Feuille de route pour l'adoption des technologies numériques

Accélérer la transformation numérique dans le secteur canadien de la fabrication de produits métalliques

ICTC CTIC

NGen

Feuille de route produite par le Conseil des technologies de l'information et des communications (CTIC) en partenariat avec Fabrication de prochaine génération Canada (NGen)

Préface :

Le CTIC et NGen sont fiers de présenter cette feuille de route pour l'adoption des technologies numériques dans le secteur canadien de la fabrication de produits métalliques. La feuille de route quinquennale détaille les étapes pratiques et les facteurs à prendre en considération pour les entreprises canadiennes de fabrication et d'usinage, en particulier les petites et moyennes entreprises, souhaitant adopter des technologies numériques de pointe, notamment l'intelligence artificielle (IA), l'analyse de mégadonnées, l'informatique en nuage, la cybersécurité, les jumeaux numériques, les capteurs et l'Internet des objets (IdO), ainsi que la robotique de pointe et l'automatisation industrielle. Cette feuille de route fournit à l'industrie de la fabrication de produits métalliques des orientations stratégiques concernant l'adoption des technologies numériques. Les feuilles de route ont été élaborées en consultation avec l'industrie et comprennent des exemples concrets et des cas d'utilisation sur la manière dont les technologies numériques sont utilisées dans les usines à travers le Canada et intégrées aux procédés de fabrication.

Autres feuilles de route pour l'adoption des technologies numériques offertes aux fabricants canadiens dans cette série :



Automobile



Biomédical et biofabrication



Aliments et boissons



Produits aérospatiaux

À propos du CTIC :

Le Conseil des technologies de l'information et des communications (CTIC) est un centre d'expertise national neutre et sans but lucratif dont la mission est de renforcer l'avantage numérique du Canada dans l'économie mondiale. Depuis plus de 30 ans, le CTIC fournit des recherches prospectives, des conseils stratégiques pratiques et des solutions de développement des capacités pour les personnes et les entreprises. L'objectif du CTIC est de faire en sorte que la technologie soit utilisée pour stimuler la croissance économique et l'innovation et que la main-d'œuvre canadienne demeure concurrentielle à l'échelle mondiale.

ictc-ctic.ca/fr info@ictc-ctic.ca

À propos de NGen :

Fabrication de prochaine génération Canada (NGen) est l'organisation à but non lucratif gérée par l'industrie, qui dirige la Grappe d'innovation mondiale pour la fabrication de pointe au Canada et est l'un des cinq réseaux nationaux soutenus par l'ambitieuse Initiative canadienne des Grappes d'innovation mondiales. Les activités de NGen reposent sur le principe que la transformation numérique dans la fabrication de pointe enrichira la vie des Canadiens en offrant de meilleurs produits et de bons emplois tout en générant la croissance économique essentielle à un avenir meilleur.

www.ngen.ca info@ngen.ca

Pour citer cette feuille de route :

Erik Henningsmoen. Feuille de route pour l'adoption des technologies numériques dans le secteur canadien de la fabrication de produits métalliques Accélérer la transformation numérique dans le secteur canadien de la fabrication de produits métalliques. Conseil des technologies de l'information et des communications (CTIC). Ottawa, Canada. Juin 2026.

Résumé

Cette feuille de route quinquennale détaille les étapes pratiques et les facteurs à prendre en considération pour l'industrie canadienne de la fabrication de produits métalliques, en particulier les petites et moyennes entreprises, qui souhaitent adopter des technologies numériques de pointe et s'engager dans un parcours de transformation numérique.

Cette feuille de route présente une étude de cas sur l'adoption des technologies numériques dans l'industrie canadienne de la fabrication de produits métalliques, en mettant l'accent sur les entreprises Levy's Machine Works (basée en Alberta) et Canada Tubeform (basée en Ontario), et aborde les obstacles, les défis et les solutions liés à la transformation numérique. Elle décrit par ailleurs la façon dont les fabricants de produits métalliques adoptent de nouvelles technologies numériques, notamment l'intelligence artificielle (IA), l'analyse des mégadonnées, l'informatique en nuage, la cybersécurité, les jumeaux numériques, les capteurs et l'Internet des objets (IdO) ainsi que la robotique de pointe et l'automatisation industrielle.

La feuille de route présente également des exemples d'outils de planification concrets destinés à aider les fabricants de produits métalliques canadiens à planifier et à mener à bien leur transformation numérique, comme les suivants :

1. **Matrice des cas d'utilisation des technologies numériques :** mise en évidence des applications concrètes des sept technologies numériques dans le secteur canadien de la fabrication de produits métalliques;
2. **Cadre de mesure du retour du capital investi (RCI) :** présentation d'exemples d'indicateurs permettant d'évaluer le RCI lié à l'adoption des technologies numériques dans des domaines tels que l'efficacité opérationnelle, la productivité de la main-d'œuvre et du capital, l'accès au marché, l'innovation, la santé et la sécurité, ainsi que les facteurs ESG (environnementaux, sociaux et de gouvernance), et de les aligner sur les objectifs stratégiques de l'organisation et les investissements consentis;
3. **Liste de contrôle pour la gestion du changement et cadre de gestion par étapes pour les projets de transformation numérique :** présentation d'une approche systématique et progressive visant à élaborer des stratégies de gestion du changement organisationnel et à mettre en place des projets pilotes technologiques pour soutenir la transformation numérique;
4. **Outils de gestion des risques :** présentation des risques auxquels les entreprises manufacturières peuvent être actuellement confrontées lorsqu'elles entreprennent une transformation numérique sur le marché d'aujourd'hui, ainsi qu'un exemple de registre des risques et de scénarios déclencheurs de gestion des risques;
5. **Perspectives sur les talents et la formation de la main-d'œuvre pour soutenir la transformation numérique :** aperçu des compétences numériques de base requises pour la fabrication de pointe, des modèles de formation et de mise en œuvre destinés aux fabricants, ainsi que des stratégies organisationnelles visant à perfectionner les compétences numériques au sein de la main-d'œuvre du secteur manufacturier;
6. **Conseils pour établir des partenariats stratégiques visant à faire progresser la transformation numérique :** présentation des principaux secteurs d'activité concernés et d'exemples de modèles de partenariat, ainsi que des éléments clés à prendre en compte en matière de partage des données lors de la mise en place de partenariats stratégiques.

À l'aide des études de cas concrets, des analyses approfondies et des outils pratiques, cette feuille de route vise à accélérer l'adoption des technologies numériques clés dans l'industrie canadienne de la fabrication de produits métalliques et à soutenir les efforts de transformation numérique en cours. L'adoption de nouvelles technologies numériques est essentielle pour assurer le succès continu de l'industrie, remédier à la stagnation persistante de la productivité dans le secteur manufacturier canadien et maintenir sa compétitivité à l'échelle mondiale.

