en parler en classe et à chercher des moyens de l'intégrer dans ses cours. Selon la théorie des représentations sociales, leurs attitudes du personnel enseignant influencent leur approche pédagogique : une personne enseignante favorable à l'ingénierie sera davantage encline à consacrer du temps à des projets interdisciplinaires mettant l'accent sur l'ingénierie, tandis que les personnes enseignantes ayant des perceptions plus limitées ou incertaines pourraient rencontrer plus de difficultés à l'intégrer et pourraient être moins disposés à l'intégrer (Pouliot et al., 2013). Cela dit, il était difficile de le déterminer dans notre étude, étant donné que toutes les personnes enseignantes semblaient avoir une attitude positive envers l'ingénierie. Ce constat limite la portée des conclusions, mais indique une tendance encourageante chez ce groupe spécifique.

L'obstacle principal évoqué par les personnes enseignantes souhaitant intégrer l'ingénierie demeure le manque de temps et de ressources complètes dans le programme-cadre de sciences et de mathématiques de l'Ontario. De plus, certaines personnes enseignantes considèrent la collaboration avec des collègues d'autres disciplines comme un obstacle. Cependant, cette collaboration peut également constituer une solution pour surmonter ces difficultés. Bien qu'il existe une volonté de mettre en place des projets interdisciplinaires, les emplois du temps chargés et les priorités administratives compliquent la collaboration. Néanmoins, les attitudes positives et les échanges autour de l'ingénierie indiquent que ce personnel enseignant est favorable à son intégration, et pour certaines personnes, à la collaboration entre

collègues, à condition que celle-ci soit organisée dès le début de l'année. Cela souligne la nécessité d'un soutien organisationnel et institutionnel afin de transformer cette ouverture en pratiques concrètes et régulières.

Un autre obstacle notable concerne le manque de représentation de spécialistes en ingénierie, particulièrement de francophones capables d'interagir avec les élèves dans leur langue. Cette préoccupation rejoint les résultats d'une étude récente menée par Kristufek et Mavriplis (2024), où des membres du corps étudiant en ingénierie ont été interrogés pour identifier les personnes qui les ont inspirés ou encouragés à poursuivre une carrière en ingénierie. Les résultats indiquent que le corps étudiant francophone est proportionnellement plus nombreux à ne connaître personne dans ce domaine avant de commencer leurs études universitaires. Plus précisément, 34 % des personnes répondantes francophones (n = 92) déclarent ne connaître aucun spécialiste en ingénierie avant leurs études, comparativement à 26 % des personnes répondantes anglophones (n = 307) (Kristufek & Mavriplis, 2024). Bien que ces pourcentages soient faibles pour les deux groupes, ils soulignent une réalité préoccupante pour le corps étudiant francophone.

Cette disparité est encore plus marquée lorsqu'il s'agit de personnes enseignantes qui ont déjà travaillé comme spécialistes en ingénierie : seulement 5 % des francophones affirment connaître une personne enseignante-ingénieure avant leurs études universitaires, contre 14 % chez les anglophones. À l'inverse, les francophones sont légèrement plus susceptibles de mentionner le père de leur camarade comme référence (15 % contre 10 % pour les anglophones). Quant aux influences familiales, les résultats sont similaires pour les deux groupes en ce qui concerne les figures parentales telles que les pères ou les mères, bien que l'influence du personnel enseignant soit légèrement moins marquée chez les francophones (13 % contre 18 %) (Kristufek & Mavriplis, 2024).

Ces résultats sont préoccupants, car ils soulignent l'importance de rendre la profession d'ingénierie plus visible dans les écoles francophones. Une approche prometteuse consiste à intégrer explicitement l'enseignement de l'ingénierie dans les cours de sciences et de mathématiques tout en présentant des exemples concrets de carrières en ingénierie. Cette démarche devrait s'accompagner d'une exposition directe des élèves à des personnes travaillant dans le domaine de l'ingénierie, par le biais de rencontres, d'interventions en classe ou de projets collaboratifs. Les membres du corps enseignant peuvent également amener leurs élèves à des événements publics comme « Soapbox Science » ou Haut-parleuses, où des spécialistes en STIM rencontrent le public dans les rues locales pour présenter leur travail et leur parcours de manière conviviale.

En combinant ces stratégies avec un soutien structuré pour accompagner les élèves dans leur choix d'études, il serait possible de combler ce déficit de représentation et de favoriser une meilleure compréhension des opportunités offertes par cette profession. Toutefois, cela implique que le personnel enseignant reçoive un appui pour identifier des spécialistes en ingénierie francophones ou pour disposer d'une liste de personnes œuvrant en ingénierie qu'il pourrait solliciter. Une autre approche consisterait à mobiliser les réseaux familiaux afin d'identifier des parents travaillant dans le domaine de l'ingénierie et à les inviter à intervenir en classe. Ces propositions soulignent le rôle important d'une action concertée entre les écoles, les communautés et les spécialistes afin d'enrichir le capital social lié à l'ingénierie, notamment dans les milieux minoritaires francophones.

En ce qui concerne les différences de genre, l'étude de Kristufek et Mavriplis (2024) a également révélé que les femmes sont moins susceptibles que les hommes de connaître des spécialistes en ingénierie avant d'amorcer leurs études universitaires. Par exemple, 29 % (n = 148) des femmes interrogées indiquent ne connaître personne dans ce domaine, comparativement à 25 % (n = 237) des hommes. De plus, les hommes rapportent plus souvent l'influence de leur père dans leur choix de carrière (47 % contre 42 % pour les femmes), tandis que les femmes sont davantage influencées par leur mère (40 % contre 27 % pour les hommes) (Kristufek & Mavriplis, 2024). Ces résultats mettent en lumière l'importance des modèles féminins dans l'ingénierie : pour les filles, s'inspirer d'une femme qui réussit dans ce domaine peut avoir un impact significatif sur leurs aspirations.

Pour le personnel enseignant, bien que 19 % des femmes et 17 % des hommes le désignent comme source d'inspiration, leur rôle pourrait être davantage valorisé pour maximiser leur impact dans la promotion de l'ingénierie. Toutefois, un écart notable persiste : 15 % des hommes affirment connaître une personne enseignante qui a déjà travaillé comme spécialiste en ingénierie avant leurs études universitaires, contre seulement 7 % des femmes (Kristufek & Mavriplis, 2024). Cette situation souligne l'importance de faire intervenir en classe des spécialistes en ingénierie issus de divers genres et horizons afin de renforcer cette représentation. Cela permet non seulement aux jeunes femmes, mais à tous les jeunes de se projeter dans une carrière en ingénierie et de créer des liens significatifs avec ces modèles. Ainsi, la diversité des modèles joue un rôle stratégique dans la construction des représentations sociales positives, favorisant une plus grande inclusion dans les STIM.

Revenons maintenant à notre étude ; il est important de noter que les personnes enseignantes ayant participé à cette étude sont probablement plus enclines à intégrer l'ingénierie dans leurs pratiques, ce qui pourrait ne pas représenter l'ensemble du personnel enseignant des écoles francophones de l'Ontario. Toutefois, une tendance positive émerge : certains membres du corps enseignant s'efforcent de présenter

l'ingénierie comme une voie de carrière accessible et attrayante pour leurs élèves. En combinant des approches pédagogiques ciblées, des projets interdisciplinaires et une représentation diversifiée des spécialistes en ingénierie, il est possible d'encourager davantage les élèves, en particulier les filles et les francophones, à envisager des études et des carrières en ingénierie.

Dans l'ensemble, les personnes enseignantes ont des représentations relativement précises de l'ingénierie et de la profession, ce qui, combiné avec des attitudes majoritairement positives, contribue à leur disposition à intégrer l'ingénierie dans leur enseignement. Le défi reste de trouver les moyens et les structures permettant de soutenir cette disposition, car l'intérêt et l'engagement des personnes enseignantes sont déjà présents. Cette ouverture manifestée chez le personnel enseignant constitue un levier prometteur pour renforcer la présence de l'ingénierie dans l'enseignement secondaire francophone en Ontario.

7.4.1. Perspectives critiques et enjeux

Dans l'ensemble, les personnes enseignantes possèdent une compréhension de l'ingénierie et des attitudes majoritairement positives, contribuant ainsi à leur disposition à intégrer l'ingénierie dans leur enseignement. Le défi reste de trouver les moyens et les structures permettant de soutenir cette disposition, car l'intérêt et l'engagement des personnes enseignantes sont déjà présents. Cette ouverture constitue un levier prometteur pour renforcer la présence de l'ingénierie dans l'enseignement secondaire francophone en Ontario.

Cependant, cette disposition positive doit être considérée à la lumière de critiques et enjeux identifiés dans la littérature sur l'intégration de l'ingénierie et des STIM. Des questions d'accès et d'équité persistent : le manque de ressources, de formation spécialisée et la persistance de stéréotypes de genre peuvent limiter la capacité de certaines personnes enseignantes à offrir un enseignement d'ingénierie inclusif et équitable (Beers, 2011; Stapleton, 2022). De plus, l'accent mis sur l'ingénierie comporte un risque de réduction disciplinaire, car l'intégration pourrait concentrer l'enseignement sur des compétences techniques, au détriment d'une compréhension globale et contextualisée des sciences et technologies (McComas & Burgin, 2020; Zeidler, 2016).

L'ajout de projets complexes ou de nouvelles disciplines peut également représenter une charge de travail supplémentaire pour le corps enseignant, en particulier si un soutien institutionnel et professionnel approprié n'est pas offert (Beers, 2011; Breiner et al., 2012). Cette combinaison de bénéfices et de défis est synthétisée dans le tableau ci-dessous, qui met en parallèle les observations de l'étude avec les critiques identifiées dans la littérature :

Tableau 38 – Bénéfices observés et critiques de l'intégration de l'ingénierie dans l'enseignement

Bénéfices observés dans l'étude	Critiques et enjeux selon la littérature
Ouverture des élèves aux carrières en ingénierie	Accès inégal aux ressources, manque de modèles, stéréotypes de genre (Beers, 2011; Stapleton, 2022).
Développement de projets interdisciplinaires	Risque que l'intégration reste superficielle ou cloisonnée, ambiguïté de la transdisciplinarité (Breiner et al., 2012; Takeuchi et al., 2020)
Renforcement des représentations sociales positives	Charge supplémentaire pour les personnes enseignantes, nécessité de soutien institutionnel et formation continue (Beers, 2011; McComas & Burgin, 2020)
Capacité des personnes enseignantes formées en ingénierie à intégrer naturellement le contenu	Nécessité de formation ciblée et de ressources adaptées pour tout le monde (Beers, 2011; Zeidler, 2016)

En combinant les observations de cette étude avec les critiques formulées dans la littérature, il apparaît que l'intégration de l'ingénierie comporte à la fois des bénéfices tangibles et des enjeux importants. La réussite de cette intégration dépend fortement de conditions pédagogiques et institutionnelles appropriées, telles que la disponibilité de ressources adaptées, la formation initiale et continue, et l'accès à des modèles diversifiés de spécialistes en ingénierie. Ainsi, les bénéfices constatés doivent être mis en perspective avec les limites et angles morts relevés dans la littérature, soulignant l'importance d'une approche réfléchie, contextualisée et équitable afin de maximiser le potentiel transformateur de l'enseignement de l'ingénierie dans un cadre STIM, tout en évitant les risques de surcharge ou de réduction disciplinaire.

7.5. Résumé du chapitre

Ce chapitre vise à répondre à la question principale de l'étude, ainsi qu'aux trois sous-questions, en s'appuyant sur les données de notre recherche sur notre cadre conceptuel. L'objectif principal de cette recherche est d'analyser les représentations sociales qu'entretient le personnel enseignant en sciences et mathématiques au palier secondaire à l'égard des spécialistes en ingénierie, de la profession d'ingénierie et de son enseignement.

Les résultats révèlent que les représentations sociales des personnes enseignantes accentuent la résolution de problèmes comme élément central de cette carrière, organisée autour de la conception, de l'innovation et de l'application des mathématiques et des sciences. Cette perspective souligne la nature multidimensionnelle de l'ingénierie ainsi que le rôle clé qu'elle joue dans la résolution de problèmes sociétaux. L'étude met en lumière combien une approche interdisciplinaire est essentielle dans

l'enseignement des STIM, l'ingénierie y occupant une place qui transforme l'apprentissage et ouvre la voie à une pluralité de perspectives dans ce domaine.

L'analyse des représentations sociales selon divers critères démographiques montre que les personnes ayant suivi des cours en ingénierie possèdent généralement une compréhension plus détaillée et nuancée de cette profession, mettant l'accent sur la résolution de problèmes et l'application des sciences et des mathématiques. En contraste, les personnes sans formation en ingénierie ont tendance à avoir une vision plus généraliste, associant souvent l'ingénierie à l'innovation et à la technologie, avec une compréhension plus superficielle du processus de design. L'examen des réponses selon le genre révèle que les représentations de l'ingénierie demeurent largement similaires entre hommes et femmes, avec une convergence marquée autour de la résolution de problèmes perçue comme aspect central de la discipline. Les représentations de l'ingénierie évoluent avec l'expérience professionnelle. Alors que les personnes en début de carrière formulent des définitions simples et limitées, celles plus expérimentées mobilisent une compréhension élargie qui intègre progressivement des dimensions telles que l'amélioration des conditions de vie, la résolution de problèmes, le design et l'innovation. Cette progression reflète un enrichissement graduel de la représentation de l'ingénierie, même chez les personnes enseignantes n'ayant pas reçu de formation postsecondaire dans le domaine.

Les représentations varient également selon les matières enseignées. Le personnel enseignant de sciences tend à développer une vision plus approfondie de l'ingénierie, en intégrant ses dimensions. De leur côté, le corps enseignant de mathématiques et sciences met davantage l'accent sur un équilibre entre l'analyse scientifique et la créativité. Les personnes enseignant uniquement les mathématiques accordent moins d'importance à la créativité et aux compétences en sciences.

La comparaison avec l'étude EngFemmes montre que les personnes participantes partagent plusieurs points de convergence avec les professionnels et étudiants en ingénierie, notamment sur la résolution de problèmes et l'impact sociétal de l'ingénierie, même si leurs définitions sont parfois plus générales ou limitées. Ces similitudes suggèrent une bonne compréhension générale de la profession parmi le personnel enseignant, malgré certaines différences liées à sa perspective moins technique.

Enfin, la disposition à intégrer l'ingénierie dans l'enseignement se lie étroitement aux représentations sociales et aux attitudes des personnes enseignantes. Celles ayant une formation en ingénierie l'intègrent plus facilement, tandis que d'autres perçoivent l'ingénierie davantage comme un ajout à la charge de travail, ce qui limite leur engagement. Les principaux obstacles identifiés sont le manque de temps, de ressources et la difficulté de collaboration interdisciplinaire, bien que l'attitude générale reste

positive. La réussite de cette intégration dépend donc de la mise en place de conditions organisationnelles favorables.

En somme, cette étude révèle que, bien que les représentations sociales du personnel enseignant soient majoritairement précises et positives à l'égard de l'ingénierie, leur disposition à l'intégrer en classe dépend largement des ressources, des formations et des structures de soutien disponibles. Ces résultats soulignent la nécessité de mettre en place des efforts ciblés pour soutenir les membres du corps enseignant, notamment par le biais de la formation continue, de la collaboration interdisciplinaire et de la valorisation de modèles diversifiés dans le domaine de l'ingénierie.

Chapitre 8 – Contributions de la recherche

Cette étude explore les représentations sociales du personnel enseignant de sciences et de mathématiques du palier secondaire à l'égard de l'ingénierie, des spécialistes en ingénierie et de l'enseignement de l'ingénierie, à l'aide du DAET et d'entretiens semi-structurés. Ce chapitre conclut la thèse en exposant les contributions scientifiques, pratiques et sociales de l'étude, en discutant de ses limites et en proposant des perspectives pour de futures recherches.

8.1. Contribution scientifique de la thèse

Cette étude vient combler une lacune importante dans la recherche sur l'enseignement de l'ingénierie en se concentrant sur un groupe de membres du corps enseignant qui est peu étudié dans la recherche sur l'enseignement de l'ingénierie : celui des écoles de langue française au palier secondaire en Ontario. Elle apporte une contribution originale en générant de nouvelles idées, en produisant des résultats empiriques et en formulant des recommandations concrètes. Cette recherche revêt un intérêt particulier pour le corps enseignant ontarien, notamment depuis l'intégration de l'ingénierie aux cours de sciences et de mathématiques de 9^e année (Ministère de l'Éducation de l'Ontario, 2021a, 2022a). Elle fournit ainsi des informations utiles non seulement pour le corps enseignant, mais également pour les directions scolaires, les conseils scolaires et le ministère de l'Éducation de l'Ontario. Cette analyse propose un cadre conceptuel permettant d'anticiper les freins et d'identifier les leviers à l'interdisciplinarité de l'ingénierie dans les programmes, tout en ouvrant des pistes concrètes pour la recherche appliquée en enseignement des STIM.

Les résultats de cette étude révèlent que les personnes enseignantes de sciences et de mathématiques au palier secondaire en Ontario, ayant participé à l'étude, perçoivent généralement de manière positive les personnes œuvrant en ingénierie. Les spécialistes en ingénierie sont principalement perçus comme des personnes capables de résoudre des problèmes et d'appliquer les sciences et les mathématiques de manière pratique et innovante. L'utilisation de cartes thermiques, une modalité originale de présentation des résultats, permet de mettre en évidence des variations notables dans ces représentations sociales, particulièrement entre les personnes participantes ayant une formation formelle en ingénierie et celles qui n'en ont pas. Les personnes enseignantes formées en ingénierie présentent une compréhension plus nuancée de la profession, mais celles sans formation spécifique réussissent également à intégrer l'ingénierie dans leurs cours, grâce à la formation continue et à leur motivation personnelle.

Ce constat est important, car il suggère que même les personnes enseignantes sans formation formelle en ingénierie peuvent intégrer avec succès l'ingénierie dans leur enseignement. L'une des personnes participantes, par exemple, n'ayant pas de formation formelle en ingénierie, s'est montrée très passionnée par le sujet et en a fait un élément central de ses cours. Cela confirme l'idée que, bien que les connaissances techniques soient un atout, elles ne constituent pas le seul facteur déterminant de la capacité d'une personne enseignante à intégrer l'ingénierie dans sa classe.

Un résultat émergeant particulièrement stratégique concerne les personnes enseignantes qui enseignent à la fois les sciences et les mathématiques. Les données suggèrent que ces personnes ont tendance à mettre l'accent non seulement sur les compétences analytiques, mais aussi sur la créativité et l'innovation, favorisant ainsi des projets plus intégrés. Enseigner les deux disciplines semble favoriser une meilleure compréhension du contenu de chaque cours et permet d'utiliser les connaissances et compétences de manière complémentaire pour développer des projets interdisciplinaires en STIM. Nous suggérons donc aux administrations, pour les niveaux 9 et 10 où les cours ne sont pas encore spécialisés, de privilégier des personnes enseignantes qui peuvent donner des cours à la fois en sciences et en mathématiques. Cette connaissance croisée des programmes pourrait leur permettre de mieux identifier les occasions d'intégrer des activités interdisciplinaires centrées sur l'ingénierie. Ces personnes clés pourraient ainsi jouer un rôle central dans la conception d'activités d'apprentissage mieux intégrées, alignées sur les deux programmes-cadres, favorisant ainsi une articulation cohérente entre les disciplines et une intégration fluide de l'ingénierie.

8.2. Contributions pédagogiques et pratiques

Sur le plan pédagogique, cette recherche souligne l'importance d'une vision interdisciplinaire des STIM, où l'ingénierie ne se limite pas à une étape finale ou complémentaire, mais devient un vecteur d'apprentissage reliant de façon dynamique et authentique les sciences, la technologie et les mathématiques. Selon Samson et al. (2012), l'interdisciplinarité implique un dialogue actif entre plusieurs disciplines, favorisant la construction de savoirs intégrés et une compréhension approfondie des phénomènes complexes. Elle dépasse la simple juxtaposition de contenus disciplinaires pour favoriser une approche unifiée et cohérente de l'apprentissage. L'intégration, quant à elle, se réfère à l'unification de contenus et de compétences issus de différentes disciplines pour offrir un apprentissage global et harmonisé. Dans cette étude, l'accent est mis sur l'interdisciplinarité, qui permet d'articuler les concepts d'ingénierie avec ceux des mathématiques, des sciences et de la technologie afin de développer des compétences transférables et une compréhension approfondie des problématiques complexes. Des projets concrets, comme la conception d'une éolienne ou d'une montagne russe, illustrent cette synergie.

Pour maximiser cet impact, les formations continues devraient inciter les membres du corps enseignant à envisager l'ingénierie comme un élément fondamental du processus d'apprentissage, plutôt que comme une simple addition. Le modèle d'enseignement des STIM intégrés (Figure 4) pourrait être présenté au personnel enseignant pour l'aider à visualiser la création d'activités d'apprentissage holistiques. Des exemples concrets, comme l'intégration de projets liés aux Objectifs de développement durable (ODD), peuvent favoriser cet engagement et rendre l'apprentissage plus pertinent. Ainsi, lorsque les élèves étudient les polymères dans le cadre d'un cours de chimie, la personne enseignante peut cadrer la leçon dans le contexte de défis réels, tels que la pollution plastique dans les océans. Par exemple, Frédéric, une personne participante de l'étude, fait référence au grand vortex de déchets de l'océan Pacifique, une question pertinente et d'actualité, que les élèves pourraient explorer. Après la présentation du problème, les jeunes sont invités à concevoir un prototype pour y remédier, par exemple un dispositif visant à réduire ou éliminer les déchets plastiques. Plutôt que de supposer que l'apprentissage se fera naturellement par le processus de design, nous proposons qu'au fil du projet, la personne enseignante anime des leçons sur les propriétés des polymères, la composition chimique des plastiques et les implications environnementales. Cette approche engage les élèves à la fois dans l'ingénierie et les principes scientifiques, plutôt que de les aborder séparément. Ces projets leur permettent d'appliquer leurs connaissances STIM à des problèmes concrets, favorisant à la fois le développement durable et la responsabilité sociale.

L'approche socio-constructiviste adoptée dans cette recherche souligne l'importance de reconnaître la diversité des expériences et des besoins du personnel enseignant, plaidant pour des formations différenciées adaptées aux profils variés, allant des novices en ingénierie aux personnes plus expérimentées. Cette approche est essentielle pour favoriser une intégration plus fréquente, significative et interdisciplinaire de l'ingénierie dans les programmes scolaires. En exposant les personnes enseignantes à ce type d'activités STIM intégrées par le biais de formations continues, les membres du personnel enseignant peuvent être habilités à reconnaître l'intérêt de positionner l'ingénierie comme une partie essentielle du processus d'apprentissage (Cunningham et al., 2007). Ce changement d'approche pourrait dès le départ encourager les élèves à adopter une pensée propre aux spécialistes en ingénierie, les incitant à s'attaquer à des problèmes complexes et à développer les compétences interdisciplinaires essentielles à leur réussite future (Cunningham & Sneider, 2023).

8.2.1. *Modèle de formation continue*

Les besoins en formation varient selon les disciplines et les niveaux d'expérience, soulignant l'importance d'une formation continue différenciée, en français, et contextualisée. Nous proposons un

modèle centré sur la personne enseignante, structuré en couches. Ce modèle (Figure 28) illustre une approche systémique et intégrée pour soutenir efficacement le développement professionnel du personnel enseignant dans l'enseignement de l'ingénierie au secondaire. Chaque couche représente un niveau d'action complémentaire et essentiel pour créer un écosystème dynamique, adapté aux besoins du personnel enseignant et aux réalités scolaires.

Au centre du modèle se trouvent les représentations, connaissances et compétences du corps enseignant. Cette couche fondamentale repose sur une formation visant à déconstruire les idées fausses, à renforcer la confiance envers l'enseignement de l'ingénierie et à développer une mentalité de croissance favorisant l'essai, l'erreur et l'innovation pédagogique. Pour optimiser cet apprentissage central, il est recommandé d'intégrer des formations immersives, où les personnes enseignantes vivent elles-mêmes un processus complet de design en ingénierie, depuis l'identification d'un problème réel jusqu'au prototypage et à l'évaluation d'une solution. Cette expérience pratique, combinée à une réflexion guidée sur leurs propres biais et perceptions, leur permet d'adopter une posture positive et proactive vis-à-vis de l'intégration de l'ingénierie en classe. Elle contribue également au développement de leur identité professionnelle en STIM et à leur sentiment d'efficacité personnelle (Bandura, 1995), rendant plus probable la mise en place d'activités ambitieuses et interdisciplinaires.

Autour du noyau central, la conception collaborative et de l'apprentissage entre collègues s'organise grâce à la collaboration active entre les personnes enseignantes et les personnes conseillères pédagogiques. Ce partenariat constitue un levier puissant pour la création de ressources interdisciplinaires, innovantes et adaptées au contexte des élèves, en tenant compte des programmes-cadres et des réalités locales. Il peut aussi inclure la co-conception d'activités d'apprentissage inspirées de défis réels, afin de renforcer la pertinence et l'engagement des élèves. Le co-enseignement, l'observation croisée et les séances de co-analyse sont des pratiques clés permettant d'ajuster les approches pédagogiques, de valoriser les initiatives réussies et de cibler les obstacles à surmonter. Ces interactions favorisent un apprentissage mutuel, un soutien continu et une diffusion plus large des pratiques efficaces d'intégration de l'ingénierie, contribuant ainsi à une culture d'innovation au sein de l'école.

Ensuite, la couche de soutien organisationnel de l'école met en évidence le rôle stratégique des directions scolaires dans la réussite de l'intégration de l'ingénierie dans les cours. L'engagement de la direction se traduit par la reconnaissance de la valeur pédagogique de l'ingénierie, par l'allocation de temps dédié à la collaboration et à la formation continue (journées pédagogiques, plages horaires pour les communautés d'apprentissage professionnelles), ainsi que par la mise à disposition de ressources matérielles et logistiques adaptées. Elle peut également inclure un soutien dans l'accès à des espaces

spécialisés (laboratoires, ateliers, imprimantes 3D) et à des budgets pour l'achat de matériel de prototypage. Ce soutien structurel permet de créer un environnement propice à l'expérimentation, à la consolidation des compétences acquises en formation et à la pérennisation des initiatives d'ingénierie dans la programmation scolaire.

Enfin, la couche externe, consacrée aux partenariats communautaires, enrichit le contexte global de l'enseignement de l'ingénierie. Elle inclut les collaborations avec des spécialistes en ingénierie, des organismes communautaires, ainsi que des institutions postsecondaires, permettant d'ancrer les projets dans des réalités socio-économiques concrètes et d'offrir des ressources additionnelles. Cette couche offre également des occasions de mentorat, tant pour les personnes enseignantes que pour les élèves, ainsi qu'un accès à des outils et à une expertise spécialisée. Par ailleurs, elle peut contribuer à la co-conception d'activités d'apprentissage avec des partenaires externes, ce qui permet de diversifier les approches pédagogiques et d'intégrer des perspectives professionnelles authentiques. De plus, elle favorise une meilleure connaissance des parcours professionnels possibles en ingénierie et dans les domaines connexes. Par exemple, un partenariat avec une faculté d'ingénierie locale pourrait permettre à des élèves de visiter un laboratoire universitaire ou collégial, d'expérimenter des technologies de pointe et de dialoguer avec des personnes en formation en ingénierie, renforçant ainsi la pertinence et la motivation des apprentissages.

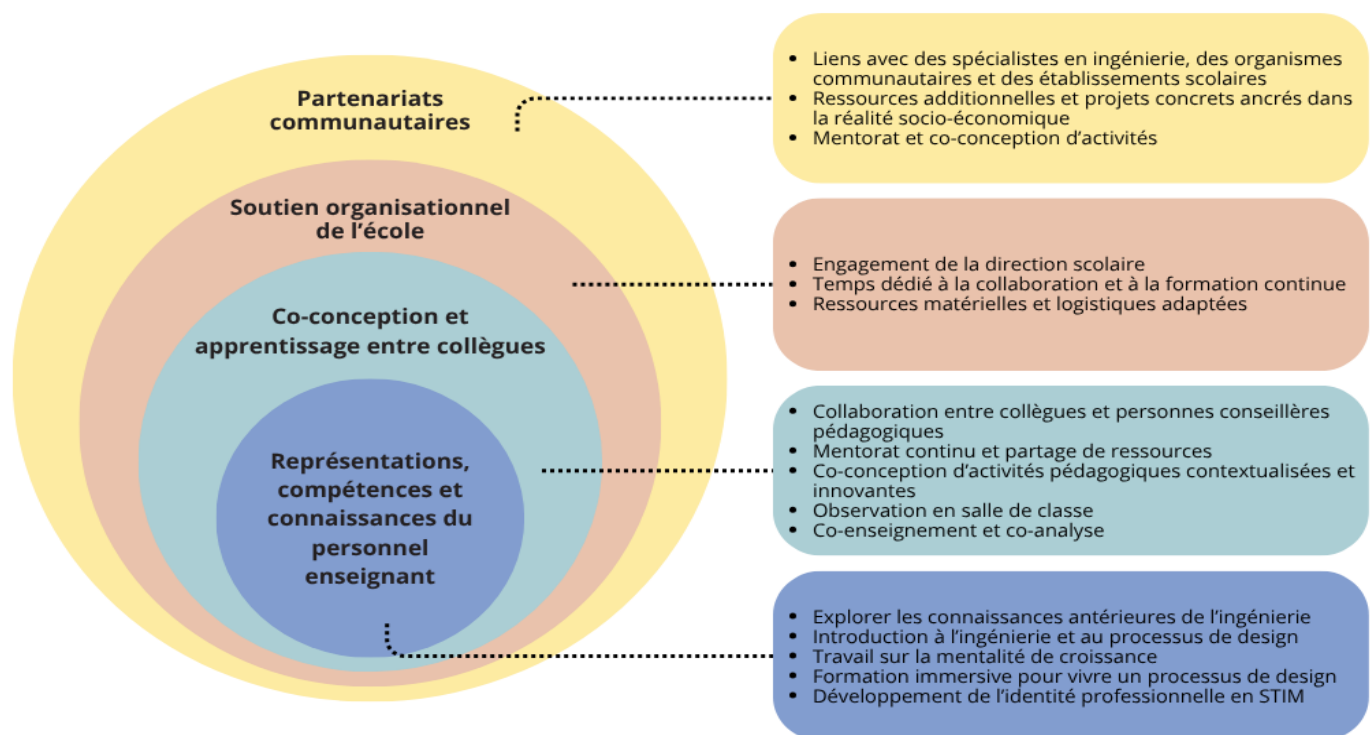


Figure 28 – Modèle de formation continue pour un écosystème efficace de l'enseignement de l'ingénierie

Ce modèle montre que la formation professionnelle en ingénierie ne peut être efficace qu'à travers une approche systémique, où les représentations sociales et les connaissances individuelles sont nourries par la collaboration, soutenues par l'organisation scolaire et enrichies par des connexions externes (Borko, 2004; Desimone, 2009; Garet et al., 2001). Ensemble, ces couches forment un écosystème intégré, dynamique et adapté aux besoins du personnel enseignant.

8.2.2. Proposition d'un cours STIM interdisciplinaire

Il serait pertinent d'introduire un cours de type STIM interdisciplinaire dès la deuxième année du programme de baccalauréat en éducation. À ce stade, les personnes étudiantes ont déjà acquis une base disciplinaire solide en sciences et en mathématiques et commencent à explorer des approches pédagogiques. Ce cours viserait à les initier aux liens entre les sciences, la technologie, l'ingénierie et les mathématiques afin de leur fournir des outils concrets pour planifier et mettre en œuvre un enseignement interdisciplinaire. Ce cours pourrait inclure les thèmes principaux présentés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 39 - Thématiques du cours STIM

Thèmes	Objectifs et points clés	Raisonnement
Fondations pédagogiques	Développer des connaissances fondamentales sur les approches pédagogiques efficaces et inclusives en STIM • Pédagogie STIM centrée sur l'élève et constructiviste (Estaiteyeh & DeCoito, 2022) • Diverses stratégies pour l'enseignement des STIM • Environnements d'apprentissage inclusifs et sécuritaires (Estaiteyeh & DeCoito, 2022) • Motivation des élèves avec différents profils	Créer des environnements d'apprentissage sécuritaires est essentiel pour que les élèves osent prendre des risques et explorer de nouvelles idées. La mise en pratique de la zone proximale de développement de Vygotsky favorise des tâches riches et engageantes.
Stratégies d'intégration	Apprendre à relier authentiquement les disciplines STIM et planifier des expériences d'apprentissage intégrées • Explorer différents niveaux d'intégration (p. ex., multidisciplinaire, interdisciplinaire) • Analyse de leçons et d'unités intégrant les STIM (Estaiteyeh & DeCoito, 2022) • Apprentissage par projets et par problèmes (Zucker Family School of Education, 2025)	Fournir aux futurs membres du corps enseignant un aperçu des curricula en sciences, mathématiques et technologie, et les aider à établir des liens concrets entre les cours afin de concevoir des projets authentiques et contextualisés.
Compétences pratiques et expérientielles	Développer des compétences pratiques pour appliquer les concepts STIM et faciliter l'apprentissage expérientiel • Processus de design en ingénierie • Programmation et littératie numérique (Zucker Family School of Education, 2025) • Expérimentation scientifique et manipulation concrète	L'intégration du processus de design et de la programmation prépare à l'usage des technologies modernes, tandis que les expériences pratiques renforcent la compréhension conceptuelle et la gestion de classe en STIM.
Réflexion et compréhension théoriques	Favoriser la réflexion sur le contexte global de l'enseignement des STIM et la compréhension des cadres théoriques et historiques	Encourage la réflexion critique sur l'impact des représentations sociales et des perceptions de l'ingénierie en éducation, tout en permettant de

Thèmes	Objectifs et points clés	Raisonnement
	• Représentations sociales des STIM • Sens des STIM en éducation et liens avec les théories de l'apprentissage • Histoire et évolution de l'enseignement des STIM	corriger certaines idées reçues et d'ancrer les pratiques dans une perspective théorique et historique.

Un cours autonome et interdisciplinaire en STIM permettrait de renforcer la compréhension croisée entre différentes disciplines. Par exemple, les personnes en formation pour enseigner les mathématiques pourraient mieux saisir les applications scientifiques de leurs savoirs, tandis que celles se spécialisant en sciences auraient l'occasion d'approfondir leur compréhension des fondements mathématiques sous-jacents à plusieurs phénomènes scientifiques (Beers, 2011; Sanders, 2009). En reliant ces champs, le cours contribuerait à briser les cloisonnements disciplinaires qui persistent souvent dans les programmes de formation initiale.

Un tel cours offrirait également un espace structuré pour favoriser la collaboration et le dialogue entre futurs membres du personnel enseignant. Trop souvent, les occasions d'échanges interdisciplinaires sont limitées pendant la formation pratique, ce qui peut freiner le développement d'une vision intégrée des STIM. En misant sur des projets collaboratifs, les personnes étudiantes seraient en mesure de co-construire des approches pédagogiques qui favorisent la résolution de problèmes complexes et contextualisés. Cela leur permettrait non seulement d'élaborer des stratégies adaptées pour concevoir des tâches interdisciplinaires authentiques, mais aussi d'entrer dans la profession avec une posture pédagogique orientée vers l'intégration des disciplines (Bybee, 2010; Cunningham & Kelly, 2017).

Un cours de ce type contribuerait également à préparer les futures personnes enseignantes à susciter la motivation et l'engagement des élèves. La recherche a montré que les approches intégrées en STIM, en particulier lorsqu'elles reposent sur l'apprentissage par projets et sur des problèmes authentiques, favorisent la curiosité, la persévérance et la créativité des élèves (English, 2016; Stohlmann et al., 2012). En se formant à de telles pratiques, le futur personnel enseignant serait mieux préparé à concevoir des environnements d'apprentissage favorisant l'innovation et la pensée critique, deux compétences clés pour relever les défis contemporains.

Enfin, un tel cours jouerait un rôle essentiel dans la préparation des futurs membres du corps enseignant à aborder les enjeux sociétaux et technologiques liés aux STIM. Les enjeux liés à la durabilité environnementale, à l'équité en éducation et au développement éthique de technologies émergentes, telles

que l'intelligence artificielle, requièrent une compréhension intégrée et critique des disciplines STIM, entre autres. En mettant l'accent sur ces dimensions, la formation initiale contribuerait à développer une génération de personnes enseignantes capables d'accompagner les élèves dans la construction de solutions innovantes et responsables face aux défis du 21^e siècle (Kelley & Knowles, 2016; Quigley et al., 2017).

Ainsi, un cours STIM interdisciplinaire intégré au programme de formation en enseignement pourrait transformer la manière dont les futures personnes enseignantes conçoivent l'ingénierie et les STIM, favorisant des pratiques pédagogiques cohérentes, inclusives et véritablement interdisciplinaires dès le début de la carrière enseignante.

8.2.3. Lutter contre les stéréotypes et promotion de l'inclusion

La lutte contre les stéréotypes de genre en ingénierie demeure une priorité. Malgré les efforts, certains biais demeurent, par exemple, une participation moindre des filles aux activités de robotique. Une exposition précoce, des modèles diversifiés et des programmes ciblés tels que « GÉNIales, les filles » (Ontario Network of Women in Engineering, s. d.-b) et « Allez coder les filles » (Ontario Network of Women in Engineering, s. d.-a) contribuent à réduire ces écarts (Hill et al., 2010). Au Canada, des programmes et organismes tels que MATH.en.JEANS ou Actua offrent déjà des occasions précieuses pour favoriser l'engagement des jeunes, particulièrement des filles et des jeunes autochtones, dans les STIM. En établissant des partenariats solides avec ces organismes, les écoles peuvent accroître les opportunités offertes et soutenir le développement d'une relève diversifiée et innovante.

Les personnes enseignantes et la direction scolaire peuvent promouvoir ces initiatives, soutenir les familles dans l'accès aux programmes et créer des clubs parascolaires inclusifs. En classe, il est important d'adopter des supports pédagogiques reflétant la diversité, d'éviter les stéréotypes (par exemple : « La physique est mieux adaptée aux garçons ») et d'impliquer les personnes conseillères en orientation pour promouvoir activement les parcours en ingénierie. Les cours de physique, souvent perçus comme difficiles, nécessitent une attention particulière afin de les rendre attractifs, notamment en intégrant des projets pratiques et des liens avec des problématiques concrètes et humaines (Archer et al., 2013; Freeman et al., 2014).

Enfin, il serait souhaitable, dès la petite enfance, de créer des environnements inclusifs encourageant toutes les identités de genre à s'engager en STIM (Wang & Degol, 2016). Le personnel enseignant, les familles et les partenaires communautaires devraient collaborer afin de construire une culture scolaire équitable et stimulante.