Table des matières

Résumé **3**
Remerciements **5**
Raisons pour lesquelles cette feuille de route est nécessaire **6**
Sept technologies numériques clés pour la fabrication de produits métalliques **9**
Horizons temporels de la transformation numérique et de l'adoption des technologies numériques 11
Étude de cas : adoption des technologies numériques dans le secteur canadien de la fabrication de produits métalliques **12**
Aperçu et contexte de l'industrie 12
Approches stratégiques pour l'adoption des technologies numériques 13
Applications technologiques en pratique 14
› *Automatisation industrielle et robotique* *14*
› *Intelligence artificielle (IA)* *15*
› *Jumeaux numériques* *16*
› *Cybersécurité* *16*
Comprendre le RCI et mesurer les résultats de la transformation numérique 17
Obstacles à l'adoption 18
› *Coûts d'investissement et obstacles au financement* *19*
› *Données : intégration des systèmes et risques de cybersécurité* *19*
› *Contraintes structurelles sectorielles* *19*
Obstacles liés à la main-d'œuvre et aux compétences 20
Considérations liées à la gestion du changement organisationnel 21
Horizon d'adoption des technologies numériques **22**
Matrice des cas d'utilisation de la technologie numérique dans la fabrication de produits métalliques **23**
Cadre de mesure du RCI **26**
Liste de contrôle de la gestion du changement **29**
Points de contrôle des phases de la transformation numérique 30
Gestion des risques **32**
Scénarios déclencheurs de gestion des risques 33
Talents, développement de la main-d'œuvre et formation **34**
Développement de partenariats stratégiques **38**
Partage d'informations et de données pour les partenariats stratégiques dans la fabrication de produits métalliques 39
Adoption des technologies numériques : un appel à l'action **40**
Mesures à prendre 40
Méthodes de recherche **41**

Remerciements

Cette feuille de route a été élaborée en consultation avec des chefs de file de la transformation numérique de l'industrie canadienne de la fabrication de produits métalliques, notamment par la tenue de cinq entretiens avec des experts et d'une table ronde avec l'industrie. Des représentants d'ateliers d'usinage et de fabricants de produits métalliques, des fournisseurs de technologies numériques spécialisés dans l'industrie métallurgique, des consultants et d'autres experts ont tous contribué à cette feuille de route.

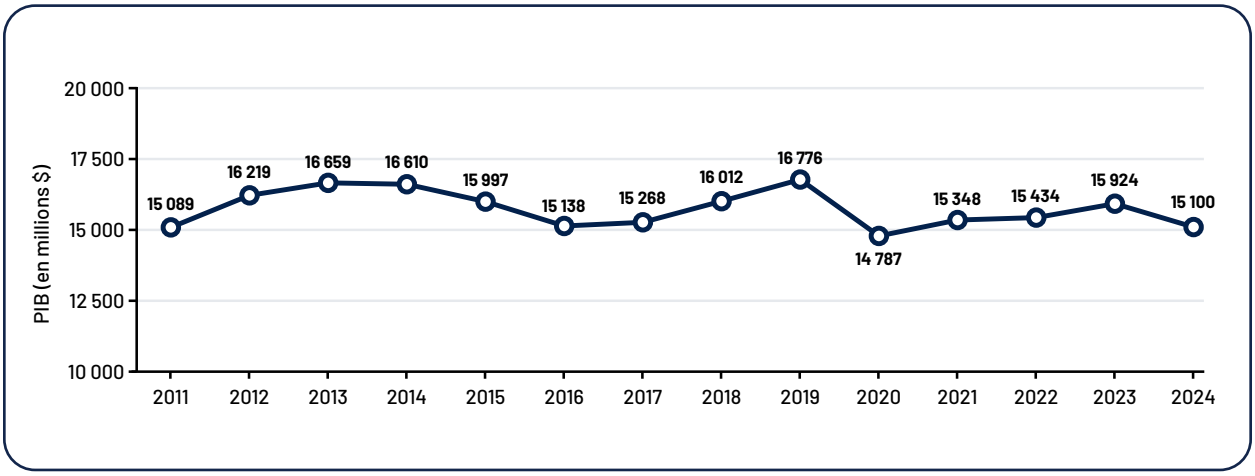
Le CTIC et NGen remercient tous ceux qui ont consacré temps et efforts de réflexion à la production de ce document, y compris les personnes et organisations suivantes qui ont accepté que leurs noms soient mentionnés :

- **Andy Manel,** cofondateur, responsable de la stratégie et de l'innovation, Bold New Edge
- **Carter Will,** directeur général, Next Level Advanced Manufacturing
- **Daly Brown,** cofondateur et PDG, Metropolitan Technologies
- **Eric LeBlanc,** responsable de production, Levy's Machine Works Ltd.
- **Kulbir Colin Singh Dhillon,** directeur général, The Centre for Designing Change (CDC)
- **Liz Akeroyd,** directrice du développement commercial, Arrow Engineered Products
- **Nick Raddatz,** responsable de compte international, Apera
- **Richard Burton,** directeur général, Levy's Machine Works Ltd.
- **Roger Campbell,** directeur général, Canada Tubeform Inc.
- **Ryder Britton,** fondateur, Velocity Bolting
- **Yi Li,** Ph. D., cofondateur et vice-président exécutif, Maple Advanced Robotics Inc.

Raisons pour lesquelles cette feuille de route est nécessaire

Le secteur manufacturier canadien fait face à de forts vents économiques contraires causés par la baisse de la productivité, le sous-investissement et l'incertitude économique provoquée par les différends commerciaux internationaux. Pour le secteur de la fabrication de produits métalliques, qui regroupe notamment les ateliers d'usinage et les fabricants de fixations et de charpentes métalliques, le PIB réel a connu des taux cycliques de croissance modérée et de contraction depuis 2011 (figure 1).

Figure 1. Valeur du PIB du secteur de la fabrication de produits métalliques (2011-2024)

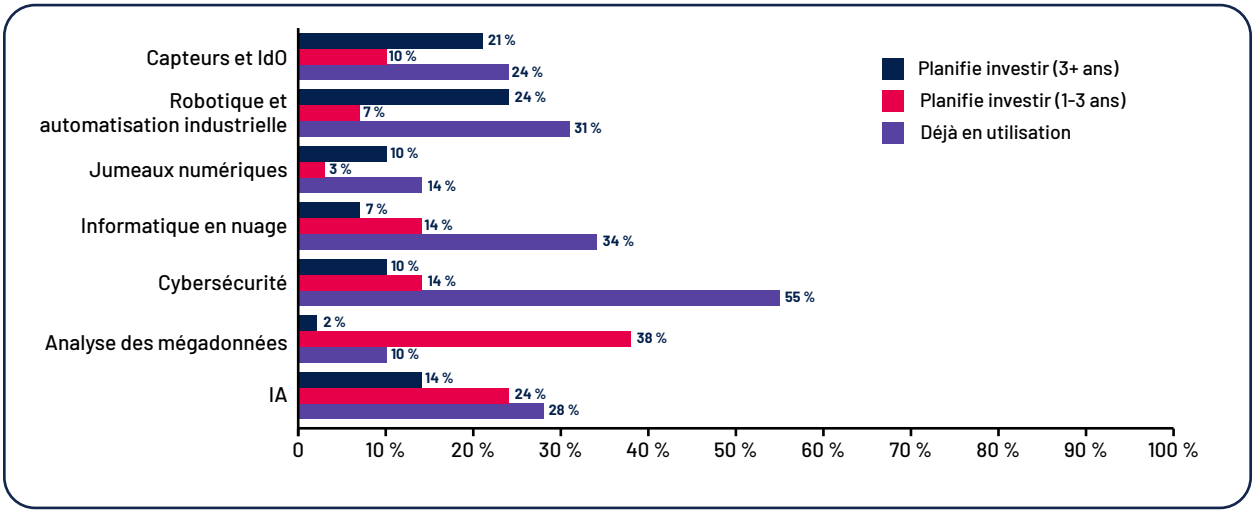


Source : Statistique Canada, tableau : 36-10-0434-06 [SCIAN 332][1].

La croissance de l'industrie s'est produite à une époque de perturbation technologique, provoquée par les avancées rapides de la technologie numérique, notamment en intelligence artificielle (IA), mais aussi dans des technologies adjacentes telles que la robotique de pointe, les capteurs et l'Internet des objets (IdO), ainsi que les jumeaux numériques et les infrastructures numériques de base comme l'informatique en nuage. Les fabricants canadiens de produits métalliques peuvent augmenter leur productivité et accélérer la croissance en adoptant davantage de technologies numériques dans leurs opérations de fabrication. Une enquête sectorielle menée par le CTIC révèle que, bien que les fabricants de produits métalliques aient largement adopté l'informatique en nuage et la cybersécurité, d'autres technologies numériques essentielles comme l'intelligence artificielle (IA), les capteurs et la technologie de l'IdO, ainsi que l'analyse de mégadonnées sont beaucoup moins courantes (figure 2).

1 Statistique Canada (gouvernement du Canada), « Produit intérieur brut (PIB) au prix de base, par industrie, moyenne annuelle, niveau d'industrie la plus détaillée (x 1 000 000) », tableau : 36-10-0434-06, publié le 26 janvier 2026, https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/fr/cv.action?pid=36100434 06&request_locale=fr.

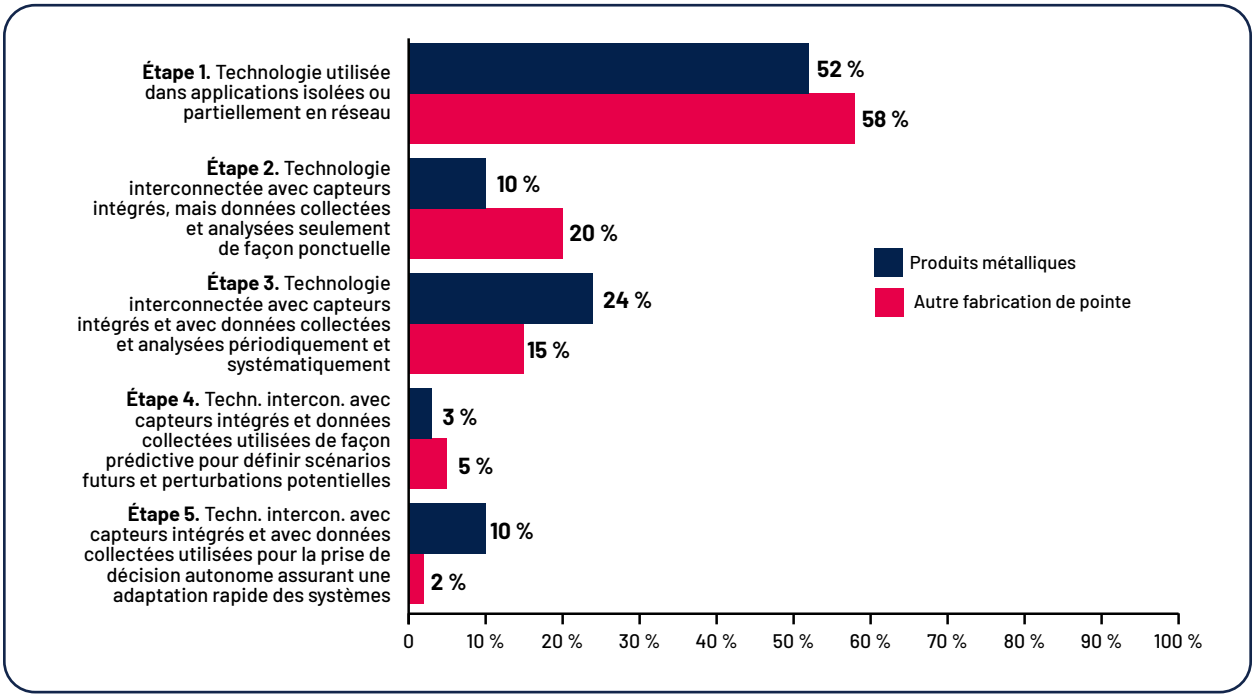
Figure 2. Adoption des technologies numériques dans le secteur canadien de la fabrication de produits métalliques (2025)



Source : Enquête canadienne sur l'adoption des technologies numériques de fabrication du CTIC, 2025.

L'adoption des technologies manufacturières au Canada montre des progrès mitigés selon les secteurs. Dans le secteur canadien de la fabrication de produits métalliques, l'enquête canadienne sur l'adoption des technologies numériques de fabrication du CTIC a révélé que 52 % des fabricants de produits métalliques utilisaient la technologie numérique de manière fragmentaire, sous forme d'applications isolées ou partiellement en réseau, que 10 % employaient les technologies numériques interconnectées, mais n'analysaient que les données collectées de manière ponctuelle, tandis que 24 % employaient les technologies numériques interconnectées et analysaient régulièrement et systématiquement les données collectées. De plus, 3 % ont utilisé les données collectées à partir de capteurs en réseau pour l'analyse prédictive et 10 % pour soutenir la prise de décision autonome (figure 3).

Figure 3. Étape de mise en œuvre des technologies numériques de pointe dans le secteur canadien de la fabrication de produits métalliques (2025)



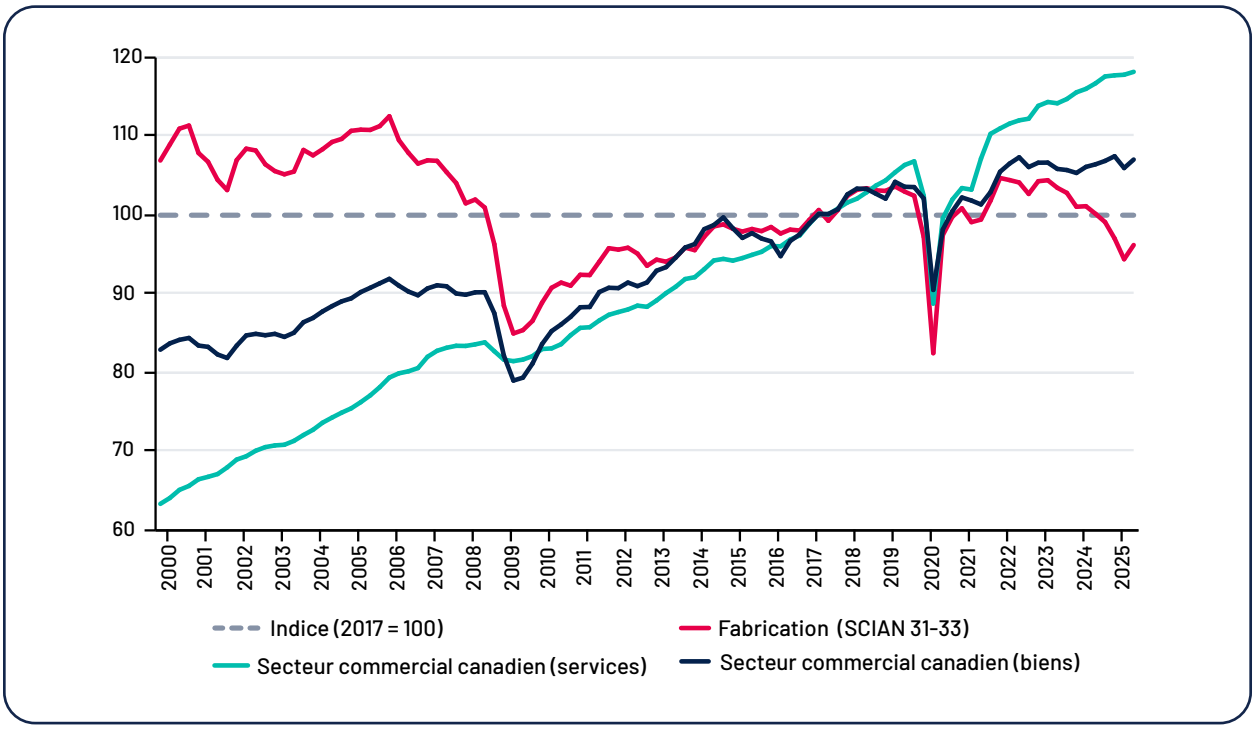
Source : Enquête canadienne sur l'adoption des technologies numériques de fabrication du CTIC, 2025.

En tirant parti des technologies numériques en réseau pour mener des opérations intégrées et autonomes dans un procédé de fabrication, voire dans l'ensemble d'une entreprise manufacturière, cela produirait un effet positif sur la productivité du travail dans le secteur manufacturier canadien (figure 4). Ces progrès seraient les bienvenus, car la baisse de productivité représente un frein persistant pour l'économie canadienne[2].