8.3. Perspectives et implications futures

Le corps enseignant joue un rôle essentiel dans l'apprentissage des élèves et influence significativement leurs choix de carrière en STIM (Faitar & Faitar, 2013). Au-delà des dispositifs de formation et de collaboration présentés dans la section précédente, cette étude souligne également l'importance de la posture réflexive du personnel enseignant. Il doit constamment remettre en question ses propres représentations, éviter de véhiculer des stéréotypes ou des visions restrictives de l'ingénierie et développer une identité professionnelle ouverte et inclusive. Le partage entre collègues, par l'observation, la co-conception et la collaboration, demeure un levier indispensable pour adapter les pratiques aux besoins spécifiques des disciplines et des élèves.

Par ailleurs, l'apprentissage interdisciplinaire, véritable moteur d'intégration des savoirs en STIM, doit dépasser la juxtaposition de contenus pour devenir la norme (Hasni et al., 2012). L'élaboration conjointe de projets intégrés entre les départements de sciences, mathématiques et technologie offre aux élèves une expérience cohérente, stimulante et favorisant l'acquisition de compétences complexes et transférables. Sur le plan de l'équité, il revient aux personnes enseignantes de créer des environnements qui valorisent la diversité des profils et déconstruisent les stéréotypes de genre liés à l'ingénierie. Il est important de s'appuyer sur les ressources existantes et de développer de nouvelles initiatives locales afin de renforcer la motivation et la confiance de tout le monde envers les carrières en STIM.

8.3.1. Limites de l'étude

Cette recherche comporte toutefois certaines limites qu'il convient de considérer pour interpréter les résultats avec prudence. La taille relativement restreinte de l'échantillon, combinée à une répartition géographique sous-représentée (notamment dans l'ouest de l'Ontario) et à la nature qualitative de l'étude, limite la généralisation des conclusions à l'ensemble du personnel enseignant francophone de la province (Fortin & Gagnon, 2016). De plus, le contexte spécifique de l'étude réduit la transférabilité des résultats à d'autres populations, notamment anglophones ou issues d'autres provinces ou pays.

Un autre facteur limitant réside dans l'absence de collecte de données détaillées sur les expériences antérieures de formation continue en STIM ou en ingénierie des personnes participantes. Or, la littérature souligne que la participation à la formation professionnelle influence fortement les croyances et pratiques du corps enseignant (Guskey, 2002; Supovitz & Turner, 2000). Par conséquent, il serait pertinent que des recherches futures intègrent ces données pour mieux comprendre l'impact de ces formations sur les représentations et l'intégration de l'ingénierie.

Par ailleurs, en tant que chercheure, assistante de recherche dans l'étude EngFemmes et ancienne enseignante de sciences et de mathématiques, nous reconnaissons que nos expériences et convictions personnelles ont pu influencer certaines étapes de la démarche de recherche, notamment la construction des outils de collecte, l'analyse des données et l'interprétation des résultats. Cette posture réflexive est essentielle pour identifier et minimiser l'impact potentiel de ces biais, tout en tirant parti de notre connaissance du terrain pour enrichir la compréhension du sujet.

Enfin, la nature qualitative et déclarative des données recueillies reflète les représentations sociales subjectives des personnes participantes, lesquelles ne garantissent pas nécessairement la mise en œuvre effective en classe. La dynamique évolutive des représentations sociales suggère également la nécessité d'études longitudinales pour suivre leur évolution dans le temps, notamment en lien avec les formations continues et les politiques éducatives.

8.3.2. Avenues de recherche futures

Au regard de ces limites, plusieurs pistes de recherche s'ouvrent pour approfondir et enrichir la compréhension de l'intégration de l'ingénierie au secondaire :

- Réaliser des études à plus grande échelle, avec des échantillons diversifiés sur le plan géographique, linguistique et culturel, afin de mieux cerner les différences contextuelles.
- Développer des méthodologies rigoureuses d'autoréflexion permettant aux universitaires d'identifier et limiter leurs propres biais lors de la collecte et de l'analyse des données.
- Mettre en œuvre des recherches-actions collaboratives impliquant activement le corps enseignant dans la co-construction de savoirs et de pratiques pédagogiques innovantes en ingénierie.
- Évaluer l'impact concret des dispositifs de formation continue, notamment immersifs et hybrides, sur les représentations, compétences et pratiques pédagogiques liées à l'ingénierie.
- Mener des études longitudinales permettant de suivre l'évolution des représentations sociales et l'effet des interventions éducatives sur le terrain.

8.3.3. Implications générales et recommandations

Pour favoriser une intégration durable et significative de l'ingénierie dans l'enseignement secondaire, il est important d'adopter une approche systémique combinant une formation adaptée, une collaboration interdisciplinaire, un soutien organisationnel solide, des partenariats communautaires et un engagement personnel du corps enseignant. La promotion d'une culture scolaire inclusive et valorisant la

diversité, avec une attention particulière à la déconstruction des stéréotypes de genre, constitue un levier essentiel pour encourager une relève STIM diversifiée et innovante.

Les directions scolaires, les conseils scolaires et les organismes communautaires jouent un rôle clé en facilitant l'accès aux ressources, en valorisant le temps de collaboration et en soutenant des initiatives rapprochant le milieu scolaire des réalités socio-économiques locales. Ainsi, un engagement conjoint et cohérent de toutes ces personnes permettrait ainsi d'inscrire l'enseignement de l'ingénierie dans une dynamique évolutive, adaptée et significative pour les élèves et le corps enseignant.

Références

- Abric, J.-C. (1994). Les représentations sociales : Aspects théoriques. Dans J.-C. Abric (Éd.), *Pratiques sociales et représentations* (p. 11-36). Presses Universitaires de France.
- Abric, J.-C. (2003). Chapitre 8 : L'étude expérimentale des représentations sociales. Dans D. Jodelet, *Les représentations sociales* (7e éd., p. 203-223). Presses Universitaires de France.
<http://www.cairn.info/les-representations-sociales--9782130537656-page-203.htm>
- Actua. (2023). Le processus de design en ingénierie [Graphique].
- Adeyemi, A. (2015). *Investigating and Overcoming Mathematics Anxiety in In-service Elementary School Teachers* [Thèse de doctorat, University of Windsor].
<https://scholar.uwindsor.ca/cgi/viewcontent.cgi?referer=https://scholar.google.ca/&httpsredir=1&article=6462&context=etd>
- Alpay, E., Ahearn, A. L., Graham, R. H., & Bull, A. M. J. (2008). Student enthusiasm for engineering: Charting changes in student aspirations and motivation. *European Journal of Engineering Education*, 33(5-6), 573-585. <https://doi.org/10.1080/03043790802585454>
- Aminger, W., Hough, S., Roberts, S. A., Meier, V., Spina, A. D., Pajela, H., McLean, M., & Bianchini, J. A. (2021). Preservice Secondary Science Teachers' Implementation of an NGSS Practice: Using Mathematics and Computational Thinking. *Journal of Science Teacher Education*, 32(2), 188-209. <https://doi.org/10.1080/1046560X.2020.1805200>
- Anderson, L. S., Gilbride, K. A., & Bajaj, N. (2005, janvier). *Discover Engineering Follow-up Surveys: Assessment/evaluation of recruitment programs*. 2005 WEPAN/NAMEPA Joint Conference, Las Vegas, NV. https://www.researchgate.net/publication/229002227_Discover_Engineering_Follow-up_Surveys_Assessmentevaluation_of_recruitment_programs
- Andrews Paulsen, C. (2020). *Future City 2020: Evaluation Report* (Concord Evaluation Group, p. 82). <https://futurecity-1ed09.kxcdn.com/wp-content/uploads/2022/09/Future-City-2020-Report-Final.pdf>
- Archer, L., DeWitt, J., Osborne, J., Dillon, J., Willis, B., & Wong, B. (2013). 'Not girly, not sexy, not glamorous': Primary school girls' and parents' constructions of science aspirations. *Pedagogy, Culture & Society*, 21(1), 171-194. <https://doi.org/10.1080/14681366.2012.748676>
- Arik, M., & Topçu, M. S. (2022). Implementation of Engineering Design Process in the K-12 Science Classrooms: Trends and Issues. *Research in Science Education*, 52(1), 21-43. <https://doi.org/10.1007/s11165-019-09912-x>
- Asunda, P. (2014). A Conceptual Framework for STEM Integration Into Curriculum Through Career and Technical Education. *Journal of STEM Teacher Education*, 49(1). <https://doi.org/doi.org/10.30707/JSTE49.1Asunda>

- Avery, Z. K., & Reeve, E. M. (2013). Developing Effective STEM Professional Development Programs. *Journal of Technology Education*, 25(1), 55-69. <https://doi.org/10.21061/jte.v25i1.a.4>
- Avraamidou, L. (2020). "I am a young immigrant woman doing physics and on top of that I am Muslim": Identities, intersections, and negotiations. *Journal of Research in Science Teaching*, 57(3), 311-341. <https://doi.org/10.1002/tea.21593>
- Bakir, F., & Ghandour, J. (2023). Représentations sociales et culturelles de l'ingénieur (p. 63) [Think Tank. Arts & Métiers].
- Bandura, A. (1995). Self-efficacy and educational development. Dans *Self-Efficacy in Changing Societies* (1^{re} éd., p. 333). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511527692.009>
- Bandura, A. (1999). Social Cognitive Theory: An Agentic Perspective. *Asian Journal of Social Psychology*, 2(1), 21-41. <https://doi.org/10.1111/1467-839X.00024>
- Banilower, E. R., Smith, P. S., Weiss, I. R., Malzahn, K. A., Campbell, K. M., & Weis, A. M. (2013). *Report of the 2012 National Survey of Science and Mathematics Education*. Horizon Research, Inc. <https://eric.ed.gov/?id=ED541798>
- Barrows, H. S. (1986). A taxonomy of problem-based learning methods. *Medical Education*, 20(6), 481-486. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2923.1986.tb01386.x>
- Bayles, T., Rice, J., Russ, G., & Monterastelli, T. (2007). *High School Outreach: A Look At Renewable Energy*. 2007 Annual Conference & Exposition Proceedings, 12.805.1-12.805.16. <https://doi.org/10.18260/1-2--2334>
- Beers, S. Z. (2011). *21st Century Skills: Preparing Students for THEIR Future*.
- Beilock, S. L., Gunderson, E. A., Ramirez, G., & Levine, S. C. (2010). *Female teachers' math anxiety affects girls' math achievement*. Proceedings of the National Academy of Sciences, 107(5), 1860-1863. <https://doi.org/10.1073/pnas.0910967107>
- Bialek, W., & Botstein, D. (2004). Introductory Science and Mathematics Education for 21st-Century Biologists. *Science*, 303(5659), 788-790. <https://doi.org/10.1126/science.1095480>
- Bieri Buschor, C., Kappler, C., Keck Frei, A., & Berweger, S. (2014). I want to be a scientist/a teacher: Students' perceptions of career decision-making in gender-typed, non-traditional areas of work. *Gender and Education*, 26(7), 743-758. <https://doi.org/10.1080/09540253.2014.970615>
- Blackley, S., & Howell, J. (2015). A STEM Narrative: 15 Years in the Making. *Australian Journal of Teacher Education*, 40(7), 102-112.
- Borko, H. (2004). Professional Development and Teacher Learning: Mapping the Terrain. *Educational Researcher*, 33. <https://doi.org/10.3102/0013189X033008003>
- Bouchillon, E. (s. d.). What Is STEM Education? - Definition, Importance & Standards. *Study.Com*. <https://study.com/academy/lesson/what-is-stem-education-definition-importance-standards.html>

- Boyland, D. J. R. (2019). A social constructivist approach to the gathering of empirical data. *Australian Counselling Research Journal*, 30-34.
- Bransford, J. D., Brown, A. L., & Cocking, R. R. (Éds.). (2000). How People Learn: Brain, Mind, Experience, and School: Expanded Edition. *National Academies Press*. <https://doi.org/10.17226/9853>
- Breiner, J. M., Harkness, S. S., Johnson, C. C., & Koehler, C. M. (2012). What is STEM? A discussion about conceptions of STEM in education and partnerships. *School science and mathematics*, 112(1), 3-11.
- Brodeur, J., Belletête, V., Crozet, N., Langelier, E., Brière, S., & Deschênes, C. (2024). La sous-représentation des femmes en sciences et en génie : Comment les stages en contexte universitaire peuvent-ils influencer sur la perception d'engagement des étudiantes? 37(2), 97-114,281,288,294,298-301.
- Brondi, S., & Neresini, F. (2018). Studying the emergence of a new social representation: Changes in thinking about nanotechnologies in early 21st-century Italy. *European Journal of Social Psychology*, 48(6), 815-833. <https://doi.org/10.1002/ejsp.2369>
- Brophy, S., Klein, S., Portsmore, M., & Rogers, C. (2008). Advancing Engineering Education in P-12 Classrooms. *Journal of Engineering Education*, 97(3), 369-387. <https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2008.tb00985.x>
- Brown, R., Brown, J., Reardon, K., & Merrill, C. (2011). Understanding STEM: Current Perceptions. *Technology and Engineering Teacher*, 70(6), 5-9.
- Brush, S. G. (2015). Mathematics as an Instigator of Scientific Revolutions. *Science & Education*, 24(5), 495-513. <https://doi.org/10.1007/s11191-015-9762-x>
- Buck, G. A., Leslie-Pelecky, D., & Kirby, S. K. (2002). Bringing female scientists into the elementary classroom: Confronting the strength of elementary students' stereotypical images of scientists. *Journal of Elementary Science Education*, 14(2), 1-9. <https://doi.org/10.1007/BF03173844>
- Bull, G., Knezek, G., & Gibson, D. (2009). Editorial: A Rationale for Incorporating Engineering Education Into the Teacher Education Curriculum. *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education*, 9(3), 222-225.
- Bybee, R. W. (2000). Achieving Technological Literacy: A National Imperative. *Technology Teacher*, 60(1), 23-28.
- Bybee, R. W. (2010). Advancing STEM Education: A 2020 Vision. *Technology and Engineering Teacher*, 70(1), 30-35.
- Bybee, R. W. (2011). K-12 Engineering Education Standards: Opportunities and Barriers. *Technology & Engineering Teacher*, 70(5), 21-29.

- Capobianco, B. M., Diefes-Dux, H. A., Mena, I., & Weller, J. (2011). What is an engineer? Implications of elementary school student conceptions for engineering education. *Journal of Engineering Education*, 100(2), 304-328.
- Capraro, M. M., & Jones, M. (2013). Interdisciplinary STEM Project-Based Learning in: STEM Project-Based Learning. Dans *STEM Project-Based Learning* (p. 51-58). Brill.
<https://brill.com/display/book/9789462091436/BP000007.xml>
- Capraro, R., Capraro, M., & Morgan, J. (Éds.). (2013). *STEM Project-Based Learning: An Integrated Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Approach* (Springer Science & Business Media, p. 210). <https://doi.org/10.1007/978-94-6209-143-6>
- Capraro, R. M., & Slough, Scott. W. (2013). Why PBL? Why STEM? Why now? an Introduction to STEM Project-Based Learning: An Integrated Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Approach. Dans R. M. Capraro, M. M. Capraro, & J. R. Morgan (Éds.), *STEM Project-Based Learning* (p. 1-5). SensePublishers. https://doi.org/10.1007/978-94-6209-143-6_1
- Cavanagh, M., Cammarata, L., & Blain, S. (2016). Enseigner en milieu francophone minoritaire canadien : Synthèse des connaissances sur les défis et leurs implications pour la formation des enseignants. *Canadian Journal of Education / Revue canadienne de l'éducation*, 39(4), 1-32.
- Cervantes, B., Hemmer, L., & Kouzekanani, K. (2015). The Impact of Project-Based Learning on Minority Student Achievement: Implications for School Redesign. *NCPEA Education Leadership Review of Doctoral Research*, 2(2), 50-66.
- Cevik, E., Johnson, M., Yalvac, B., Whitfield, J., Kuttolamadom, M., Porter, J. R., & Morgan, J. A. (2020, juin 22). *A Study of Secondary Teachers' Perceptions of Engineers and Conceptions of Engineering*. 2020 ASEE Virtual Annual Conference Content Access. <https://peer.asee.org/a-study-of-secondary-teachers-perceptions-of-engineers-and-conceptions-of-engineering>
- Chaire pour les femmes en sciences et en génie au Québec. (2016). *Trousse interdisciplinaire*.
<https://cfsg.espaceweb.usherbrooke.ca/trousse-interdisciplinaire/>
- Chaire pour les femmes en sciences et en génie au Québec. (2020). Formation sur la démarche de conception. *Chaire pour les femmes en sciences et en génie au Québec*.
<http://cfsg.espaceweb.usherbrooke.ca/formation-demarche-conception/>
- Chambers, D. W. (1983). Stereotypic images of the scientist: The draw-a-scientist test. *Science Education*, 67(2), 255-265. <https://doi.org/10.1002/sce.3730670213>
- Chang, J. C. (2002). *Women and Minorities in the Science, Mathematics and Engineering Pipeline*. ERIC Digest.

- Cheryan, S., Master, A., & Meltzoff, A. N. (2015). Cultural stereotypes as gatekeepers: Increasing girls' interest in computer science and engineering by diversifying stereotypes. *Frontiers in Psychology*, 6, 1-8. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2015.00049>
- Chou, P.-N., & Chen, W.-F. (2017). Elementary School Students' Conceptions of Engineers: A Drawing Analysis Study in Taiwan. *International Journal of Engineering Education*, 33, 476-488.
- Christidou, V. (2011). Interest, attitudes and images related to science: Combining students' voices with the voices of school Science, teachers, and popular science. *International Journal of Environmental & Science Education*, 6(2), 141-159.
- Conseil de recherches en sciences humaines du Canada, Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada, Instituts de recherche en santé du Canada, & Instituts de recherche en santé du Canada. (2023, janvier 11). *Énoncé de politique des trois conseils : Éthique de la recherche avec des êtres humains* [Gouvernement du Canada]. https://ethics.gc.ca/fra/policy-politique_tcps2-eptc2_2022.html
- Cox, T. D., Ogle, B., & Campbell, L. O. (2019). Investigating Challenges and Preferred Instructional Strategies in STEM. *Journal of Postsecondary Education and Disability*, 32(1), 49-61.
- Craig, C. J., Evans, P., Verma, R., Stokes, D., & Li, J. (2019). A tribute to 'unsung teachers': Teachers' influences on students enrolling in STEM programs with the intent of entering STEM careers. *European Journal of Teacher Education*, 42(3), 335-358. <https://doi.org/10.1080/02619768.2018.1523390>
- Creswell, J. W. (2003). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed method approaches* (Vol. 2). SAGE Publications.
- Creswell, J. W. (2007). *Qualitative inquiry and research design: Choosing among five approaches* (2e édition). SAGE Publications.
- Creswell, J. W., & Poth, C. N. (2018). *Qualitative Inquiry and Research Design: Choosing Among Five Approaches* (5e édition). SAGE Publications. <https://edge.sagepub.com/creswellqi5e>
- Cropley, D. (2015). Promoting Creativity and Innovation in Engineering Education. *Psychology of Aesthetics, Creativity, and the Arts*, 9, 161-171. <https://doi.org/10.1037/aca0000008>
- Cunningham, C., Lachapelle, C. P., & Lindgren-Streicher, A. (2005). *Assessing Elementary School Students' Conceptions Of Engineering And Technology*. 10.227.1-10.227.10. <https://peer.asee.org/assessing-elementary-school-students-conceptions-of-engineering-and-technology>
- Cunningham, C. M. (2009). Engineering Is Elementary. *The Bridge*, 30(3), 11-17.
- Cunningham, C. M., & Kelly, G. (2017). Epistemic Practices of Engineering for Education. *Science Education*, 101(3), 486-505.

- Cunningham, C. M., Knight, M. T., Carlsen, W. S., & Kelly, G. (2007). Integrating Engineering in Middle and High School Classrooms. *International Journal of Engineering Education*, 23(1), 3-8.
- Cunningham, C. M., Lachapelle, C., & Lindgren-Streicher, A. (2006). *Elementary teachers' understanding of engineering and technology*. 113.
- Cunningham, C. M., & Sneider, C. (2023). Precollege Engineering Education. Dans *Handbook of Research on Science Education* (Vol. 3, p. 960-992). Routledge.
- Dalle, D., Denis, G., Lachiver, G., Hivon, R., Boutin, N., & Bourque, S. (2003). *L'apprentissage par problèmes et par projets en ingénierie*. Département de génie électrique et de génie information, Université de Sherbrooke. https://www.usherbrooke.ca/genie-electrique-informatique/fileadmin/sites/genie-electrique-informatique/documents/DOC_Info_APPI.pdf
- Damphousse, J. (2017). *La dissection mécanique réalisée par des élèves du secondaire en sciences et technologie : Démarche employée et sens utilisés* [Maîtrise, Université du Québec à Trois-Rivières]. <https://depot-e.uqtr.ca/id/eprint/8350/>
- Damphousse, J. (2025). Conceptions de la nature de la technologie d'enseignants et enseignantes de sciences et technologie au secondaire : lien avec la formation et actualisation dans les pratiques effectives. [Thèse de doctorat non publiée]. Université du Québec à Montréal.
- Damphousse, J., Groleau, A., & Samson, G. (2021). Réalisation d'une démarche d'analyse technologique par des élèves de science et technologie au secondaire : Trois cas de figure. *Canadian Journal of Education/Revue canadienne de l'éducation*, 44(3), 624-647. <https://doi.org/10.53967/cje-rce.v44i3.4195>
- Dare, E. A., Hiwatig, B., Karatithamkul, K., Ellis, J. A., Roehrig, G. H., Ring-Whalen, E. A., Rouleau, M. D., Faruqi, F., Rice, C., Titu, P., Li, F., Wleselmann, J. R., & Crotty, E. A. (2021). *Improving STEM education: The design and development of a K-12 STEM observation protocol (STEM-OP)*. ASEE Annual Conference Proceedings. <https://par.nsf.gov/biblio/10276753-improving-stem-education-design-development-stem-observation-protocol-stem-op>
- Darling-Hammond, L. (2000). Teacher Quality and Student Achievement. *Education Policy Analysis Archives*, 8, 1-1. <https://doi.org/10.14507/epaa.v8n1.2000>
- Daugherty, M. K. (2013). The Prospect of an « A » in STEM Education. *Journal of STEM Education: Innovations and Research*, 14(2). <https://www.jstem.org/jstem/index.php/JSTEM/article/view/1744>
- Davenport Huyer, L., Callaghan, N. I., Dicks, S., Scherer, E., Shukalyuk, A. I., Jou, M., & Kilkenny, D. M. (2020). Enhancing senior high school student engagement and academic performance using an inclusive and scalable inquiry-based program. *Npj Science of Learning*, 5(1), 17. <https://doi.org/10.1038/s41539-020-00076-2>

- DeCoito, I., Fazio, X., & Gichuru, J. (2024). Global Perspectives on STEM Education: Theory and Practice. *Springer Nature*. <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-031-60676-2>
- Déri, C. (2022). *La socialisation des doctorants au métier du chercheur : Étude de cas d'une communauté d'apprentissage dans le contexte des cafés de rédaction universitaire* [Thèse de doctorat, Université d'Ottawa]. <https://ruor.uottawa.ca/server/api/core/bitstreams/4a5e9cd4-88b7-402e-adc8-e9d6bc441845/content>
- Descarries-Bélanger, F., & Mathieu, M. (2009). *Entre le rose et le bleu : Stéréotypes sexuels et construction sociale du féminin et du masculin*. Conseil du statut de la femme, Gouvernement du Québec.
- Desimone, L. M. (2009). Improving Impact Studies of Teachers' Professional Development: Toward Better Conceptualizations and Measures. *Educational Researcher*, 38(3), 181-199. <https://doi.org/10.3102/0013189X08331140>
- Dick, T., & Rallis, S. (1991). Factors and Influences on High School Students' Career Choices. *Journal for Research in Mathematics Education*, 22, 281. <https://doi.org/10.2307/749273>
- Diefes-Dux, H. A., & Capobianco, B. M. (2011). *Work in progress—Interpreting elementary students' advanced conceptions of engineering from the Draw-an-Engineer Test*. 2011 Frontiers in Education Conference (FIE), F3J-1-F3J-2. <https://doi.org/10.1109/FIE.2011.6142936>
- Diekman, A. B., Brown, E. R., Johnston, A. M., & Clark, E. K. (2010). Seeking Congruity Between Goals and Roles: A New Look at Why Women Opt Out of Science, Technology, Engineering, and Mathematics Careers. *Psychological Science*, 21(8), 1051-1057.
- Dolmans, D. H. J. M., De Grave, W., Wolhagen, I. H. A. P., & Van Der Vleuten, C. P. M. (2005). Problem-based learning: Future challenges for educational practice and research. *Medical Education*, 39(7), 732-741. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2929.2005.02205.x>
- Duit, R., Treagust, D., & Widodo, A. (2013). *Teaching science for conceptual change: Theory and practice*. Dans *International Handbook of Research on Conceptual Change* (p. 487-503).
- Dweck, C. S. (2006). *Mindset: The New Psychology of Success*. Random House Publishing Group.
- Dym, C. L. (1999). Learning Engineering: Design, Languages, and Experiences. *Journal of Engineering Education*, 88(2), 145-148. <https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.1999.tb00425.x>
- Dym, C. L., Agogino, A. M., Eris, O., Frey, D. D., & Leifer, L. J. (2005). Engineering Design Thinking, Teaching, and Learning. *Journal of Engineering Education*, 94(1), 103-120. <https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2005.tb00832.x>
- El Nagdi, M., Leammukda, F., & Roehrig, G. (2018). Developing identities of STEM teachers at emerging STEM schools. *International Journal of STEM Education*, 5(36). <https://link.springer.com/article/10.1186/s40594-018-0136-1>

- El Sayary, A. M. A., Forawi, S. A., & Mansour, N. (2015). STEM education and problem-based learning. Dans *The Routledge International Handbook of Research on Teaching Thinking* (p. 357-365). Routledge.
- English, L. D. (2016). STEM education K-12 : Perspectives on integration. *International Journal of STEM Education*, 3(3). <https://doi.org/10.1186/s40594-016-0036-1>
- Estaiteyeh, M., & DeCoito, I. (2022). *EDUC 5466—Curriculum & pedagogy in STEM education*. https://www.edu.uwo.ca/csw/bed/_docs/outlines/2022-2023/year-2/specialty-courses/5466_curriculum-and-pedagogy-in-stem-education_estaiteyeh_09-22-2022.pdf
- Explore le génie. (s. d.). *Équité, diversité et inclusion en génie*. <https://exploreengineering.ca/fr/a-propos/equite-diversite-et-inclusion-en-genie>
- Faitar, P. G. M., & Faitar, P. S. L. (2013). Teachers' Influence on Students' Science Career Choices. *American International Journal of Social Science*, 2(5), 10-16.
- Farland-Smith, D. (2009). How does culture shape students' perceptions of scientists? Cross-national comparative study of American and Chinese elementary students. *Journal of Elementary Science Education*, 21(4), 23-42. <https://doi.org/10.1007/bf03182355>
- Farnsworth, K., & Larson, J. S. (2020, juin 22). *Problem-based Learning in K-12 Engineering Lessons : Supporting and Scaffolding Student Learning*. 2020 ASEE Virtual Annual Conference Content Access, En ligne. <https://peer.asee.org/problem-based-learning-in-k-12-engineering-lessons-supporting-and-scaffolding-student-learning>
- Ferguson, K., James, Y., & Bourgeault, I. L. (2022). Teacher Mental Health and Leaves of Absences : A Pilot Study Examining Gender and Care. *Canadian Journal of Education/Revue Canadienne de l'éducation*, 45(2), Article 2. <https://doi.org/10.53967/cje-rce.v45i2.4485>
- Ferreira, M. (2002). Ameliorating Equity in Science, Mathematics, and Engineering : A Case Study of an After-School Science Program. *Equity & Excellence in Education*, 35(1), 43-49. <https://doi.org/10.1080/713845242>
- Fortin, M.-F., & Gagnon, J. (2016). *Fondements et étapes du processus de recherche : Méthodes quantitatives et qualitatives* (3e édition, Vol. 43). Chenelière éducation. <https://www.erudit.org/en/journals/rse/2017-v43-n1-rse03267/1042088ar/>
- Fouad, N. A., & Singh, R. (2011). *Stemming the tide: Why women leave engineering* (p. 64). University of Wisconsin-Milwaukee. https://www.energy.gov/sites/prod/files/NSF_Stemming%20the%20Tide%20Why%20Women%20Leave%20Engineering.pdf

- Fralick, B., Kearn, J., Thompson, S., & Lyons, J. (2009). How Middle Schoolers Draw Engineers and Scientists. *Journal of Science Education and Technology*, 18(1), 60-73.
<https://doi.org/10.1007/s10956-008-9133-3>
- Freeman, S., Eddy, S. L., McDonough, M., Smith, M. K., Okoroafor, N., Jordt, H., & Wenderoth, M. P. (2014). *Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics*. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 111(23), 8410-8415. <https://doi.org/10.1073/pnas.1319030111>
- Gadalla, T. M. (2001). Patterns of Women's Enrolment in University Mathematics, Engineering and Computer Science in Canada, 1972-1995. *Canadian Journal of Higher Education*, 31(1), 1-34.
<https://doi.org/10.47678/cjhe.v31i1.183377>
- Ganesh, T. G. (2011a). *Analyzing Subject-Produced Drawings: The use of the Draw an Engineer Assessment in Context*. <https://doi.org/10.18260/1-2--17489>
- Ganesh, T. G. (2011b). *Children-Produced Drawings: An Interpretive and Analytic Tool for Researchers*. Dans E. Margolis & L. Pauwels (Éds.), *The SAGE Handbook of Visual Research Methods* (p. 214-240).
- Gareau, A. (2022). *Connaissances mobilisées dans les pratiques d'enseignement au primaire : Étude multicas menée auprès d'enseignants exploitant des outils numériques en sciences et technologie* [Doctorat, Université du Québec à Trois-Rivières ; Université du Québec à Montréal]. <https://depot-e.uqtr.ca/id/eprint/10281/>
- Garet, M. S., Porter, A. C., Desimone, L., Birman, B. F., & Yoon, K. S. (2001). What Makes Professional Development Effective? Results From a National Sample of Teachers. *American Educational Research Journal*, 38(4), 915-945. <https://doi.org/10.3102/00028312038004915>
- Gérin-Lajoie, D. (2021). Les défis de l'enseignement en milieu francophone minoritaire : Le cas de l'Ontario. *Éducation et francophonie*, 29(1), 125-140. <https://doi.org/10.7202/1079570ar>
- Get to Know. (s. d.). *Next Generation Science Standards*. <https://www.nextgenscience.org/>
- Gilbert, A., LeTouzé, S., Thériault, J. Y., & Landry, R. (2004). *Le personnel enseignant face aux défis de l'enseignement en milieu*. Centre interdisciplinaire de recherche sur la citoyenneté et les minorités (CIRCEM) pour la Fédération canadienne des enseignantes et des enseignants.
<https://doczz.fr/doc/2569434/le-personnel-enseignant-face-aux-d%C3%A9fis-de-l-enseignement-...>
- Goldhaber, D. (2016). In schools, teacher quality matters most: Today's research reinforces Coleman's findings. *Education Next*, 16(2), 56-63.
- Gratton, L., & Chiasson, M. (2023). *Enjeux de l'enseignement en contexte minoritaire francophone : Résultats de deux enquêtes pancanadiennes réalisées auprès du personnel enseignant*. Fédération canadienne des enseignantes et des enseignants.

- Gross, S. (2018). *The Underrepresentation of Women Studying Engineering: A Grounded Theory Case Study*. University of Miami.
- Gunckel, K. L., & Tolbert, S. (2018). The imperative to move toward a dimension of care in engineering education. *Journal of Research in Science Teaching*, 55(7), 938-961. <https://doi-org.proxy.bib.uottawa.ca/10.1002/tea.21458>
- Guskey, T. R. (2002). Professional Development and Teacher Change. *Teachers and Teaching*, 8(3), 381-391. <https://doi.org/10.1080/135406002100000512>
- Gutierrez-Berraondo, J., Iturbe-Zabalo, E., Arregi, N., & Guisasola, J. (2025). Influence on Students' Learning in a Problem- and Project-Based Approach to Implement STEM Projects in Engineering Curriculum. *Education Sciences*, 15(5), 534. <https://doi.org/10.3390/educsci15050534>
- Habash, R., & Suurtamm, C. (2010). *Engaging High School and Engineering Students: A Multifaceted Outreach Program Based on a Mechatronics Platform*. *Education, IEEE Transactions on*, 53, 136-143. <https://doi.org/10.1109/TE.2009.2025659>
- Hammack, R., & Ivey, T. (2017). Examining Elementary Teachers' Engineering Self-Efficacy and Engineering Teacher Efficacy. *School Science and Mathematics*, 117(1-2), 52-62. <https://doi.org/10.1111/ssm.12205>
- Hammack, R., Ivey, T., Utley, J., & High, K. (2015). Effect of an Engineering Camp on Students' Perceptions of Engineering and Technology. *Journal of Pre-College Engineering Education Research (J-PEER)*, 5(2). <https://doi.org/10.7771/2157-9288.1102>
- Hammack, R. J. (2016). *Elementary teachers' perceptions of engineering, engineering design, and their abilities to teach engineering: A mixed methods study* [Thèse de doctorat, Oklahoma State University]. <http://search.proquest.com/docview/1854867429/abstract/166451730C944BD0PQ/1>
- Hammack, R., Utley, J., Ivey, T., & High, K. (2020). Elementary Teachers' Mental Images of Engineers at Work. *Journal of Pre-College Engineering Education Research (J-PEER)*, 10(2). <https://doi.org/10.7771/2157-9288.1255>
- Han, S., Capraro, R., & Capraro, M. M. (2015). How science, technology, engineering, and mathematics (STEM) project-based learning (PBL) affects high, middle, and low achievers differently: The impact of student factors on achievement. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 13(5), 1089-1113. <https://doi.org/10.1007/s10763-014-9526-0>
- Harden, R. M., & Stamper, N. (1999). What is a spiral curriculum? *Medical Teacher*, 21(2), 141-143. <https://doi.org/10.1080/01421599979752>
- Hasni, A., Bousadra, F., & Poulin, J.-É. (2012). Les liens interdisciplinaires vus par des enseignants de sciences et technologies et de mathématiques du secondaire au Québec. *RDST. Recherches en didactique des sciences et des technologies*, 5, 131-156. <https://doi.org/10.4000/rdst.581>

- Hasni, A., Lenoir, Y., & Alessandra, F. (2015). Mandated Interdisciplinarity in Secondary School: The Case of Science, Technology, and Mathematics Teachers in Quebec. *Issues in Interdisciplinary Studies*. <https://eric.ed.gov/?id=EJ1117890>
- Hattie, J. (2003). *Teachers Make a Difference, What is the research evidence?* Australian Council for Educational Research (ACER), 1-17. https://research.acer.edu.au/research_conference_2003/4/
- Hayes, M. L. (2019). *2018 NSSME+ : Status of High School Mathematics* (The National Survey of Science & Mathematics Education, p. 40). Horizon Research, Inc. <https://horizon-research.com/NSSME/wp-content/uploads/2019/05/2018-NSSME-Status-of-High-School-Math.pdf>
- Hazari, Z., Sonnert, G., Sadler, P. M., & Shanahan, M. (2010). Connecting high school physics experiences, outcome expectations, physics identity, and physics career choice: A gender study. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(8), 978-1003. <https://doi.org/10.1002/tea.20363>
- Henry, M. A., Shorter, S., Charkoudian, L. K., Heemstra, J. M., Le, B., & Corwin, L. A. (2021). Quantifying fear of failure in STEM: Modifying and evaluating the Performance Failure Appraisal Inventory (PFAI) for use with STEM undergraduates. *International Journal of STEM Education*, 8(1), 43. <https://doi.org/10.1186/s40594-021-00300-4>
- Hernandez, A., & Plyley, C. (2021). *A case for inclusion of non-standard languages in educational contexts for STEM learning*. Association canadienne de linguistique - Congrès de 2021.
- Hill, A. M., & Smith, H. A. (1998). Practice Meets Theory in Technology Education: A Case of Authentic Learning in the High School Setting. *Journal of Technology Education*, 9(2), 29-45. <https://doi.org/10.21061/jte.v9i2.a.3>
- Hill, C., Corbett, C., & St. Rose, A. (2010). Why So Few? Women in Science, Technology, Engineering, and Mathematics. American Association of University Women. <https://eric.ed.gov/?id=ED509653>
- Hirsch, L. S., Kimmel, H., Rockland, R., & Bloom, J. (2005). *Implementing Pre-engineering Curricula in High School Science and Mathematics*. Proceedings Frontiers in Education 35th Annual Conference, S2F-21-S2F-26. <https://doi.org/10.1109/FIE.2005.1612235>
- Hmelo-Silver, C. E. (2004). Problem-Based Learning: What and How Do Students Learn? *Educational Psychology Review*, 16(3), 235-266. <https://doi.org/10.1023/B:EDPR.0000034022.16470.f3>
- Hom, E. J. (2014, février 11). *What is STEM Education?* Live Science. <https://www.livescience.com/43296-what-is-stem-education.html>
- Hotaling, L., McGrath, B., McKay, M., Shields, C., Lowes, S., Cunningham, C., Lachapelle, C., & Yao, S.-Y. (2007). *Engineering Our Future New Jersey*. 12.649.1-12.649.12. <https://peer.asee.org/engineering-our-future-new-jersey>