Les défis liés à la productivité sont souvent abordés sous l'angle de l'économie nationale, mais ils ont des répercussions très concrètes sur les entreprises individuelles. Les fabricants canadiens continuent d'accuser un retard par rapport à leurs homologues, notamment aux États-Unis, ce qui exerce une pression sur les coûts, les prix et les marges. Pour une petite ou moyenne entreprise (PME) typique de l'industrie de la fabrication de produits métalliques avec un chiffre d'affaires annuel de 20 millions de dollars et une marge de profit sur le bénéfice avant intérêts, impôts et amortissements (BAIIA) de 15 %, même une amélioration modeste de 5 % à 10 % du taux de rendement synthétique peut véritablement changer la donne.

Les améliorations rendues possibles par des outils tels que la surveillance de la production et la maintenance prédictive ou par une utilisation optimisée des données peuvent permettre d'augmenter le rendement et de réduire les temps d'arrêt sans nécessiter de nouveaux investissements importants. Par exemple, une augmentation de la production de 3 %, combinée à de modestes économies de coûts, pourrait se traduire par une hausse du BAIIA annuel de 300 000 $ à 600 000 $, soit une amélioration de 10 % à 20 % du résultat d'exploitation. Vue sous cet angle, l'adoption du numérique ne se résume pas à une simple mise à niveau technologique; il s'agit avant tout de renforcer la rentabilité et la valeur à long terme de l'entreprise.

Figure 4. Indice de la productivité du travail dans le secteur manufacturier au Canada (2000 au T3 de 2025)



Source des données : Statistique Canada, tableau : 36-10-0207-01[3].

2 Tim Sargent, « Productivity Growth in Canada: What is Going on? », Université de Calgary, École de politique publique, document d'information, octobre 2024, https://www.policyschool.ca/wp-content/uploads/2024/10/FP-9-ProductivityGrowth-Final.pdf.

3 Statistique Canada (gouvernement du Canada), « Indices de la productivité du travail et mesures connexes, selon les industries du secteur des entreprises, désaisonnalisées », tableau : 36-10-0207-01, dernière mise à jour le 3 septembre 2025, https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/fr/tv.action?pid=3610020701&request_locale=fr.

Sept technologies numériques clés pour la fabrication de produits métalliques

Étant donné que l'ensemble du secteur canadien de la fabrication, y compris le secteur canadien de la fabrication de produits métalliques, se doit d'adopter des technologies numériques de pointe, le Conseil des technologies de l'information et des communications (CTIC) et Fabrication de prochaine génération Canada (NGen) sont d'avis que les sept technologies numériques ci-dessous (figure 5) sont essentielles à l'avenir du secteur canadien de la fabrication.

Figure 5. Sept technologies numériques clés essentielles à la fabrication au Canada

Intelligence artificielle (IA) et apprentissage automatique (AA)	Les systèmes alimentés par l'IA peuvent rapidement analyser de grands volumes de données, aidant à optimiser les procédés et à prédire les résultats, ainsi qu'à automatiser les tâches de prise de décision qui nécessiteraient normalement la cognition humaine. Les modèles d'apprentissage automatique peuvent ingérer des données d'entraînement et apprendre à faire des prédictions, ou à corriger des décisions, sans programmation explicite et codée matériellement.
Analyse de mégadonnées	Méthodes et outils utilisés pour collecter, sélectionner, traiter, intégrer et analyser des volumes extrêmement importants de données dans une opération de fabrication afin d'obtenir des informations et d'améliorer la prise de décision.
Informatique en nuage	Services informatiques à la demande, hors site, permettant d'accéder à des données et de les stocker, de traiter des informations et pouvant servir d'applications logicielles via Internet. L'informatique en nuage permet également aux fabricants de faire évoluer dynamiquement leur infrastructure informatique selon les besoins.
Cybersécurité (TI et TO)	Protéger les réseaux et données sensibles contre les menaces. Dans un environnement manufacturier, la cybersécurité inclut la protection à la fois des technologies de l'information (TI), telles que les réseaux et les données, ainsi que la technologie opérationnelle (TO), comme les machines, les systèmes de contrôle et les capteurs.
Jumeaux numériques	Représentation virtuelle ou modèle d'un actif réel, tel qu'une machine, une chaîne de production, un produit manufacturé ou une installation de fabrication entière, mis à jour de façon continue avec de nouvelles données et permettant au jumeau numérique de refléter l'état de l'actif réel.
Capteurs et Internet des objets (IdO)	Réseaux de machines, de capteurs et d'autres dispositifs électroniques pouvant être reliés en réseau pour collecter et partager des données en temps réel dans une usine ou une chaîne d'approvisionnement, souvent appelés Internet des objets (IdO) ou Internet industriel des objets (IIdO).
Robotique et automatisation industrielle	Les technologies d'automatisation sont utilisées depuis longtemps dans certaines applications de fabrication de produits métalliques, mais la robotique de pointe, y compris les cobots et les robots humanoïdes, peut être utilisée dans la fabrication dans diverses applications et intégrée grâce à des technologies telles que l'IA et les réseaux IdO.

Figure 6. Niveaux de maturité technologique numérique de la fabrication de pointe

Étape de la transformation numérique	Niveau de maturité	Technologies numériques clés	Niveau de maturité de la transformation numérique de l'entreprise
Première étape	Technologies fondamentales	› Informatique en nuage/système ERP en nuage › Cybersécurité	Base : mettre en place l'infrastructure numérique nécessaire
Étape intermédiaire	Technologies d'optimisation opérationnelle	› Capteurs et IdO › Analyse de mégadonnées	Intégration et optimisation : établir des procédés de collecte et d'analyse des données pour une infrastructure numérique de base; déployer une plateforme de données pour les technologies de transformation
Étape finale	Technologies de transformation avancées	› IA/AA › Robotique et automatisation industrielle › Jumeaux numériques	Transformation : adopter des technologies numériques de pointe pour transformer les opérations de fabrication de l'entreprise

Source : Analyse du CTIC, 2026.

Seule, aucune technologie numérique ne livre sa pleine valeur de manière isolée, la véritable valeur commerciale de toutes ces technologies n'est libérée que lorsqu'elles sont adoptées sous forme de piles technologiques. Comme l'illustre la figure 6, les fabricants de produits métalliques peuvent constater que les sept technologies numériques clés sont réparties sur trois niveaux de maturité :

1. les technologies de base (informatique en nuage/PRE en nuage, cybersécurité);
2. les technologies d'optimisation opérationnelle (capteurs et IdO, analyse des mégadonnées); et
3. les technologies de transformation avancées (IA/AA, robotique et automatisation industrielle, et jumeaux numériques.