- Hsu, M.-C., Purzer, S., & Cardella, M. (2011). Elementary Teachers' Views about Teaching Design, Engineering, and Technology. *Journal of Pre-College Engineering Education Research (J-PEER)*, 1(2). <https://doi.org/10.5703/1288284314639>
- Ikonen, K., Leinonen, R., Asikainen, M. A., & Hirvonen, P. E. (2017). The influence of parents, teachers, and friends on ninth graders' educational and career choices. *International Journal of Gender, Science and Technology*, 9(3), Article 3.
- Ingénieurs Canada. (s. d.-a). 30 en 30. *Ingénieurs Canada*. <https://engineerscanada.ca/fr/diversite/les-femmes-en-genie/30-en-30>
- Ingénieurs Canada. (s. d.-b). *Maintien en poste des femmes en génie*. <https://engineerscanada.ca/fr/diversite/les-femmes-en-genie/maintien-en-poste-des-femmes-en-genie>
- Ingénieurs Canada. (s. d.-c). *Recrutement*. <https://engineerscanada.ca/fr/diversite/les-femmes-en-genie/recrutement>
- Ingénieurs Canada. (2015). *2015 Canadian Engineers for Tomorrow*. Ingénieurs Canada. <https://engineerscanada.ca/reports/canadian-engineers-for-tomorrow-2015>
- Ingénieurs Canada. (2017a). *Canadian Engineers for Tomorrow—Trends in Engineering Enrolment and Degrees Awarded 2012-2016*. Ingénieurs Canada. <https://engineerscanada.ca/reports/canadian-engineers-for-tomorrow-2016>
- Ingénieurs Canada. (2017b). Perceptions du public à l'égard des ingénieurs et du génie.
- Ingénieurs Canada. (2019). *Canadian Engineers for Tomorrow—Trends in Engineering Enrolment and Degrees Awarded 2014-2018*. Ingénieurs Canada. <https://engineerscanada.ca/reports/canadian-engineers-for-tomorrow-2018>
- Ingénieurs Canada. (2020). *Canadian Engineers for Tomorrow—Trends in Engineering Enrolment and Degrees Awarded 2015-2019*. Ingénieurs Canada. <https://engineerscanada.ca/reports/canadian-engineers-for-tomorrow-2019>
- Ingénieurs Canada. (2021). *Canadian Engineers for Tomorrow—Trends in Engineering Enrolment and Degrees Awarded 2016-2020*. Ingénieurs Canada. <https://engineerscanada.ca/reports/canadian-engineers-for-tomorrow-2020>
- Ingénieurs Canada. (2022). *Rapport de 2022 sur les effectifs de la profession à l'échelle nationale | Engineers Canada*. Ingénieurs Canada. <https://engineerscanada.ca/fr/rapports/rapport-de-2022-sur-les-effectifs-de-la-profession-a-lechelle-nationale>
- Ingénieurs Canada. (2023). *Rapport de 2023 sur les effectifs de la profession à l'échelle nationale | Engineers Canada*. <https://engineerscanada.ca/fr/rapports/rapport-national-denquete-sur-les-effectifs/rapport-de-2023-sur-les-effectifs-de-la-profession-a-lechelle-nationale>

- Jacobs, J. E., & Bleeker, M. M. (2004). Girls' and boys' developing interests in math and science: Do parents matter? *New Directions for Child and Adolescent Development*, 5-21.
- Jahn, J. L. S., & Myers, K. K. (2014). Vocational Anticipatory Socialization of Adolescents: Messages, Sources, and Frameworks That Influence Interest in STEM Careers. *Journal of Applied Communication Research*, 42(1), 85-106. <https://doi.org/10.1080/00909882.2013.874568>
- Jarvis, T., & Rennie, L. J. (1996). Perceptions about Technology Held by Primary Teachers in England. *Research in Science & Technological Education*, 14(1), 43-54. <https://doi.org/10.1080/0263514960140104>
- Jerbi, S. (2020). *La démarche d'apprentissage par problèmes dans la formation universitaire des ingénieurs : Résultats d'une analyse systématique des publications scientifiques* [Maitrise]. Université de Sherbrooke.
- Jodelet, D. (2003). *Les représentations sociales* (7e éd.). Presses Universitaires de France. <http://www.cairn.info/les-representations-sociales--9782130537656-page-45.htm>
- Johnson, B., Ulseth, R., Smith, C., & Fox, D. (2015). *The impacts of project based learning on self-directed learning and professional skill attainment : A comparison of project based learning to traditional engineering education*. 2015 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE), 1-5. <https://doi.org/10.1109/FIE.2015.7344028>
- Jovchelovitch, S. (2001). *Social Representations, Public Life, and Social Construction*. Institute of Social Psychology.
- Karatas, F. O., Micklos, A., & Bodner, G. M. (2011). Sixth-Grade Students' Views of the Nature of Engineering and Images of Engineers. *Journal of Science Education and Technology*, 20(2), 123-135. <https://doi.org/10.1007/s10956-010-9239-2>
- Kelley, T. (2010). Staking the Claim for the « T » in STEM. *Journal of Technology Studies*, 36(1), 2-11.
- Kelley, T. R., & Knowles, J. G. (2016). A conceptual framework for integrated STEM education. *International Journal of STEM Education*, 3(1), 11. <https://doi.org/10.1186/s40594-016-0046-z>
- Khait, A. (2005). The Definition of Mathematics: Philosophical and Pedagogical Aspects. *Science & Education*, 14, 137-159.
- Khandani, S. (2005, août). *Engineering Design Process*. Education Transfer Plan. <https://resources.saylor.org/wwwresources/archived/site/wp-content/uploads/2012/09/ME101-4.1-Engineering-Design-Process.pdf>
- Kitchen, J. A., Sonnert, G., & Sadler, P. M. (2018). The impact of college- and university-run high school summer programs on students' end of high school STEM career aspirations. *Science Education*, 102(3), 529-547.

- Knight, M., & Cunningham, C. (2004). *Draw an Engineer Test (DAET): Development of a Tool to Investigate Students' Ideas about Engineers and Engineering*. Proceedings of the 2004 American Society for Engineering Education Annual Conference & Exposition, 11.
- Kolmos, A., Mejlgaard, N., Haase, S., & Holgaard, J. E. (2013). Motivational factors, gender and engineering education. *European Journal of Engineering Education*, 38(3), 340-358.
- Kondracki, N. L., Wellman, Nancy S., & Amundson, D. R. (2002). Content Analysis: Review of Methods and Their Applications in Nutrition Education. *Journal of Nutrition Education & Behavior*, 34(4), 224. [https://doi.org/10.1016/S1499-4046\(06\)60097-3](https://doi.org/10.1016/S1499-4046(06)60097-3)
- Kress, G., & van Leeuwen, T. (2000). *Reading images—The grammar of visual design* (3e édition). Routledge.
- Krippendorff, K. (2019). *Content Analysis: An Introduction to Its Methodology*. SAGE Publications, Inc. <https://doi.org/10.4135/9781071878781>
- Kristufek, L., & Mavriplis, C. (2024). *Experience of Engineering Studies Survey*. [Étude non publiée]. Faculté de génie, Université d'Ottawa.
- Kuvac, M., & Koc, I. (2022). Enhancing preservice science teachers' perceptions of engineer and engineering through STEM education: A focus on drawings as evidence. *Research in Science & Technological Education*, 41(4), 1539-1559.
- Lachapelle, C., Cunningham, C., & Lindgren-Streicher, A. (2006, juin 1). *Elementary Teachers' Understandings Of Engineering And Technology*. American Society for Engineering Education Annual Conference & Exposition, Chicago, Illinois. <https://doi.org/10.18260/1-2--200>
- Lachapelle, C. P., & Cunningham, C. M. (2007, juin). *Engineering is Elementary: Children's changing understandings of science and engineering*. American Society for Engineering Education Annual Conference & Exposition, Honolulu, HI. https://www.researchgate.net/profile/Christine_Cunningham2/publication/252763733_Engineering_is_Elementary_Children's_Changing_Understandings_of_Science_and_Engineering/links/5458ea860cf2bccc4912ad96.pdf
- Lafortune, L., & Gagné, D. (2024). *Quelle est la situation des femmes en ingénierie au Québec : Plaisirs, défis et solutions*. JFD Éditions. <http://www.editionsjfd.com/boutique/quelle-est-la-situation-des-femmes-en-ingenierie-au-quebec-11801>
- Lambert, M., Diefes-Dux, H. A., Beck, M., Duncan, D., Oware, E., & Nemeth, R. (2007). *What is engineering? - An exploration of P-6 grade teachers' perspectives*. S2B-11-S2B-16. <https://doi.org/10.1109/FIE.2007.4417827>

- Lianawati, E., & Pou, E. (2019). *Représentations sociales*.
https://www.researchgate.net/publication/340887730_REPRESENTATIONS_SOCIALES_UNE_INTRODUCTION
- Lincoln, Y. S., & Guba, E. G. (1985). *Naturalistic inquiry*. SAGE Publications.
- Linton, A.-C., Germundsson, P., Heimann, M., & Danermark, B. (2013). Teachers' social representation of students with Asperger diagnosis. *European Journal of Special Needs Education*, 28(4), 392-412.
<https://doi.org/10.1080/08856257.2013.812404>
- Loh, J. (2013). *Inquiry into Issues of Trustworthiness and Quality in Narrative Studies: A Perspective*. *Qualitative Report*, 18, 1-15. <https://doi.org/10.46743/2160-3715/2013.1477>
- Losh, S. C., Wilke, R., & Pop, M. (2008). Some Methodological Issues with "Draw a Scientist Tests" among Young Children. *International Journal of Science Education*, 30(6), 773-792.
<https://doi.org/10.1080/09500690701250452>
- Louis, N. (2022). *Réalisation d'un état des lieux pancanadien sur les programmes STIM en français* (p. 66). Association des collèges et universités de la francophonie canadienne.
- Low, J. M., & Shironaka, W. (1995). Letting Go—Allowing First-Graders to Become Autonomous Learners. *Young Children*, 51(1), 21-25.
- Luo, T., So, W. W. M., Wan, Z. H., & Li, W. C. (2021). STEM stereotypes predict students' STEM career interest via self-efficacy and outcome expectations. *International Journal of STEM Education*, 8(1), 36. <https://doi.org/10.1186/s40594-021-00295-y>
- Mackay, S. (2016, juillet 8). *Engineers speak out against the hard hat*. *Engineering Institute of Technology*.
<https://www.eit.edu.au/engineers-speak-out-against-the-hard-hat/>
- Madara, D. S., & Namango, S. (2016). Perceptions of Female High School Students on Engineering. *Journal of Education and Practice*, 7(25), 63-82.
- Maio, G. R., & Haddock, G. (2010). The influence of attitudes on information processing and behavior. Dans *The psychology of attitudes and attitude change* (p. 47-66). SAGE Publications. <https://sk-sagepub-com.proxy.bib.uottawa.ca/books/the-psychology-of-attitudes-and-attitude-change/n3.xml>
- Mangold, J., & Robinson, S. (2013). *The engineering design process as a problem solving and learning tool in K-12 classrooms*. 2013 ASEE Annual Conference & Exposition Proceedings, 23.1196.1-23.1196.14. <https://doi.org/10.18260/1-2--22581>
- Marshall, H., McClymont, L., & Joyce, L. (2007). *Public Attitudes to and Perceptions of Engineering and Engineers 2007* (The Royal Academy of Engineering & the Engineering and Technology Board, p. 64). <https://www.raeng.org.uk/publications/other/public-attitude-perceptions-engineering-engineers>
- Massey, C. M., & Stephens, A. (Éds.) (with Committee on PreK–12 STEM Education Innovations, Board on Science Education, Division of Behavioral and Social Sciences and Education, & National

- Academies of Sciences, Engineering, and Medicine). (2025). *Scaling and Sustaining Pre-K-12 STEM Education Innovations : Systemic Challenges, Systemic Responses*. National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/27950>
- Mastafi, M. (2020). Rôles et impacts des TIC dans l'enseignement et l'apprentissage des mathématiques : Perceptions des enseignants du secondaire. *Formation et profession*, 28(2), 60. <https://doi.org/10.18162/fp.2020.508>
- Matusovich, H. M., Streveler, R. A., & Miller, R. L. (2010). Why Do Students Choose Engineering? A Qualitative, Longitudinal Investigation of Students' Motivational Values. *Journal of Engineering Education*, 99(4), 289-303. <https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2010.tb01064.x>
- Mayhoffer, P. (2023, mars 31). *Project Examples: Teaching STEM Through PBL*. SmartLab Learning. <https://www.smartlablearning.com/teaching-stem-through-pbl-with-examples/>
- McCarthy, D. (2015). Teacher candidates' perceptions of scientists : Images and attributes. *Educational Review*, 67(4), 389-413. <https://doi.org/10.1080/00131911.2014.974510>
- McClure, E. R., Guernsey, L., Clements, D. H., Bales, S. N., Nichols, J., Kendall-Taylor, N., & Levine, M. H. (2017). STEM starts early—Grounding science, technology, engineering, and math education in early childhood (p. 68). The Joan Ganz Cooney Center at Sesame Workshop. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED574402.pdf>
- McComas, W. F., & Burgin, S. R. (2020). A Critique of “STEM” Education. *Science & Education*, 29(4), 805-829. <https://doi.org/10.1007/s11191-020-00138-2>
- McGrath, B., Sayres, J., Lowes, S., & Lin, P. (2008). *Underwater LEGO Robotics as the Vehicle to Engage Students in STEM: The BUILD IT Project's First Year of Classroom Implementation*. 20.
- McLellan-Lemal, E., Macqueen, K., & Neidig, J. (2003). Beyond the Qualitative Interview: Data Preparation and Transcription. *Field Methods*, 15, 63. <https://doi.org/10.1177/1525822X02239573>
- McNally, S. (2020). Encourager les filles dans les STIM : que peuvent faire les écoles? *European Expert Network on Economics of Education*.
- Mead, M., & Metraux, R. (1957). Image of the Scientist among High-School Students. *Science*, 126(3270), 384-390.
- Médard, M. M. (2005). *Représentations sociales et réception différenciée selon le sexe de messages de prévention du sida en Haïti* [Mémoire de maîtrise, Université Laval]. file:///C:/Users/janel/Downloads/Repr%C3%A9sentations_sociales_et_r%C3%A9.pdf
- Mercier, E., Goldstein, M., Baligar, P., & Rajarathinam, R. (2023). *Collaborative Learning in Engineering Education* (p. 402-432). <https://doi.org/10.4324/9781003287483-23>
- Meyrick, K. M. (2011). How STEM Education Improves Student Learning. *Meridian K-12 School Computer Technologies Journal*, 14(1).

- Miles, M. B., Huberman, A. M., & Saldaña, J. (2014). *Qualitative data analysis: A methods sourcebook* (3e édition). SAGE Publications, Inc.
- Milford, T. M., & Tippet, C. D. (2013). Preservice Teachers' Images of Scientists: Do Prior Science Experiences Make a Difference? *Journal of Science Teacher Education*, 24(4), 745-762.
<https://doi.org/10.1007/s10972-012-9304-1>
- Ministère de l'Éducation de l'Ontario. (s. d.). *Glossaire*. Curriculums et ressources.
<https://www.dcp.edu.gov.on.ca/fr/curriculum/seconaire-mathematiques/glossaire>
- Ministère de l'Éducation de l'Ontario. (2009). *Le curriculum de l'Ontario, 11e et 12e année, Éducation technologique*. <http://www.edu.gov.on.ca/fre/curriculum/secondary/2009teched1112curr.pdf>
- Ministère de l'Éducation de l'Ontario. (2021a). *Éléments du cours de mathématiques de 9e année* [Gouvernement de l'Ontario]. Curriculums et ressources.
<https://www.dcp.edu.gov.on.ca/fr/curriculum/seconaire-mathematiques/cours/mth1w/elements>
- Ministère de l'Éducation de l'Ontario. (2021b). *Mathématiques, 9e année* [Gouvernement de l'Ontario]. Curriculums et ressources. <https://www.dcp.edu.gov.on.ca/fr/curriculum/seconaire-mathematiques/cours/mth1w>
- Ministère de l'Éducation de l'Ontario. (2022a). *Le programme de sciences*. Curriculums et ressources.
<https://www.dcp.edu.gov.on.ca/fr/curriculum/seconaire-sciences/cours/snc1w/organisation#demarches-processus>
- Ministère de l'Éducation de l'Ontario. (2022b). *Sciences—Introduction*. Curriculums et ressources.
<https://www.dcp.edu.gov.on.ca/fr/curriculum/seconaire-sciences/cours/snc1w/introduction>
- Mokiwa, H., & Ramulumo, M. (2024). Navigating Language Diversity In Multilingual Stem Classrooms : Strategies For Inclusive Education. *International Education Trend Issues*, 2, 92-106.
<https://doi.org/10.56442/iet.v2i2.421>
- Moliner, P., Rateau, P., & Cohen-Scali, V. (2002). *Les représentations sociales. Pratique des études de terrain*. Presses Universitaires de Rennes. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02149004>
- Moliner, P., & Tafani, E. (1997). Attitudes and social representations: A theoretical and experimental approach. *European Journal of Social Psychology*, 27(6), 687-702.
- Moore, T. J., Doerr, H. M., Glancy, A. W., & Ntow, F. D. (2015). Preserving Pelicans with Models That Make Sense. *Mathematics Teaching in the Middle School*, 20(6), 358-364.
<https://doi.org/10.5951/mathteacmidscho.20.6.0358>
- Morgan, J. R., Moon, A. M., & Barroso, L. R. (2013). Engineering Better Projects. Dans *STEM Project-Based Learning* (p. 29-39). Brill. <https://brill.com/display/book/edcoll/9789462091436/BP000005.xml>
- Moscovici, S. (1961). *La psychanalyse, son image et son public* (1ère édition). Presses Universitaires de France.

- Moscovici, S. (2004). *La psychanalyse, son image et son public* (2e édition). Presses Universitaires de France. <https://doi.org/10.3917/puf.mosco.2004.01>
- Mujawamariya, D., D'Arc Gaudet, J., & Lapointe, C. (2012). « Moi je n'ai pas de rôle à jouer » : Enseignantes et enseignants face à l'éducation et à la carrière des filles en STIM en milieu francophone minoritaire. *Formation et profession*, 20(3), 36-47.
- Mujawamariya, D., & Mavriplis, C. (2017). Du génie des femmes pour des femmes ? Voix d'ingénieures et de futures ingénieures. *Spectre*, 46(3), 28-30.
- Mujawamariya, D., & Mavriplis, C. (2022). *Le génie au service des femmes : Rethinking the Faces and Spaces of Engineering*. Université d'Ottawa.
- Mujawamariya, D., Mavriplis, C., Fournier, J., & Adatia, S. (2019). *Contributions femmuniqes : Qu'apportent les femmes au génie ?* Conférence de l'Association canadienne de l'éducation en génie.
- Munier, V., Bächtold, M., Cross, D., Chesnay, A., Lepareur, C., Molvinger, K., Gurgand, M., & Tricot, A. (2021). *Étude didactique de l'impact d'un dispositif de formation continue à un enseignement des sciences fondé sur l'investigation*. 23, 109-136.
- NASA Science. (2023). *What Is Science? Space Place - Explore Earth and Space!*
<https://spaceplace.nasa.gov/science/en/>
- National Academy of Engineering and National Research Council. (2009). *Engineering in K-12 Education: Understanding the Status and Improving the Prospects*. The National Academies Press.
- National Academy of Engineering and National Research Council. (2009). *Engineering in K-12 Education: Understanding the Status and Improving the Prospects*. The National Academies Press.
- National Research Council. (2012). *A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas*. National Academies Press.
- National Research Council, & National Academy of Engineering. (2006). *Tech Tally: Approaches to Assessing Technological Literacy* (E. Garmire & G. Pearson, Éd.). Island Press.
- National Science Foundation. (2020). *STEM Education for the future—A visioning report*.
<https://www.nsf.gov/edu/Materials/STEM%20Education%20for%20the%20Future%20-%202020%20Visioning%20Report.pdf>
- Newley, A., Kaya, E., Yesilyurt, E., & Deniz, H. (2017). *Measuring Engineering Perceptions of Fifth-grade Minority Students with the Draw-an-Engineer-Test (DAET)* (Work In Progress).
<https://doi.org/10.18260/1-2--27675>
- Office québécois de la langue française. (2024). *Personne trans* [Gouvernement du Québec].
<https://vitrinelinguistique.oqlf.gouv.qc.ca/fiche/gdt/fiche/26532486/personne-trans>

- Ontario Network of Women in Engineering. (s. d.-a). *Go Code Girl*. <https://www.onwie.ca/programs/go-code-girl/>
- Ontario Network of Women in Engineering. (s. d.-b). *Go ENG Girl—Calling all Girls!*
<http://www.onwie.ca/programs/go-eng-girl/>
- OriGene Technologies Inc. (s. d.). *CRISPRa and CRISPRi : Gene Expression Modulation*.
https://www.origene.com/products/gene-expression/crispr-cas9/crispra-crispri?msclkid=792e4e231f8617fed5b626ac8675105e&utm_source=bing&utm_medium=cpc&utm_campaign=CRISPR%20-%20Genome%20Editing%20Updated%202023&utm_term=gene%20activation&utm_content=CRISPRa%202023
- Penner, D. E., Giles, N. D., Lehrer, R., & Schauble, L. (1997). Building Functional Models : Designing an Elbow. *Journal of Research in Science Teaching*, 34(2), 125-143.
- Petroski, H. (2016). To Engineer is Human: The Role of Failure in Successful Design. *Defense A R Journal*, 23(1).
<https://go.gale.com/ps/i.do?p=AONE&sw=w&issn=15536408&v=2.1&it=r&id=GALE%7CA444699588&sid=googleScholar&linkaccess=abs>
- Pfeuti, S. (1996). *Représentations sociales : Quelques aspects théoriques et méthodologiques* (42; Vous avez dit... pédagogie, p. 31). Université de Neuchatel, Sciences de l'éducation.
<https://core.ac.uk/download/pdf/83636231.pdf>
- Pleasant, J., & Olson, J. K. (2019). What is Engineering? Elaborating the Nature of Engineering for K-12 Education. *Science Education*, 103(1), 145-166.
- Pouliot, È., Camiré, L., Saint-Jacques, M.-C., Centre de recherche sur l'adaptation des jeunes et des familles à risque, & Université Laval. (2013). *Comment faire? L'étude des représentations sociales à l'aide d'une diversité de techniques*. Centre de recherche sur l'adaptation des jeunes et des familles à risques (JEFAR), Université Laval.
- Quigley, C., Herro, D., & Jamil, F. (2017). Developing a Conceptual Model of STEAM Teaching Practices : Developing a Conceptual Model. *School Science and Mathematics*, 117, 1-12.
<https://doi.org/10.1111/ssm.12201>
- Rehmat, A. P., & Hartley, K. (2020). Building Engineering Awareness: Problem Based Learning Approach for STEM Integration. *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning*, 14(1), Article 1.
<https://doi.org/10.14434/ijpbl.v14i1.28636>
- Reinisch, B., Krell, M., Hergert, S., Gogolin, S., & Krüger, D. (2017). Methodical challenges concerning the Draw-A-Scientist Test: A critical view about the assessment and evaluation of learners' conceptions

of scientists. *International Journal of Science Education*, 39(14), 1952-1975.