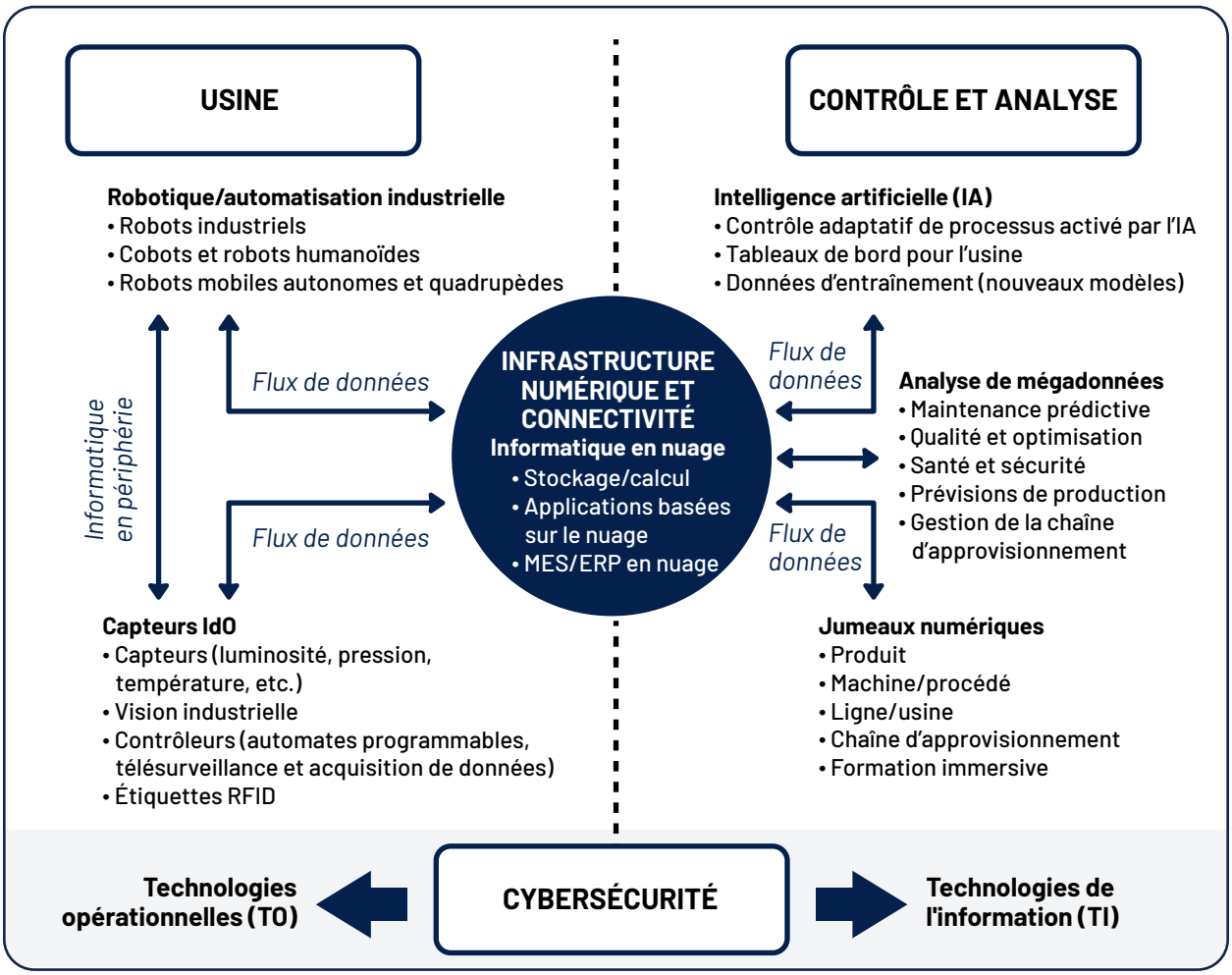
Bien que chacune des sept technologies numériques abordées dans cette analyse documentaire aurait, à elle seule, des conséquences sur la fabrication de pointe au Canada, l'interaction entre ces sept technologies produit véritablement un plus grand impact. Ces sept technologies peuvent être connectées numériquement pour une opération de fabrication ou même pour l'ensemble d'une chaîne d'approvisionnement manufacturière, ce qui produit des gains significatifs en matière d'excellence opérationnelle, de productivité, de sécurité, d'innovation et de réactivité au marché.

Par exemple, les capteurs déployés dans une opération de fabrication, sur des robots industriels et d'autres équipements de production, peuvent collecter des quantités significatives de données en temps réel (c'est-à-dire des mégadonnées), qui peuvent être stockées et traitées dans un environnement infonuagique. Les données peuvent également être utilisées pour créer des jumeaux numériques de pièces individuelles de machines et de robots, de procédés de fabrication, de produits et même d'une entreprise de fabrication en entier.

Les données peuvent également être utilisées pour entraîner des modèles d'IA et effectuer des inférences afin de gérer et optimiser les opérations de fabrication. L'infrastructure numérique et les données précieuses, intégrées aux actifs de technologie informatique (TI) et de technologie opérationnelle (TO) d'une entreprise manufacturière, doivent être sécurisées contre les cybermenaces, telles que les violations de données et les cyberattaques, grâce à un programme de cybersécurité robuste. La figure 7 présente, de manière générale, la façon dont les sept technologies numériques abordées dans cette feuille de route peuvent être intégrées les unes aux autres dans les laboratoires ou les usines de production et dans l'ensemble du secteur de la fabrication de produits métalliques.

Le modèle présenté ci-dessus à la figure 7 est destiné à exprimer des aspirations, afin de donner un aperçu de ce qui est possible à long terme. Aujourd'hui, la plupart des fabricants canadiens de produits métalliques n'ont pas atteint ce niveau d'intégration. Les fabricants canadiens de produits métalliques interrogés pour cette feuille de route ont plutôt tendance à adopter progressivement des piles de technologies numériques, par le biais d'investissements stratégiques, de projets pilotes, d'expériences et d'apprentissage organisationnel.

Figure 7. Technologies numériques de pointe dans un modèle d'intégration à la fabrication



Source : Analyse du CTIC, 2026.

Horizons temporels de la transformation numérique et de l'adoption des technologies numériques

Lorsque l'on discute de transformation numérique et d'adoption des technologies dans la fabrication canadienne, il est crucial d'élaborer des délais réalistes et réalisables. Les complexités de l'adoption des technologies numériques, tant techniques qu'organisationnelles, sont importantes. Lorsque les fabricants de produits métalliques adoptent pour la première fois de nouvelles technologies numériques, telles que l'IA, les jumeaux numériques ou la robotique de pointe, il peut s'écouler des années avant qu'ils puissent tirer la pleine valeur de l'investissement et tirer le meilleur parti des technologies.

Un calendrier progressif de cinq ans offre aux fabricants de produits métalliques, y compris ceux qui entreprennent pour la première fois un projet de transformation numérique, un calendrier réaliste et efficace d'adoption des technologies numériques. Les entreprises doivent s'attendre à passer la première ou les deux premières années à tester les nouvelles technologies, à collecter des données et à développer une analyse de rentabilité, puis jusqu'à trois ans à mener des projets pilotes efficaces dans leurs opérations de fabrication et à commencer l'intégration numérique à d'autres systèmes de fabrication et d'entreprise.

Outre la mise en place et l'adoption de nouvelles technologies numériques à l'usine, les fabricants de produits métalliques doivent également former leur personnel, adapter leurs politiques de ressources humaines (RH) et leurs stratégies de recrutement aux efforts de transformation numérique, et proposer des formations à leur personnel actuel. De plus, toutes les initiatives visant à adopter les technologies numériques ne porteront pas nécessairement leurs fruits. Les fabricants doivent aussi gérer efficacement les risques lorsqu'ils intègrent de nouvelles technologies numériques dans leurs processus de fabrication.

Étude de cas :

Adoption des technologies numériques dans le secteur canadien de la fabrication de produits métalliques

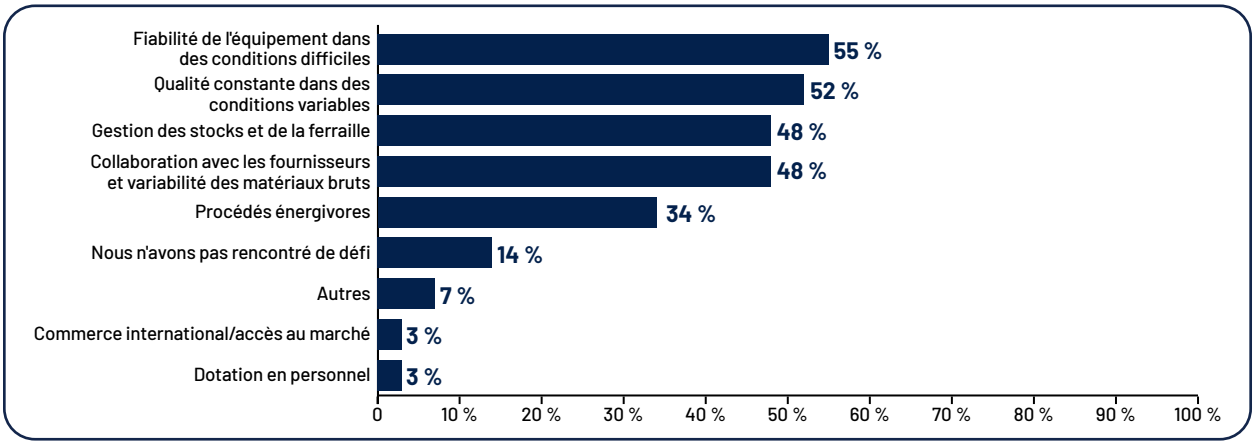
Cette étude de cas synthétise des enseignements provenant d'entreprises œuvrant dans l'écosystème canadien de fabrication de produits métalliques, allant des opérations de composants de précision et de formage aux environnements d'usinage et de production à grande échelle qui soutiennent les chaînes d'approvisionnement en aval de la fabrication. Dans ce contexte plus large, nous mettons en lumière deux exemples marquants, Canada Tubeform et Levy's Machine Works, qui illustrent ensemble comment les fabricants canadiens établis répondent aux exigences changeantes des clients et aux pressions concurrentielles grâce à des investissements dans l'équipement, l'efficacité à l'atelier et le développement de la main-d'œuvre.

Canada Tubeform fabrique des composants et assemblages tubulaires en acier et en aluminium en grande quantité pour l'industrie automobile, en tirant parti des technologies et des méthodes de pointe de production et de formage de tubes pour soutenir une livraison constante et à haut débit. Levy's Machine Works se spécialise dans l'usinage de précision, produisant des pièces de grande complexité et de tolérance serrée (y compris avec des matériaux exotiques) grâce au tournage et au fraisage CNC, au prototypage, ainsi qu'à la fabrication complémentaire pour des clients dans des secteurs tels que le pétrole et le gaz, l'équipement scientifique et médical, ainsi que l'aérospatiale et la défense. Leurs expériences offrent une vision ancrée de la manière dont les employeurs dans le secteur des métaux et de la fabrication perçoivent la productivité, les viviers de talents et l'adoption pratique de nouveaux outils et procédés.

Aperçu et contexte de l'industrie

Le secteur de la fabrication de produits métalliques est une part fondamentale de l'économie mondiale, soutenant des chaînes de valeur critiques dans des secteurs variés tels que la construction, l'automobile, l'énergie, l'aérospatiale et les biens de consommation. Grâce à des procédés tels que le fraisage, la découpe, le pliage, la soudure et l'assemblage, les entreprises de ce secteur transforment les intrants des métaux bruts en composants et produits qui sous-tendent la fabrication et les infrastructures modernes. La transformation numérique des fabricants de produits métalliques est nécessaire pour résoudre des problèmes commerciaux concrets, notamment le maintien de la fiabilité de l'équipement dans des conditions difficiles, le maintien de la qualité dans des conditions variables, la gestion des stocks et des ferrailles, ainsi que la collaboration avec les fournisseurs (figure 8).

Figure 8. Les défis commerciaux les plus urgents (choisir les trois principaux) – Fabrication de produits métalliques (2025)



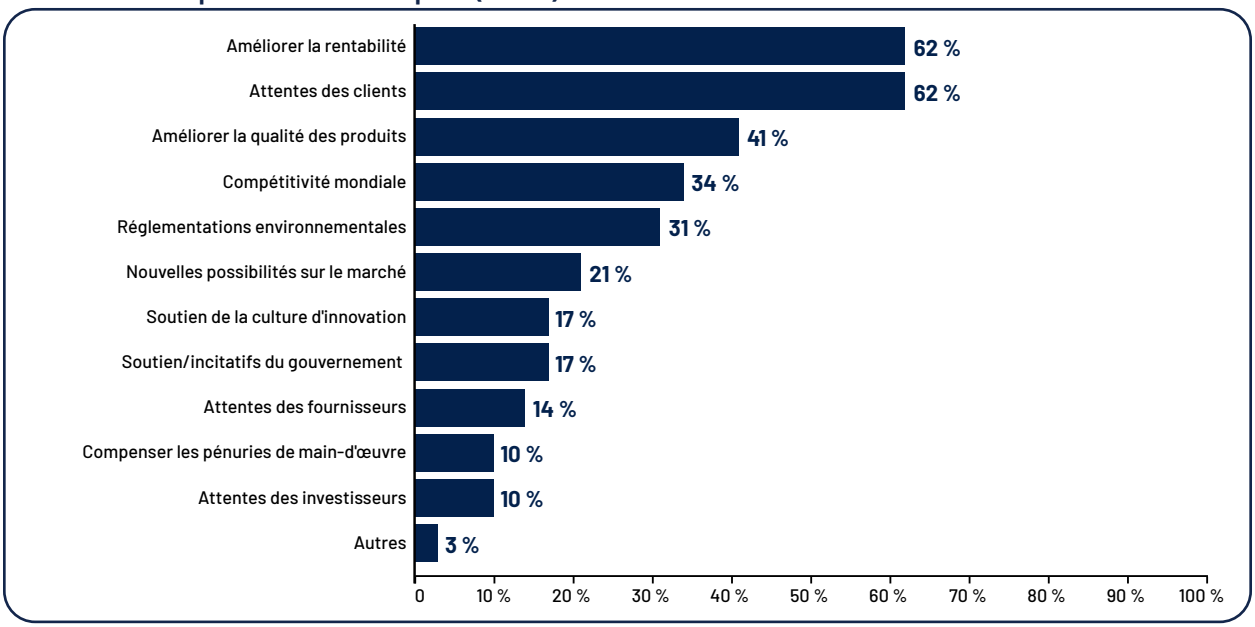
Source : Enquête canadienne sur l'adoption des technologies numériques de fabrication du CTIC, 2025.

Approches stratégiques pour l'adoption des technologies numériques

Pour les fabricants canadiens de produits métalliques, l'adoption du numérique est largement considérée comme essentielle pour rester compétitifs dans un environnement commercial de plus en plus incertain. Les fabricants de produits métalliques font face à des contraintes persistantes de main-d'œuvre qualifiée, ainsi qu'à une pression croissante pour moderniser les procédés, numériser les flux de travail et renforcer les parcours de formation à l'interne, en particulier au sein des petites et moyennes entreprises. Lorsqu'elles sont déployées stratégiquement, les technologies numériques peuvent modifier les structures de coûts, rationaliser les opérations et permettre une gestion plus automatisée et basée sur les données.

Ce qui constitue une adoption « stratégique » varie selon le contexte, mais les principaux objectifs stratégiques de l'adoption des technologies numériques incluent l'amélioration de la rentabilité, la satisfaction des attentes des clients, l'amélioration de la qualité des produits, l'adaptation à la concurrence mondiale, le respect des réglementations environnementales et le développement de nouvelles possibilités sur le marché (figure 9).

Figure 9. Facteurs les plus importants favorisant l'adoption des technologies numériques – Fabrication de produits métalliques (2025)



Source : Enquête canadienne sur l'adoption des technologies numériques de fabrication du CTIC, 2025.

Applications technologiques en pratique

Lors des entretiens et des tables rondes portant sur les métaux et la fabrication, les entreprises ont décrit un virage clair vers des systèmes numériques connectés à l'atelier. Ces systèmes rendent l'état de la production, les contrôles qualité et la documentation visibles en temps réel et traçables après coup. Plutôt que de s'appuyer sur des documents papier et des tableaux épars, les participants ont mis l'accent sur des combinaisons pratiques de systèmes de planification des ressources d'entreprise (système ERP), de modules de qualité, de connectivité machine et de pratiques de cybersécurité qui améliorent l'exécution quotidienne et la confiance des clients.