<https://doi.org/10.1080/09500693.2017.1362712>

Reinking, A., & Martin, B. (2018). The Gender Gap in STEM Fields: Theories, Movements, and Ideas to Engage Girls in STEM. *Journal of New Approaches in Educational Research*, 7(2), 148-153.

<https://doi.org/10.7821/naer.2018.7.271>

Rekik, M., Derbali, C., & Elloumi, A. (2018). The Importance of Engineer Image in Society: Understanding Engineer's Representation in the Mind of Tunisian Entrepreneurs. *Advances in Applied Sociology*, 08(07), 534-561. <https://doi.org/10.4236/aasoci.2018.87032>

Ressler, S. J., & Ressler, E. K. (2004). Using a Nationwide Internet-Based Bridge Design Contest as a Vehicle for Engineering Outreach. *Journal of Engineering Education*, 93(2), 117-128.

<https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2004.tb00796.x>

Reynante, B. M., Selbach-Allen, M. E., & Pimentel, D. R. (2020). Exploring the Promises and Perils of Integrated STEM Through Disciplinary Practices and Epistemologies. *Science & Education*, 29(4), 785-803. <https://doi.org/10.1007/s11191-020-00121-x>

Ring, E. A., Dare, E. A., Crotty, E. A., & Roehrig, G. H. (2017). The Evolution of Teacher Conceptions of STEM Education Throughout an Intensive Professional Development Experience. *Journal of Science Teacher Education*, 28(5), 444-467. <https://doi.org/10.1080/1046560X.2017.1356671>

Rockland, R., Bloom, D. S., Carpinelli, J., Burr-Alexander, L., Hirsch, L. S., & Kimmel, H. (2010). Advancing the "E" in K-12 STEM Education. *Journal of Technology Studies*, 36(1), 53-64.

Rodriguez, S., Cunningham, K., & Jordan, A. (2019). STEM Identity Development for Latinas: The Role of Self- and Outside Recognition. *Journal of Hispanic Higher Education*, 18(3), 254-272.

Roehrig, G. H., Dare, E. A., Ellis, J. A., & Ring-Whalen, E. (2021). Beyond the basics: A detailed conceptual framework of integrated STEM. *Disciplinary and Interdisciplinary Science Education Research*, 3(1), 11. <https://doi.org/10.1186/s43031-021-00041-y>

Rohaani, E. J., Taconis, R., & Jochems, W. M. G. (2010). Reviewing the relations between teachers' knowledge and pupils' attitude in the field of primary technology education. *International Journal of Technology and Design Education*, 20(1), 15. <https://doi.org/10.1007/s10798-008-9055-7>

Rose, L. C., Gallup, A. M., Dugger, Jr., W. E., & Starkweather, K. N. (2004). *The Second Installment of the ITEA/Gallup Poll and What It Reveals as to How Americans Think About Technology* (A Report of the Second Survey Conducted by the Gallup Organization for the International Technology Education Association).

<https://www.proquest.com/openview/f79b71369c896722dd3623fe9c7819c5/1?pq-origsite=gscholar&cbl=34845>

- Roussiau, N., & Bonardi, C. (2001). *Les représentations sociales. États des lieux et perspectives*. Mardaga.
https://www.researchgate.net/publication/289066518_Les_representations_sociales_etat_des_lieux_et_perspectives
- Ryu, M., Mentzer, N., & Knobloch, N. (2019). Preservice teachers' experiences of STEM integration : Challenges and implications for integrated STEM teacher preparation. *International Journal of Technology and Design Education*, 29(3), 493-512. <https://doi.org/10.1007/s10798-018-9440-9>
- Sadiku, M. N. O., Tembely, M., & Musa, S. M. (2015). Engineering and Engineering Technology: What is the difference? *International Journal of Engineering Technology and Computer Research*, 3(4), 82-84.
- Sammut, G., Andreouli, E., Gaskell, G., & Valsiner, J. (2015). *Social representations: A revolutionary paradigm?* Dans G. Sammut, E. Andreouli, G. Gaskell, & J. Valsiner (Éds.), *The Cambridge Handbook of Social Representations* (p. 3-21). Cambridge University Press.
<https://doi.org/10.1017/CBO9781107323650.003>
- Samson, G., Hasni, A., & Ducharme-Rivard, A. (2012). Constats et défis à relever en matière d'intégration et d'interdisciplinarité : Résultats partiels d'une recension d'écrits. *McGill Journal of Education / Revue des sciences de l'éducation de McGill*, 47(2), 193-212. <https://doi.org/10.7202/1013123ar>
- Sanders, M. E. (2009). STEM, STEM Education, STEMmania. *The Technology Teacher*, 20-26.
- Sarrica, M., Alecci, E., Passafaro, P., Rimano, A., & Mazzara, B. M. (2019). The social representations of cycling practices: An analysis of symbolic, emotional, material and bodily components, and their implication for policies. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 64, 119-132. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2019.04.019>
- Savery, J. R. (2006). Overview of Problem-based Learning: Definitions and Distinctions. *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning*, 1(1). <https://doi.org/10.7771/1541-5015.1002>
- Schenk Jr., T., Rethwisch, D., Chapman, M., Santos Laanan, F., Starobin, S. S., & Zhang, L. (2011). Achievement outcomes of Project Lead the Way: A study of the impact of PLTW in Iowa.
- Schwandt, T. A., Lincoln, Y. S., & Guba, E. G. (2007). Judging interpretations But is it rigorous? trustworthiness and authenticity in naturalistic evaluation. *New Directions for Evaluation*, 114, 11-25.
<https://doi.org/10.1002/ev.223>
- Seron, C., Silbey, S. S., Cech, E., & Rubineau, B. (2016). Persistence Is Cultural: Professional Socialization and the Reproduction of Sex Segregation. *Work and Occupations*, 43(2), 178-214.
<https://doi.org/10.1177/0730888415618728>
- Shehab, R. L., Walden, S. E., & Wellborn, E. E. (2015). *Motivating factors for choosing engineering as reported by racial and ethnic minority students*. 122nd ASEE Annual Conference & Exposition, Seattle, WA.

- Sheppard, S., Colby, A., Macatangay, K., & Sullivan, W. (2006). What is Engineering Practice? *International Journal of Engineering Education*, 22(3), 429-438.
- Sheppard, S., Gilmartin, S., Chen, H. L., Donaldson, K., Lichtenstein, G., Eris, Ö., Lande, M., & Toye, G. (2010). *Exploring the Engineering Student Experience: Findings from the Academic Pathways of People Learning Engineering Survey (APPLES)*. Center for the Advancement of Engineering Education.
- Shulman, L. S. (1986). Those Who Understand: Knowledge Growth in Teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4-14. <https://doi.org/10.3102/0013189X015002004>
- Sias, C. M., Nadelson, L. S., Juth, S. M., & Seifert, A. L. (2017). The best laid plans: Educational innovation in elementary teacher generated integrated STEM lesson plans. *The Journal of Educational Research*, 110(3), 227-238. <https://doi.org/10.1080/00220671.2016.1253539>
- Simpson, E., Bradley, D., & O'Keeffe, J. (2018). Failure is an option: An innovative engineering curriculum. *International Journal of Building Pathology and Adaptation*, 36(3), 268-282. <https://doi.org/10.1108/IJBPA-10-2017-0046>
- Smith Engineering News. (2021, septembre 24). *Queen's Faculties of Engineering and Education partner to lead the way in STEM literacy for children*. Queen's University. <https://smithengineering.queensu.ca/news/2021/09/queens-faculties-of-engineering-and-education-partner-for-youth-STEM-literacy.html>
- Smith, K. A., Douglas, T. C., & Cox, M. F. (2009). Supportive teaching and learning strategies in STEM education. *New Directions for Teaching and Learning*, 117, 19-32. <https://doi.org/10.1002/tl.341>
- Society of Women Engineers. (2022, avril 21). *HeForSWE Spotlight: Professionals and Male Allies*. All Together. <https://alltogether.swe.org/2022/04/heforswe-spotlight-professionals-and-male-allies/>
- Stahl, N. A., & King, J. R. (2020). Expanding approaches for research: Understanding and using trustworthiness in qualitative research. *Journal of Developmental Education*, 44(1), 26-28.
- Stapleton, S. R. (2022). Where am I in STEM? Critiquing STEM Through Lived Experience as a Science Education Researcher. *Critical Education*, 13(1), 98-107. <https://doi.org/10.14288/ce.v13i1.186466>
- Statistique Canada. (2019, septembre 17). *Projections démographiques pour le Canada (2018 à 2068), les provinces et les territoires (2018 à 2043)* [Gouvernement du Canada]. https://publications.gc.ca/collections/collection_2020/statcan/91-520-x2019001-fra.pdf
- Statistique Canada. (2022a, octobre 26). La population transgenre et non binaire du Canada : Outil de visualisation des données [Gouvernement du Canada]. Gouvernement du Canada. <https://www150.statcan.gc.ca/n1/pub/71-607-x/71-607-x2022021-fra.htm>

- Statistique Canada. (2022b, novembre 22). *Effectifs des universités selon le domaine d'études détaillé, l'établissement, et les caractéristiques du programme et de l'étudiant*.
<https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/fr/tv.action?pid=3710023403>
- Stehle, S. M., & Peters-Burton, E. E. (2019). Developing student 21st Century skills in selected exemplary inclusive STEM high schools. *International Journal of STEM Education*, 6(1), 39.
<https://doi.org/10.1186/s40594-019-0192-1>
- Sternberg, R. (2007). Creativity as a habit. Dans A.-G. Tan (Éd.), *Creativity: A Handbook for Teachers*. World Scientific. <https://doi.org/10.1142/6211>
- Stohlmann, M., Moore, T., & Roehrig, G. (2012). Considerations for Teaching Integrated STEM Education. *Journal of Pre-College Engineering Education Research (J-PEER)*, 2(1).
<https://doi.org/10.5703/1288284314653>
- Stretch, E. J., & Roehrig, G. H. (2021). Framing Failure : Leveraging Uncertainty to Launch Creativity in STEM Education. *International Journal of Learning and Teaching*, 7(2), 123-133.
<https://doi.org/10.18178/ijlt.7.2.123-133>
- Stubbs, E., & Myers, B. (2016). Part of What We Do : Teacher Perceptions of STEM Integration. *Journal of Agricultural Education*, 57(3), 87-100. <https://doi.org/10.5032/jae.2016.0308>
- Subramaniam, K., Harrell, P. E., & Wojnowski, D. (2013). Analyzing prospective teachers' images of scientists using positive, negative and stereotypical images of scientists. *Research in Science & Technological Education*, 31(1), 66-89. <https://doi.org/10.1080/02635143.2012.742883>
- Supovitz, J. A., & Turner, H. M. (2000). The effects of professional development on science teaching practices and classroom culture. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(9), 963-980.
- Tai, R. H., Qi Liu, C., Maltese, A. V., & Fan, X. (2006). Planning Early for Careers in Science. *Science*, 312(5777), 1143-1144. <https://doi.org/10.1126/science.1128690>
- Takeuchi, M. A., Sengupta, P., Shanahan, M.-C., Adams, J. D., & Hachem, M. (2020). Transdisciplinarity in STEM education : A critical review. *Studies in Science Education*, 56(2), 213-253.
<https://doi.org/10.1080/03057267.2020.1755802>
- TeachEngineering. (s. d.-a). *Engineering Design Process*. University of Colorado Boulder.
<https://www.teachengineering.org/k12engineering/designprocess>
- TeachEngineering. (s. d.-b). *What is Engineering?* <https://www.teachengineering.org/k12engineering/what>
- Techio, E. M., Gonçalves, J. P., & Costa, P. N. (2016). Social Representation of Sustainability in Civil Construction Among College Students. *Ambiente & Sociedade*, XIX(2), 187-204.
- Thomas, J. W. (2000). *A review of research on project-based learning*. Autodesk Foundation.

- Thompson Rivers University. (s. d.). *Bachelor of Education (Secondary) STEM*. Thompson Rivers University - Education and Social Work. <https://www.tru.ca/edsw/schools-and-departments/education/bachelor-of-education-secondary-stem.html?utm>
- Thompson, S., & Lyons, J. (2008). Engineers in the Classroom: Their Influence on African-American Students' Perceptions of Engineering. *School Science and Mathematics*, 108(5), 197-211. <https://doi.org/10.1111/j.1949-8594.2008.tb17828.x>
- Tien Long, N., Thi Hoang Yen, N., & Van Hanh, N. (2020). The Role of Experiential Learning and Engineering Design Process in K-12 STEM Education. *International Journal of Education and Practice*, 8(4), 720-732. <https://doi.org/10.18488/journal.61.2020.84.720.732>
- Tillman, D. (2013). *Implications of Problem Based Learning (PBL) in Elementary Schools Upon the K-12 Engineering Education Pipeline*. 23.709.1-23.709.14. <https://peer.asee.org/implications-of-problem-based-learning-pbl-in-elementary-schools-upon-the-k-12-engineering-education-pipeline>
- Tran, N. A., & Nathan, M. J. (2010). Pre-College Engineering Studies : An Investigation of the Relationship Between Pre-college Engineering Studies and Student Achievement in Science and Mathematics. *Journal of Engineering Education*, 99(2), 143-157. <https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2010.tb01051.x>
- Ucar, S. (2012). How Do Pre-Service Science Teachers' Views on Science, Scientists, and Science Teaching Change Over Time in a Science Teacher Training Program? *Journal of Science Education and Technology*, 21(2), 255-266. <https://doi.org/10.1007/s10956-011-9311-6>
- UNESCO. (2017). *Cracking the code: Girls' and women's education in science, technology, engineering and mathematics* (STEM). <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000253479>
- Université de Sherbrooke. (s. d.). *Baccalauréat en enseignement au secondaire. Programmes et admission*. <https://www.usherbrooke.ca/admission/programme/292/baccalaureat-en-enseignement-au-secondaire>
- Université d'Ottawa. (s. d.). *edstudiO*. Faculté d'éducation. Consulté 21 juillet 2025, à l'adresse <https://www.uottawa.ca/faculte-education/edstudio>
- Université Laval. (2025). *Enseignement au secondaire—Sciences et technologie*. Programmes. https://www.ulaval.ca/etudes/programmes/baccalaureat-en-enseignement-au-secondaire-sciences-et-technologie?utm_source=chatgpt.com#section-structure
- Van Overschelde, J. P. (2013). Project Lead The Way Students More Prepared For Higher Education. *American Journal of Engineering Education (AJEE)*, 4(1), 1-12. <https://doi.org/10.19030/ajee.v4i1.7854>