Un cas d'utilisation courant consiste à remplacer le routage papier et les mises à jour manuelles par un système principal ERP. Une entreprise interrogée a décrit la prise en charge d'un atelier de mécanique existant qui s'est positionné comme « un acteur plus jeune, technophile et tourné vers l'avenir dans ce domaine ». Le répondant a expliqué qu'avant leur intervention, l'entreprise s'appuyait sur d'anciens procédés manuels et n'avait pas encore adopté de logiciels modernes ni de procédés standardisés. Selon ce répondant, avant l'adoption des technologies de pointe, « il y avait des centaines, voire des milliers de feuilles de papier qui flottaient sur le sol de l'entreprise, certaines partiellement remplies et d'autres non ». Il a ajouté que, pour suivre une commande, « ils devaient parcourir l'atelier pour essayer de comprendre où se trouvait un travail ».

Maintenant, leur modèle actuel est structuré autour d'un système ERP axé sur l'usinage et un système ERP numérique agissant comme « pierre angulaire de la pile technologique », et soutenu par un accès au point d'utilisation dans l'ensemble de l'atelier puisqu'ils « ont un ordinateur à chaque machine CNC ». Selon le propriétaire de l'entreprise, il est important d'obtenir la participation de tous et il n'y a pas une seule personne dans leur entreprise qui n'y ait pas accès. En pratique, cela signifie que le système ERP comprend les designs, les ordres de travail, les étapes de routage et les mises à jour de l'avancement, de l'usinage jusqu'à la finition, l'emballage et l'expédition.

Chez Levy's Machine Works, la transition vers un système ERP sans papier a été présentée comme un moyen pratique d'améliorer la traçabilité, l'uniformité et l'exécution quotidienne des travaux. Dans un flux de travail entièrement numérique, les numéros de série sont attribués au début d'un projet et suivis à chaque opération. De plus, le temps de mise en route, le temps d'exécution et les notes de travail sont enregistrés sur chaque poste de travail, afin que les opérateurs ne cherchent pas les « feuilles de mise en route, les spécifications ou les dessins » dans les classeurs. Comme l'a observé un chef de file chez Levy's, l'avantage offert ne concerne pas seulement l'accès à l'information, mais aussi la responsabilité; il précise que « dans un système numérique, les étapes requises doivent être accomplies avant d'aller de l'avant ».

Canada Tubeform a décrit comment son infrastructure numérique, reliée à son ERP et à ses contrôles sur le plancher d'atelier, crée des tableaux de bord en temps réel pour chaque cellule de production. Ces écrans montrent qui fait fonctionner la cellule, la sortie actuelle, les raisons des temps d'arrêt, le nombre de déchets, et si les temps de cycle sont respectés, afin que les opérateurs et superviseurs puissent rapidement détecter les problèmes en temps réel et intervenir rapidement si nécessaire.

La numérisation a également été décrite comme étroitement liée à l'assurance qualité et à la traçabilité, en particulier pour les clients nécessitant des dossiers vérifiables. Un répondant a souligné que la traçabilité devient non négociable à grande échelle : « quand on expédie entre 150 000 et 200 000 pièces par an, on ne peut pas suivre ce qui est arrivé à chaque pièce sans qu'un système soit en place. » Avec le bon système, a expliqué ce répondant, la traçabilité peut leur permettre de savoir « exactement qui a déplacé chaque pièce grâce au système », de sorte que si un problème survient, ils peuvent « retracer ce problème jusqu'à l'opération exacte, et même jusqu'aux machinistes individuels concernés ».

Les entreprises ont décrit l'utilisation de capteurs et d'outils de surveillance IdO pour « voir » ce qui se passe en production et sur le terrain, surtout lorsque les problèmes sont difficiles à détecter à l'œil nu. Par exemple, Canada Tubeform a évoqué des outils pratiques de détection à plus faible barrière déjà en usage, tels que des caméras qui aident les équipes à examiner ce qui se passait au moment où une défaillance est survenue, et des systèmes de vision artificielle qui inspectent les pièces à mesure qu'elles passent dans les procédés de formage des tubes.

Plusieurs fabricants de produits métalliques interrogés ont décrit l'importance d'évoluer vers des niveaux toujours plus élevés d'automatisation et de connectivité. Un atelier a présenté des plans d'expansion au-delà du simple système ERP vers une surveillance et une automatisation de pointe à mesure qu'il évolue vers une capacité d'usinage « dans le noir ». Parmi les écueils fréquemment signalés par les fabricants de produits métalliques interrogés dans le cadre de cette feuille de route, on peut citer la sous-estimation de la charge de travail liée au nettoyage des données lors de l'adoption de technologies numériques telles que l'IA et les jumeaux numériques, la formation efficace du personnel et le maintien de l'interopérabilité avec les systèmes et procédés existants.

Automatisation industrielle et robotique

Dans un autre exemple, un atelier basé en Alberta doté de solides capacités en fabrication additive a noté qu'une prochaine étape prometteuse dans le parcours de transformation numérique de l'entreprise sera d'ajouter une cellule robotique capable de numériser une pièce métallique imprimée en 3D, de la comparer à la conception CAO, et

de retirer automatiquement les supports métalliques à l'aide de différents outils. Ils ont précisé que ce type d'automatisation deviendra beaucoup plus facile à justifier et à mettre en place lorsqu'ils auront plus de travail de production répétée et en série, et qu'elle pourrait aussi améliorer la sécurité au travail en réduisant la quantité de découpe pratique, de dressage et de manipulations manuelles nécessaires lors du retrait des supports.

De même, chez Canada Tubeform, la numérisation est intégrée à la production quotidienne et à la manière dont les problèmes de qualité sont identifiés et traités. Au lieu de dossiers papier qui « vont dans un classeur et restent là », les événements de non-conformité et d'arrêt sont saisis numériquement, ce qui les rend faciles à rechercher, trier et télécharger aux fins d'analyse. Cela a été particulièrement important pour la limitation des défaillances. Comme l'a dit un cadre supérieur de Canada Tubeform, « dans la plupart des cas, nous identifions des problèmes et des pièces défectueuses, mais nous ne les limitons pas ». Pour combler cet écart, l'entreprise a introduit des outils de surveillance ciblés, dont une caméra de production qui leur permet de vérifier ce qui se passait dans une cellule de production au moment exact où la défaillance est survenue. Canada Tubeform a également mis en place des systèmes de vision artificielle dans certains procédés de formage de tubes, où les caméras « apprennent à repérer les défaillances », ce qui permet l'inspection de chaque pièce alors que la robotique réduit la manipulation manuelle.

Bien que la robotique ne soit pas encore largement utilisée dans les entreprises participantes, Canada Tubeform se distingue par son adoption active de cette technologie en utilisant principalement des robots pour la manutention manuelle afin de réduire la manipulation manuelle et de soutenir l'efficacité quotidienne à l'atelier. Canada Tubeform relie cela directement à la durabilité de la main-d'œuvre et précise qu'à mesure qu'ils ont eu plus de robots, les employés faisaient moins de manipulation des pièces, et qu'ils ne les épuisent pas parce qu'ils laissent les robots manipuler toutes les pièces.