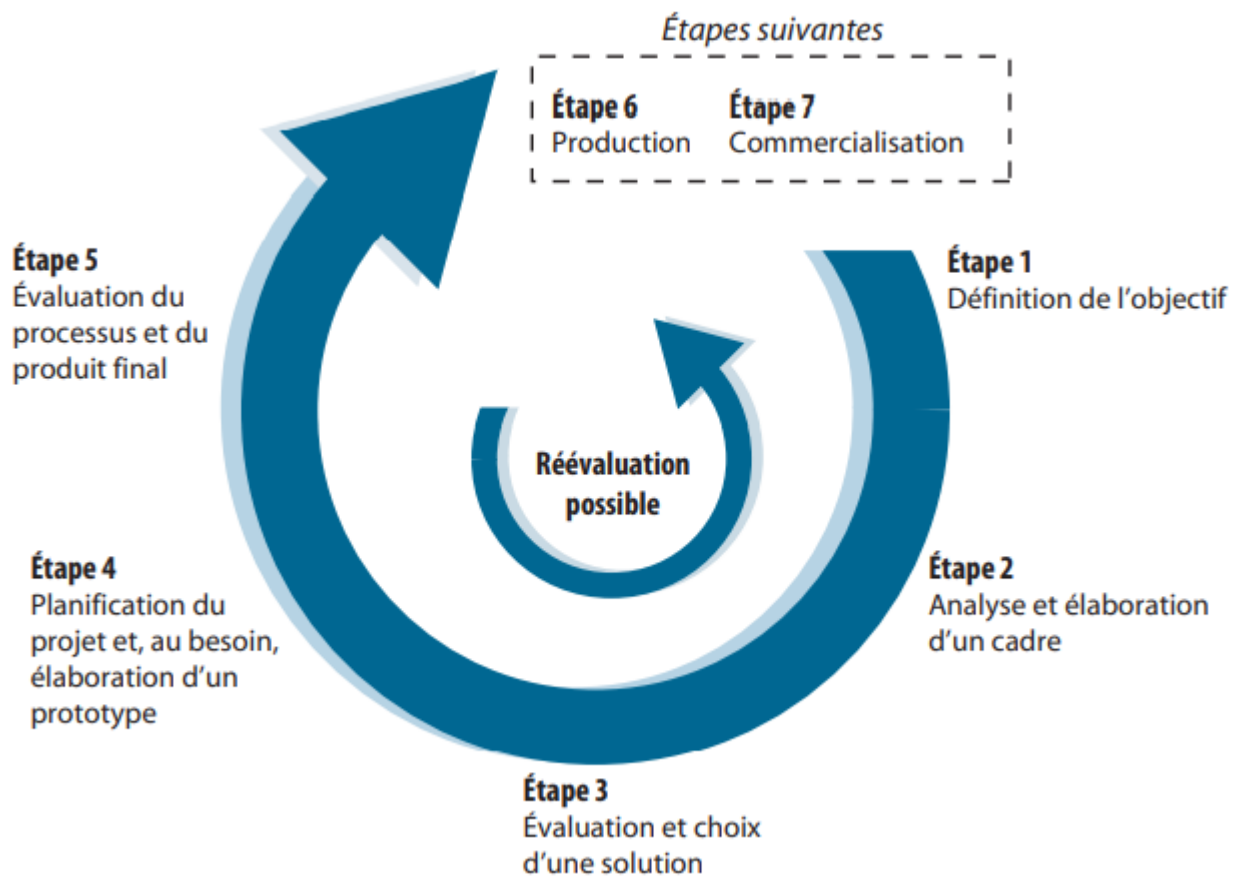
- Vangrieken, K., Meredith, C., Packer, T., & Kyndt, E. (2017). Teacher communities as a context for professional development: A systematic review. *Teaching and Teacher Education*, 61, 47-59. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2016.10.001>
- Venet, M., Correa Molina, E., & Saussez, F. (2016). Pédagogie universitaire et accompagnement dans la zone proximale de développement des enseignants et enseignantes en formation initiale et continue. *Nouveaux cahiers de la recherche en éducation*, 19(1), 1. <https://doi.org/10.7202/1040660ar>
- Verma, A. (2011). *Attracting K-12 Students towards Engineering Disciplines with Project-Based Learning Modules*. 2011 ASEE Annual Conference & Exposition Proceedings, 22.265.1-22.265.12. <https://doi.org/10.18260/1-2--17546>
- Viau, R. (2004). *La motivation : Condition au plaisir d'apprendre et d'enseigner en contexte scolaire*. 17. https://projetadef.files.wordpress.com/2011/12/la_motivation.pdf
- Vygotsky, L. S. (1978). Mind in society: The development of higher psychological processes. *Harvard University Press*.
- Walker III, W. S. (2017). *Integrated STEM or Integrated STEM? School Science and Mathematics*, 117(6), 225-227. <https://doi.org/10.1111/ssm.12234>
- Walls, L. (2012). Third grade African American students' views of the nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 49(1), 1-37. <https://doi.org/10.1002/tea.20450>
- Wang, H.-H., & Knobloch, N. A. (2018). Levels of STEM Integration through Agriculture, Food, and Natural Resources. *Journal of Agricultural Education*, 59(3), Article 3. <https://doi.org/10.5032/jae.2018.03258>
- Wang, M.-T., & Degol, J. L. (2016). Gender Gap in Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) : Current Knowledge, Implications for Practice, Policy, and Future Directions. *Educational Psychology Review*, 29, 119-140.
- Wang, X. (2013). Why Students Choose STEM Majors: Motivation, High School Learning, and Postsecondary Context of Support. *American Educational Research Journal*, 50(5), 1081-1121. <https://doi.org/10.3102/0002831213488622>
- Watson, M. K., Ghanat, S. T., Michalaka, D., Bower, K., & Welch, R. W. (2015). *Why Do Students Choose Engineering? Implications for First-Year Engineering Education*. 7th First Year Engineering Experience (FYEE) Conference, Roanoke, VA. <http://fyee.asee.org/FYEE2015/papers/5113.pdf>
- Wigfield, A., & Eccles, J. S. (2000). Expectancy-Value Theory of Achievement Motivation. *Contemporary Educational Psychology*, 25, 68-81.
- Wilfrid Laurier University. (2019, décembre 18). *How will STEM Jobs Grow in the Future?* <https://online.wlu.ca/news/2019/12/18/how-will-stem-jobs-grow-future>

- Wiswall, M., Stiefel, L., Schwartz, A. E., & Boccardo, J. (2014). Does attending a STEM high school improve student performance? Evidence from New York City. *Economics of Education Review*, 40, 93-105. <https://doi.org/10.1016/j.econedurev.2014.01.005>
- Yaşar, Şe., Baker, D., Robinson-Kurpius, S., Krause, S., & Roberts, C. (2006). Development of a Survey to Assess K-12 Teachers' Perceptions of Engineers and Familiarity with Teaching Design, Engineering, and Technology. *Journal of Engineering Education*, 95(3), 205-216. <https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2006.tb00893.x>
- Yata, C., Ohtani, T., & Isobe, M. (2020). Conceptual framework of STEM based on Japanese subject principles. *International Journal of STEM Education*, 7(1), 12. <https://doi.org/10.1186/s40594-020-00205-8>
- York University. (2025). *Bachelor of Education (BEd)—Technological Education*. Faculty of Education. <https://www.yorku.ca/edu/students/bachelor-of-education-bed-technological-education-faculty-of-education/>
- Zeidler, D. L. (2016). STEM education: A deficit framework for the twenty first century? A sociocultural socioscientific response. *Cultural Studies of Science Education*, 11(1), 11-26. <https://doi.org/10.1007/s11422-014-9578-z>
- Zucker Family School of Education. (2025). *Interdisciplinary STEM Education*, M.Ed. <https://www.citadel.edu/education/graduate-programs/med-stem/>

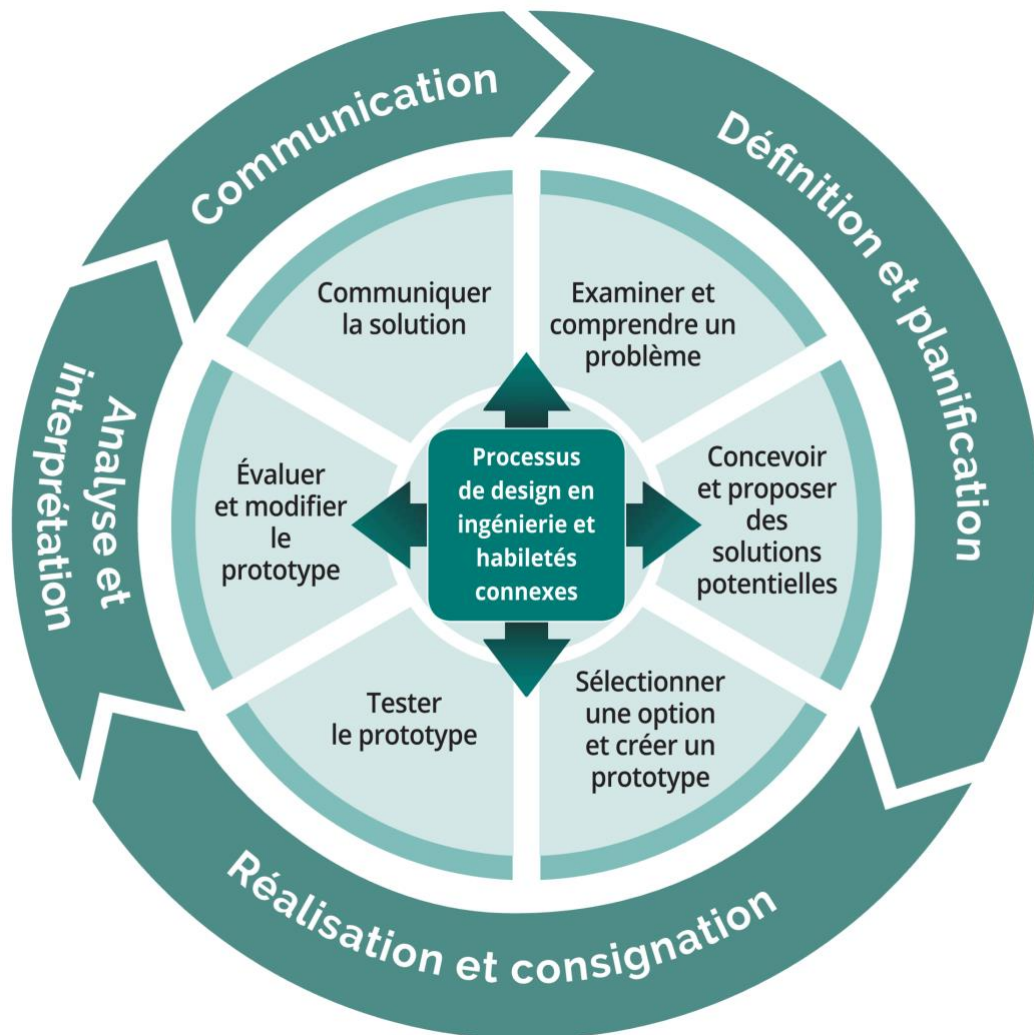
Annexes

Annexe 1 – Processus de design en éducation technologique et en sciences

Le modèle du processus de design, tel que décrit dans le curriculum de l'Ontario, 11^e et 12^e année, Éducation technologique (Ministère de l'Éducation de l'Ontario, 2009, p. 29)



Le modèle du processus de design, tel que décrit dans le curriculum de l'Ontario, 9^e année, Sciences (Ministère de l'Éducation de l'Ontario, 2022)



Annexe 2 – Processus de design en ingénierie

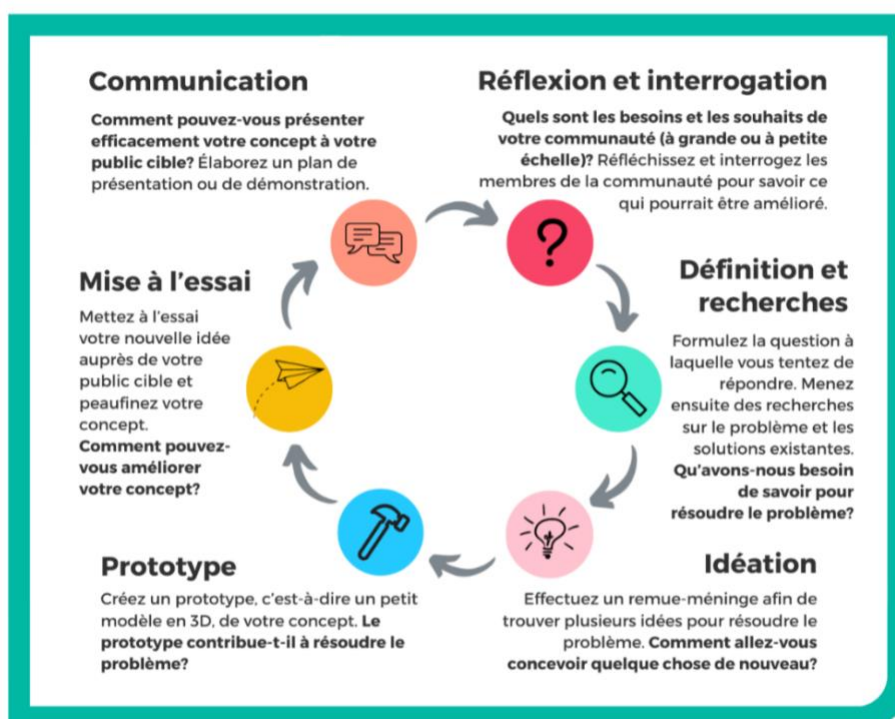
Le processus de design utilisé par les spécialistes en ingénierie pour résoudre un problème à multiples solutions (Actua, 2023).¹⁹



Processus de design en ingénierie

Le processus de design est une démarche de résolution de problèmes axé sur la créativité et la satisfaction des besoins des personnes. Il s'agit d'un moyen collaboratif de trouver des solutions aux problèmes sociétaux.

Commencez par « Réfléchir et consulter ». Vous pouvez parcourir le processus de design dans n'importe quelle direction autant de fois que vous le souhaitez avant d'obtenir un produit final !



¹⁹ Partagé avec la permission de Jenifer Spencer, la vice-présidente de sensibilisation et d'éducation à Actua.

Annexe 3 – Nombre d'inscriptions au premier cycle en ingénierie au Canada

Le tableau ci-dessous offre le nombre total d'inscriptions dans un programme de premier cycle en ingénierie au Canada, ainsi que le nombre de personnes s'identifiant comme des femmes pour chaque année entre 1997 et 2021.

Année	Nombre total d'inscriptions	Nombre de femmes inscrites	Pourcentage de femmes inscrites
1997	41 964	8099	19,3
1998	44 005	8493	19,3
1999	44 743	9217	20,6
2000	47 099	9561	20,3
2001	49 510	10 199	20,6
2002	52 543	10 456	19,9
2003	54 286	10 423	19,2
2004	55 005	10 011	18,2
2005	54 862	9546	17,4
2006	53 429	9350	17,5
2007	55 965	9682	17,3
2008	57 255	9797	17,1
2009	58 872	10 199	17,3
2010	61 505	11 032	17,9
2011	65 468	11 678	17,8
2012	69 549	12 704	18,3
2013	72 338	13 778	19,0
2014	75 657	14 468	19,1
2015	81 287	16 340	20,1
2016	83 302	17 481	21,0
2017	82 472	17 981	21,8
2018	89 242	19 633	22,0
2019	88 273	20 656	23,4
2020	90 311	21 855	24,2
2021	100 638	23 319	23,2

Annexe 4 – Certificat d'éthique

27/11/2023

Université d'Ottawa

Bureau d'éthique et d'intégrité de la recherche

University of Ottawa

Office of Research Ethics and Integrity

CERTIFICAT D'APPROBATION ÉTHIQUE | CERTIFICATE OF ETHICS APPROVAL**Numéro du dossier / Ethics File Number**

S-10-22-8561

Titre du projet / Project TitleReprésentations sociales des
personnes en ingénierie, de la
profession d'ingénierie, et de
l'enseignement de l'ingénierie**Type de projet / Project Type**Thèse de doctorat / Doctoral
thesis**Statut du projet / Project Status**

Renouvelé / Renewed

Date d'approbation (jj/mm/aaaa) / Approval Date (dd/mm/yyyy)

21/12/2022

Date d'expiration (jj/mm/aaaa) / Expiry Date (dd/mm/yyyy)

20/12/2024

Équipe de recherche / Research Team**Chercheur /
Researcher****Affiliation****Role**

Janelle FOURNIER

Faculté d'éducation / Faculty of Education

Chercheur Principal / Principal
InvestigatorDonatille
MUJAWAMARIYA

Faculté d'éducation / Faculty of Education

Superviseur / Supervisor

Catherine MAVRIPLIS

Département de génie mécanique / Department of Mechanical
Engineering

Co-superviseur / Co-supervisor

Conditions spéciales ou commentaires / Special conditions or comments

Annexe 5 – Texte de recrutement pour nos contacts personnels

Ce texte a été envoyé à nos contacts professionnels pour leur demander s'il y a intérêt à participer à l'étude.

Bonjour,

Comme vous le savez bien, je travaille présentement sur mon doctorat en éducation à l'Université d'Ottawa. Mon étude intitulée « Représentations sociales des personnes en ingénierie, de la profession d'ingénierie, et de l'enseignement de l'ingénierie : une étude qualitative du personnel enseignant de sciences et de mathématiques dans les écoles secondaires de langue française en Ontario » est maintenant au stade de collecte de données.

Je vous écris pour savoir si vous seriez intéressé à participer à cette étude. L'objectif général de l'étude est d'appréhender les représentations que le personnel enseignant de sciences et de mathématiques se fait de la profession d'ingénierie, des personnes œuvrant en ingénierie et de l'enseignement de l'ingénierie au palier secondaire.

En tant que personne participante à cette étude, vous serez invitée à prendre part à une entrevue d'environ une heure sur Zoom ou en présentiel (si les circonstances de la COVID-19 le permettent et si vous vous trouvez dans les régions d'Ottawa ou de Niagara). Veuillez noter que la participation à cette étude est volontaire et vous pouvez vous retirer à tout moment.

Pour participer à cette étude, nous demandons que vous vous identifiiez comme une personne enseignante dans une école secondaire de langue française de l'Ontario ; que vous détenez un brevet d'enseignement de l'Ontario; et que vous enseignez la majorité de leurs cours en sciences ou en mathématiques. Veuillez noter que la participation à cette étude se fait selon le principe du premier arrivé, premier servi.

Si vous avez un intérêt de participer à une entrevue, veuillez m'envoyer un courriel. Je vous ferai parvenir un formulaire de consentement avec plus de détails.

Si à cette étape vous avez des questions, n'hésitez pas à me communiquer. Vous pouvez me contacter pour des questions sans que ça oblige un engagement de votre part. Vous pouvez également joindre mes superviseuses de thèse :

- Donatille Mujawamariya
- Catherine Mavriplis

Bien sûr, ne vous sentez pas obligé de répondre à ce message.

Veuillez agréer mes sentiments les plus distingués,

Janelle Fournier
Candidate au doctorat
Faculté d'éducation, Université d'Ottawa

Annexe 6 – Affiche de recrutement sur les réseaux sociaux

Participez à une étude!

Personnel enseignant de sciences et de maths au secondaire en Ontario

L'étude cherche à appréhender vos représentations de l'ingénierie.

Prendre part à une **entrevue d'environ une heure** sur Zoom ou en présentiel.

Contactez Janelle Fournier pour participer



uOttawa

Ce projet a reçu l'approbation éthique du Comité d'éthique de la recherche de l'Université d'Ottawa.

Annexe 7 – Texte de recrutement pour les personnes intéressées par l'étude

Ce texte a été envoyé aux personnes qui nous ont contactés par courriel après avoir vu le message sur les réseaux sociaux ou qui ont été intéressées par l'étude après avoir été contactées par l'un de nos contacts professionnels.

Bonjour,

Nous vous remercions de l'intérêt que vous portez à notre étude intitulée « Représentations sociales des personnes en ingénierie, de la profession d'ingénierie, et de l'enseignement de l'ingénierie : une étude qualitative du personnel enseignant de sciences et de mathématiques dans les écoles secondaires de langue française en Ontario ».

L'objectif général de l'étude est d'appréhender les représentations que le personnel enseignant de sciences et de mathématiques se fait de la profession d'ingénierie, des personnes œuvrant en ingénierie et de l'enseignement de l'ingénierie au palier secondaire.

En tant que personne participante à cette étude, vous serez invitée à prendre part à une entrevue d'environ une heure sur Zoom ou en présentiel (si les circonstances de la COVID-19 le permettent et que vous vous trouvez dans les régions d'Ottawa ou de Niagara). Veuillez noter que la participation à cette étude est volontaire et vous pouvez vous retirer à tout moment.

Pour participer à cette étude, nous demandons que vous vous identifiiez comme une personne enseignante dans une école secondaire de langue française de l'Ontario; que vous détenez un brevet d'enseignement de l'Ontario; et que vous enseigniez la majorité de vos cours en sciences ou en mathématiques. Veuillez noter que la participation à cette étude se fait selon le principe du premier arrivé, premier servi.

Pour nous faire part de votre intérêt à participer à une entrevue, veuillez m'envoyer un courriel. Je vous ferai parvenir un formulaire de consentement avec plus de détails.

Si à cette étape vous avez des questions, n'hésitez pas à me communiquer. Vous pouvez me contacter pour des questions sans que ça oblige un engagement de votre part. Vous pouvez également joindre mes superviseuses de thèse :

- Donatille Mujawamariya
- Catherine Mavriplis

Merci d'appuyer cette recherche importante.

Veuillez agréer mes sentiments les plus distingués,

Janelle Fournier
Candidate au doctorat
Faculté d'éducation, Université d'Ottawa

Annexe 8 – Formulaire de consentement

Titre du projet de thèse de doctorat : Représentations sociales des personnes en ingénierie, de la profession d'ingénierie et de l'enseignement de l'ingénierie : une étude qualitative du personnel enseignant de sciences et de mathématiques dans les écoles secondaires de langue française en Ontario.

Chercheure :
Janelle Fournier
Candidate au doctorat
Faculté d'éducation, Université d'Ottawa

Directrices de thèse :

Donatille Mujawamariya
Professeure titulaire
Faculté d'éducation, Université d'Ottawa

Catherine Mavriplis
Professeure titulaire
Faculté de génie, Université d'Ottawa

Invitation à participer : Je vous invite à participer à la recherche doctorale nommée ci-haut qui est menée par Janelle Fournier, sous la supervision de la professeure Donatille Mujawamariya et de la professeure Catherine Mavriplis.

But de l'étude : Le but général de l'étude est d'appréhender les représentations que le personnel enseignant de sciences et de mathématiques se fait de la profession d'ingénierie, des personnes œuvrant en ingénierie et de l'enseignement de l'ingénierie au palier secondaire dans les écoles de langue française en Ontario.

Participation : Votre participation consistera essentiellement en un entretien individuel sur Zoom. La durée est d'environ 30 minutes pendant lesquelles on vous posera des questions démographiques et des questions relatives à la profession d'ingénierie et à l'intégration de l'ingénierie dans les salles de classe en Ontario. L'entretien sera enregistré en audio seulement. Nous vous demanderons également de faire un dessin. Nous prendrons une photo ou une capture d'écran de votre dessin.

La date et l'heure de l'entretien seront déterminées selon vos préférences et votre disponibilité. Si vous avez des questions sur l'étude, vous pourrez les poser par e-mail ou nous pourrions organiser une première rencontre sur Zoom à un moment qui vous convient. Sinon, nous pouvons répondre à toutes vos questions avant de commencer votre entretien. Veuillez noter qu'une fois que nous aurons répondu à ces questions, vous pourrez toujours vous retirer de l'étude.

Risques : Vous comprenez que votre participation à cette recherche implique que vous partagez des informations démographiques et des représentations face à l'ingénierie. Vous avez l'assurance de la chercheuse qu'elle fera son possible pour vous faire sentir à l'aise en participant à cette étude : vous pouvez en tout temps refuser de répondre à certaines questions, vous avez la possibilité de vous retirer de l'étude à tout moment sans conséquences négatives, et la chercheuse utilisera des pseudonymes pour protéger votre identité.

Les risques associés à votre participation sont minimes. Un inconfort possible serait un malaise lors du partage des connaissances en matière d'ingénierie. Toutefois, dans le cas où un tel malaise se ferait sentir pendant ou après l'entretien, vous pourrez recourir à l'une ou l'autre des mesures suivantes : prendre une pause au cours de l'entretien, reprendre l'entretien en un autre moment, terminer l'entretien et,

possiblement, vous retirer de la recherche, consulter des ressources de soutien pour discuter plus longuement de la situation vécue avec une personne intervenante spécialisée.

Bienfaits : Votre participation à cette étude aidera à comprendre les représentations que le personnel enseignant se fait des personnes en ingénierie, de la profession d'ingénierie et de l'enseignement de l'ingénierie. Cette information est importante pour que les universitaires puissent appuyer davantage le personnel enseignant dans l'intégration de l'enseignement de l'ingénierie en classe.

Confidentialité et anonymat : Vous avez l'assurance de la chercheuse que l'information que vous partagerez avec elle demeurera strictement confidentielle et que le contenu, ainsi que les photos et les captures d'écrans des dessins ne seront utilisés que pour la thèse de doctorat et des formes de diffusion telles que des présentations (à la Faculté d'éducation ou à des congrès), des articles de revues, et ce, selon le respect de la confidentialité : les appareils électroniques contenant des données de recherche seront sécurisés en tout temps et les copies papier conservées sous clé. Les fichiers contenant des données électroniques seront tous protégés en prenant des mesures raisonnables par un mot de passe et les ordinateurs seront équipés de protections techniques telles que des pare-feux, des logiciels antivirus et des systèmes de cryptage. En passant une entrevue en ligne, il est possible que quelqu'un de votre entourage entende vos propos. Il est donc important de planifier l'entrevue dans un endroit qui vous assure un minimum d'intimité.

L'anonymat est garanti de la façon suivante : l'utilisation de pseudonymes dans la dissertation présentée à la Faculté d'éducation et dans toutes les formes de diffusion (par exemple, des présentations à la faculté ou aux congrès et des articles de revues).

Conservation des données : Les données recueillies, y compris les enregistrements audio, les photos et les captures d'écran des dessins et les transcriptions des entretiens, ainsi que des notes et tout autre document (sur papier ou électronique), seront conservées en prenant des mesures sécuritaires raisonnables. Pendant la période de conservation, les données physiques (les dessins et les notes) et les documents de recherche seront gardés dans une armoire fermée à clé dans le bureau à domicile de la chercheuse. Les données électroniques (les formulaires de consentement, les enregistrements audio et les transcriptions des entretiens) seront sauvegardées sur des ordinateurs protégés par un mot de passe dans le bureau à domicile de la chercheuse. La chercheuse va conserver les données pendant une période de cinq ans. Une copie électronique de toutes les données collectées tout au long de l'étude sera également sauvegardée sur un disque dur externe protégé par un mot de passe - conservé dans une armoire fermée à clé dans le bureau à domicile de la chercheuse. Une deuxième copie électronique des données collectées sera conservée sur une clé USB dans une armoire fermée à clé dans le bureau de la professeure Donatille Mujawamariya. Ceci afin de garantir qu'en cas d'incendie, les données seront accessibles.

Participation volontaire : Votre participation à la recherche est volontaire et vous êtes libre de vous retirer en tout temps ou de refuser de répondre à certaines questions, sans subir de conséquences négatives. Si vous choisissez de vous retirer de l'étude, les données recueillies jusqu'à ce moment seront déchiquetées en toute sécurité et supprimées de manière sécurisée des ordinateurs et du disque dur externe.

Pour tout renseignement additionnel concernant cette étude ou toute question, vous pouvez communiquer avec la chercheuse.

Janelle Fournier, Candidate au doctorat, Faculté d'éducation, Université d'Ottawa.

Pour tout renseignement sur les aspects éthiques de cette recherche, vous pouvez vous adresser à la personne responsable de l'éthique en recherche, Université d'Ottawa, Pavillon Tabaret, 550, rue Cumberland, pièce 154, (613) 562-5387 ou ethics@uottawa.ca.

Nous en sommes très reconnaissante de votre contribution à cette étude !

Veuillez agréer mes sentiments les plus distingués,

Janelle Fournier, la chercheuse

Si vous souhaitez participer à cette étude, veuillez remplir le formulaire Google. Votre réponse à la question (Acceptation) sera interprétée comme une indication de votre consentement à participer.

Veuillez noter que le formulaire Google est configuré de telle sorte qu'une fois soumis, une copie sera envoyée à votre adresse électronique. Vous êtes encouragé à conserver ce courriel pour vos dossiers.

Annexe 9 – Questions démographiques

Nom : ***Cliquez ou appuyez ici pour entrer du texte.***

Date d'entrevue : ***Cliquez ou appuyez ici pour entrer du texte.***

L'entrevue a été menée :

- ☐ en présentiel
- ☐ par Zoom
- ☐ autre : ***Cliquez ou appuyez ici pour entrer du texte.***

À quel genre vous identifiez-vous ?

- ☐ Agenre
- ☐ De genre queer ou non binaire
- ☐ Femme
- ☐ Homme
- ☐ Je préfère ne pas répondre
- ☐ Non spécifié ci-dessus, veuillez préciser si vous le souhaitez : ***Cliquez ou appuyez ici pour entrer du texte.***

Quels sont vos pronoms d'usage? P. ex. : elle, iel, il, yel. Cela nous aide à savoir la meilleure façon de nous adresser à vous.

Cliquez ou appuyez ici pour entrer du texte.

Quel est votre groupe d'âge ?

- ☐ 18-24
- ☐ 25-34
- ☐ 35-44
- ☐ 45-54
- ☐ 55-64
- ☐ 65 ans ou plus

Dans quelle ville travaillez-vous ?

Cliquez ou appuyez ici pour entrer du texte.

Quel est le plus haut diplôme ou niveau d'études que vous avez terminé ? Si actuellement inscrit, le plus haut degré reçu.

- ☐ Baccalauréat
- ☐ Maîtrise
- ☐ Doctorat
- ☐ Autre : ***Cliquez ou appuyez ici pour entrer du texte.***

Quelle est la discipline de votre baccalauréat?

Cliquez ou appuyez ici pour entrer du texte.

En comptant l'année scolaire en cours, depuis combien d'années enseignez-vous ?

Cliquez ou appuyez ici pour entrer du texte.

Avez-vous déjà suivi des cours d'ingénierie au postsecondaire?

Si la réponse est oui, veuillez indiquer le nombre de cours? **Cliquez ou appuyez ici pour entrer du texte.**

Et le(s) titre(s) du ou des cours? **Cliquez ou appuyez ici pour entrer du texte.**

Dans quelles disciplines sont offerts la majorité de vos cours?

☐ Mathématiques

☐ Sciences

☐ Autre : **Cliquez ou appuyez ici pour entrer du texte.**

Quelles années enseignez-vous (cochez toutes les cases qui s'appliquent) ?

☐ 9^e année

☐ 10^e année

☐ 11^e année

☐ 12^e année

☐ Autre : **Cliquez ou appuyez ici pour entrer du texte.**

Connaissez-vous des personnes qui travaillent en ingénierie ?

☐ Oui

☐ Non

☐ Peut-être

Annexe 10 – Questions d'entretien

Partie 1 – Représentation visuelle d'une personne en ingénierie

Veillez dessiner une personne qui travaille en ingénierie. Si vous le préférez, veuillez décrire cette personne sur papier. (Permettre le temps qu'il leur faut pour terminer le dessin).

Une fois que les personnes participantes ont terminé :

1. Pourriez-vous m'expliquer ce que vous avez dessiné ou écrit ?
2. Que fait cette personne ?
3. Quel âge a cette personne ?
4. Quel est son genre ?
5. Où est-ce que cette personne travaille ?

Partie 2 – La profession d'ingénierie

6. Qu'est-ce que l'ingénierie ?
7. Quel est le rôle de l'ingénierie dans la société ? Veuillez expliquer.
 - L'ingénierie est-elle importante pour l'avancement de la société ? (*si nécessaire pour pousser la réflexion)
8. Qui devrait étudier et travailler en ingénierie ?
9. Quelles sont les caractéristiques d'une personne qui réussit bien en ingénierie ?
10. Connaissez-vous déjà le processus de design (aussi appelé conception technologique et processus de conception)?
 - Si oui, pouvez-vous décrire ce processus ?
11. Pensez-vous avoir une compréhension complète de l'ingénierie ?

Partie 3 – L'ingénierie dans la salle de classe

12. Avez-vous déjà demandé à vos élèves de concevoir, de créer ou de construire quelque chose ?
13. Avez-vous déjà intégré l'ingénierie dans vos cours de sciences ou de mathématiques ?
 - Si oui, comment avez-vous procédé ?
 - Sinon, pourquoi ?
14. L'ingénierie a-t-elle une place dans les cours de mathématiques et de sciences au palier secondaire ? Pourquoi ?

15. Quels sont les obstacles lorsqu'on essaie d'intégrer l'ingénierie dans les cours de sciences et de mathématiques de la 9^e à la 12^e année ?
16. Quels appuis vous seraient nécessaires pour entreprendre un enseignement de l'ingénierie dans vos cours de sciences et mathématiques au secondaire ?

Annexe 11 – Tableau de catégories et thèmes émergents des entrevues semi-dirigés

Catégories	Thèmes
Définir l'ingénierie	• Résolution de problème • Application des maths et sciences • Conception et design • Production de biens, de services et de technologies • Innovation • Technologie • Différentes disciplines
Rôle de l'ingénierie dans la société	• Améliorer la vie • Lier les sciences à la société • Solutions pratiques • Tirer des profits • Mettre en place des projets • Programmation de robots
Qui devrait étudier et travailler en génie	• Personnes qui aiment résoudre des problèmes • Personnes qui s'intéressent • Toutes personnes • Les filles
Compétences et habiletés de personnes qui devraient s'orienter vers l'ingénierie	• Résolution de problèmes et pensée logique • Maîtrise des maths et sciences • Compétences en communication • Curiosité et créativité • Gestion du stress et résilience • Persévérance et patience • Connaissances interdisciplinaires • Attention portée aux détails • Collaboration
Connaissances du processus de design	• Bonne connaissance du processus de design • Connaissance partielle du processus de design • Connaissance limitée du processus de design • Processus itératif • Identification de problèmes et empathie • Collaboration • Similarité entre processus de design et méthode scientifique • Remue-méninge et recherche • Prototypage • Résolution de problèmes

Catégories	Thèmes
Compréhension du génie	• Compréhension complète du processus de design • Connaissances incomplètes ou limitées • Immensité et complexité de l'ingénierie • Nature évolutive de l'ingénierie • Expérience personnelle dans le génie • Spécialisation du génie
Activités de conception et de construction	• Intégration de technologie et de programmation • Créativité et réflexion lié à la conception • Application de concepts scientifiques • Application de connaissances scientifiques et mathématiques • Autonomie des élèves
Intégration de l'ingénierie en maths et sciences	• Technologie • Biologie • Chimie • Physique • Maths
Place de l'ingénierie dans les cours de maths et sciences	• Dans un cours séparé • Dans un cours de physique • Dans un cours de chimie • Dans les cours de maths • Contextualiser et concrétiser l'apprentissage • Aller rejoindre la diversité des élèves • Intérêt des élèves et des personnes enseignantes
Obstacles	• Temps • Complexité du génie • Connaissances en maths et sciences de la part des élèves • Ressources disponibles • Langue d'enseignement • Pandémie de Covid-19
Appuis nécessaires	• Ressources complètes • Formations professionnelles • Temps • Des personnes invitées pour rendre visite dans un cours • Des occasions de collaboration avec d'autres; un cours au baccalauréat en éducation • Des initiatives spécifiques pour les filles

Annexe 12 – Grille de codage remplie pour les activités faites par les personnes en ingénierie

Thèmes →	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Dessin et discussion #1	☒	☒							☒		
Discussion #2	☒	☒									
Dessin et discussion #3										☒	
Dessin et discussion #4	☒	☒		☒							☒
Dessin et discussion #5	☒	☒		☒					☒		☒
Dessin et discussion #6	☒	☒	☒	☒	☒		☒		☒		☒
Dessin et discussion #7		☒		☒						☒	☒
Dessin et discussion #8	☒										
Dessin et discussion #9		☒	☒								
Dessin et discussion #10	☒					☒					
Dessin et discussion #11	☒	☒	☒						☒	☒	
Dessin et discussion #12	☒	☒	☒				☒				
Discussion #13		☒						☒	☒	☒	
Dessin et discussion #14	☒	☒				☒			☒		
Total	10	11	4	4	1	2	2	1	6	4	4

Légende des activités :

- | | |
|---|--|
| 1. Construction et réparation | 7. Environnement et énergie |
| 3. Conception ou design | 8. Programmation |
| 4. Produits du génie mécanique | 9. Gestion de projets |
| 5. Produits de l'ingénierie civil | 10. Réflexion, résolution de problèmes |
| 6. Trains | 11. Travail d'équipe, collaboration |
| 7. Travail de laboratoire (ingénierie chimique) | |

Annexe 13 – Grille de codage remplie pour les lieux de travail des personnes en ingénierie

Lieu de travail →	1	2	3	4	5	6
Dessin et discussion #1		☒				
Discussion #2						☒
Dessin et discussion #3						☒
Dessin et discussion #4	☒	☒				
Dessin et discussion #5	☒					
Dessin et discussion #6		☒	☒	☒	☒	
Dessin et discussion #7	☒					
Dessin et discussion #8		☒		☒		
Dessin et discussion #9		☒			☒	
Dessin et discussion #10						☒
Dessin et discussion #11		☒				
Dessin et discussion #12	☒	☒				
Discussion #13		☒				
Dessin et discussion #14	☒	☒		☒		
Total	5	9	1	3	2	3

Légende des lieux de travail :

- | | |
|--------------------|-------------------|
| 1. Un chantier | 4. Dans une usine |
| 2. Au bureau | 5. Partout |
| 3. Dans une banque | 6. Pas discuté |

Annexe 14 – Grille de codage remplie pour l'âge des personnes en ingénierie

Âge →	1	2	3	4	5	6	7	8
Dessin et discussion #1	☒	☒	☒	☒	☒			
Discussion #2		☒	☒	☒				
Dessin et discussion #3			☒	☒				
Dessin et discussion #4		☒	☒	☒				
Dessin et discussion #5								☒
Dessin et discussion #6	☒	☒	☒	☒	☒	☒		☒
Dessin et discussion #7		☒	☒	☒	☒	☒		
Dessin et discussion #8		☒	☒	☒				
Dessin et discussion #9		☒						
Dessin et discussion #10							☒	
Dessin et discussion #11		☒						
Dessin et discussion #12							☒	
Discussion #13			☒	☒				
Dessin et discussion #14								☒
Total	2	8	8	8	3	2	2	3

Légende des âges :

1. 18 à 24 ans

2. 25 à 34 ans

3. 35 à 44 ans

4. 45 à 54 ans

5. 55 à 64 ans

6. 65+ ans

7. Pas discuté

8. Pas d'âge précis

Annexe 15 – Grille de codage remplie pour le genre des personnes en ingénierie

Genre →	1	2	3	Notes des transcriptions
Dessin et discussion #1			☒	N'importe qui peut être en ingénierie, mais historiquement il s'agit d'hommes.
Discussion #2			☒	L'ingénierie a longtemps été pensée comme une profession masculine, mais maintenant il y a plus de femmes dans le domaine.
Dessin et discussion #3			☒	
Dessin et discussion #4			☒	Si on représente la vie réelle : 2 des 3 ingénieurs sont des hommes et 1 des 3 est une femme.
Dessin et discussion #5		☒		Le dessin représente une femme avec les cheveux attachés.
Dessin et discussion #6			☒	Il y a une mention de « il » et « elle » dans la discussion.
Dessin et discussion #7			☒	Il y a encore beaucoup d'hommes en ingénierie. Cela va prendre du temps avant que la situation soit égale, même si l'intérêt est égal.
Dessin et discussion #8			☒	Dans un des dessins, la personne participante est explicitement la personne dans le dessin qui n'a pas de genre.
Dessin et discussion #9	☒			La personne dessinée ressemble à son père et à son copain.
Dessin et discussion #10		☒		
Dessin et discussion #11			☒	
Dessin et discussion #12			☒	La personne participante n'a pas inclus de genre, spécifiquement pour représenter tout le monde.
Discussion #13	☒			
Dessin et discussion #14			☒	La personne participante est explicite qu'il s'agit simplement d'une personne, sans distinction de genre.
Total	2	2	10	

Légende du genre :

1. Homme
2. Femme
3. Aucun

Annexe 16 – Grille de codage remplie pour les personnes connues en ingénierie

Personnes connues ? →	Oui	Non	Notes des transcriptions
Dessin et discussion #1	☒		
Discussion #2		☒	
Dessin et discussion #3		☒	
Dessin et discussion #4		☒	
Dessin et discussion #5		☒	
Dessin et discussion #6		☒	
Dessin et discussion #7		☒	
Dessin et discussion #8		☒	
Dessin et discussion #9	☒		Dessin représentant son père.
Dessin et discussion #10	☒		
Dessin et discussion #11		☒	
Dessin et discussion #12	☒		Oui, la personne même.
Discussion #13		☒	
Dessin et discussion #14	☒		Oui, la personne même.
Total	5	9	

Légende :

- Oui : Le dessin représente une personne connue.
- Non : Le dessin ne représente pas une personne connue.
- Notes : Observations supplémentaires sur les dessins ou les discussions.