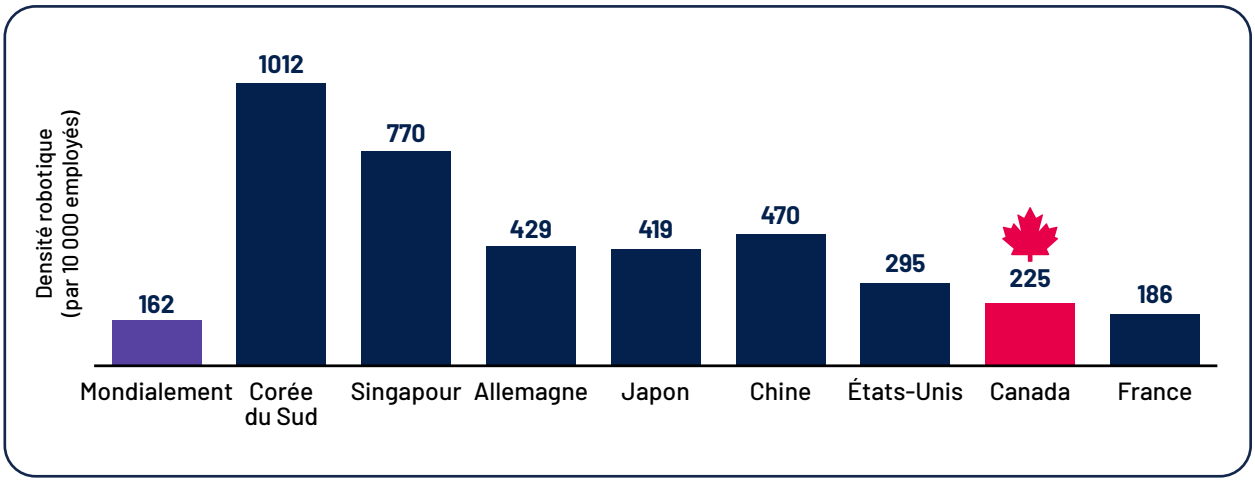
Il est important de noter que l'adoption de la robotique dépend du contexte plutôt que d'un signe de maturité numérique, les entreprises faisant des choix délibérés basés sur le volume, la variabilité et l'adéquation économique plutôt que sur la seule préparation technologique. Bien que le Canada affiche des densités robotiques supérieures à la moyenne mondiale dans son secteur manufacturier, et se compare bien à des économies comparables telles que la France et les États-Unis, il accuse un retard par rapport à des chefs de file comme la Corée du Sud et Singapour (figure 10).

Intelligence artificielle (IA)

Dans les entreprises participantes, l'adoption de l'IA est axée sur l'efficacité au bureau, l'assurance qualité et un accès plus rapide aux connaissances techniques. L'IA n'automatise pas encore couramment la prise de décision de production dans le secteur canadien de la fabrication de produits métalliques. Alors que certaines entreprises ont constaté que l'IA n'était pas encore assez efficace pour générer des programmes CNC ou des parcours d'outils, ou même pour estimer les temps de cycle, la qualifiant de « très loin d'être réellement efficace », les entreprises de fabrication de produits métalliques utilisent l'IA pour réduire la charge administrative liée à la production de rapports, à la documentation et à la surveillance de la conformité.

Le fait d'adopter d'abord des cas d'utilisation simples de l'IA dans les services administratifs avant de tenter

Figure 10. Densités robotiques au Canada et dans certains pays (2023)



Source des données : International Federation of Robotics, 2024[4].

4 Voir : International Federation of Robotics, « Global Robot Density in Factories Doubled in Seven Years », communiqué de presse, 10 novembre 2024, https://ifr.org/ifr-press-releases/news/global-robot-density-in-factories-doubled-in-seven-years.

de déployer cette technologie sur le site de production a permis aux fabricants de produits métalliques de se familiariser progressivement avec cette technologie grâce à une mise en œuvre par étapes.

Levy's Machine Works a rapporté qu'ils utilisent « l'IA pour la production de rapports et d'analyses », ce qui leur fait gagner un temps significatif. Ils ont ajouté que cela les aide à « suivre les modifications tarifaires complexes et les exigences de conformité qui nécessiteraient autrement un effort manuel important ». Ils ont également indiqué que « l'IA facilite la production de rapports d'essai des matériaux en identifiant rapidement le pays d'origine, les spécifications et les détails de conformité », ce qui permet au personnel expérimenté d'avoir du temps pour se concentrer sur des tâches à plus grande valeur. Cette adoption limitée à l'atelier reflète des préoccupations pratiques concernant la fiabilité, la responsabilité et le risque, car des erreurs dans les décisions de production automatisées peuvent avoir des incidences majeures sur les coûts et la sécurité dans des environnements de fabrication de haute précision.

Une autre entreprise a souligné que les grands modèles de langage sont déjà intégrés aux flux de travail quotidiens du bureau, en soulignant que la plupart du personnel de bureau l'utilise au quotidien, notamment pour des tâches comme la production de contenu marketing, l'aide à la rédaction de subventions et au développement des affaires, la création de descriptions de poste et la gestion de la documentation de conformité.

Un répondant a décrit un cas d'utilisation très pratique de l'IA à l'atelier en expliquant que la documentation sur les machines a été transformée en un robot conversationnel compatible avec l'IA qui permet au personnel de résoudre les problèmes plus rapidement. Après avoir téléchargé les manuels d'exploitation, de maintenance et de programmation dans un outil d'IA, ils peuvent simplement poser des questions comme « Signification du code d'erreur 4344 » et obtenir des solutions probables directement tirées des manuels. Ainsi, ils disposent d'une base de connaissances dynamique et interactive pour le dépannage et les techniciens n'ont pas à feuilleter les manuels de réparation et les classeurs.

Jumeaux numériques

Dans les entreprises, les jumeaux numériques sont de plus en plus perçus comme une capacité pragmatique et à usage restreint plutôt que comme un système entièrement déployé de bout en bout. Actuellement, ils sont davantage utilisés pour planifier des plans d'étage d'atelier ou des cellules de production. Les jumeaux numériques sont aussi couramment utilisés pour vérifier l'ajustement des produits et les détails d'ingénierie de base. Par exemple, Levy's Machine Works a structuré son approche actuelle sous forme de jumeau léger pour les décisions de configuration en expliquant que leur version des jumeaux numériques consiste à faire une cartographie 3D du plancher de l'atelier. Cela sert à soutenir une reconfiguration planifiée lorsqu'ils cherchent à tout récupérer et à déplacer certaines machines, et potentiellement organiser les équipements en cellules plus efficaces. En pratique, l'efficacité des jumeaux numériques est maximale lorsque les procédés sont stables et moins efficaces dans des environnements très diversifiés et très variables, ce qui est le cas de nombreuses opérations de fabrication de produits métalliques, comme dans les ateliers d'usinage. À mesure que les technologies de jumeaux numériques se développent, les possibilités d'adopter des jumeaux numériques de produits dans la fabrication de produits métalliques pourraient s'élargir.

Cybersécurité

Pour les entreprises participantes, la cybersécurité est structurée sous forme d'exigence pratique grâce à laquelle il est possible de « maintenir l'entreprise en activité », surtout à mesure que les opérations deviennent plus connectées numériquement grâce aux outils en nuage, aux plateformes de données partagées et à des liens plus étroits entre les systèmes de bureau (par exemple, ERP) et les technologies de l'atelier. Face aux inquiétudes concernant la « fermeture de la chaîne de production lors d'attaques de rançongiciels », les entreprises ont souligné la nécessité de contrôler l'accès aux informations sensibles, y compris les données de production exclusives et de la propriété intellectuelle, tout en répondant aux attentes des clients et de la réglementation.

La cybersécurité a également été abordée comme un problème de chaîne d'approvisionnement. Même lorsque les entreprises ne sont pas fortement engagées dans le commerce transfrontalier, les chaînes d'approvisionnement numériques et interprovinciales augmentent leur exposition et font en sorte que les bonnes pratiques de sécurité deviennent une attente de base. Dans l'ensemble, l'accent a été mis sur l'intégration de la sécurité aux systèmes dès le départ afin que les opérations quotidiennes soient protégées contre les perturbations telles que les rançongiciels, et que les renseignements sur les contacts/clients soient gérés de manière sécurisée et cohérente dans l'ensemble des environnements TI/TO intégrés.

Comprendre le RCI et mesurer les résultats de la transformation numérique

Parmi les entreprises de fabrication de produits métalliques concernées par cette feuille de route, le « succès » dans la transformation numérique est mesuré moins par un critère global que par un ensemble de signaux opérationnels, incluant la fiabilité de la production, la rapidité avec laquelle les problèmes sont détectés et résolus, l'uniformité du travail accompli sur les différents quarts de travail, et la confiance avec laquelle les entreprises peuvent répondre aux exigences de documentation et de conformité des clients.

Ce qui ressort, c'est que beaucoup des gains les plus significatifs apparaissent d'abord sous forme de visibilité et de contrôle, ce qui signifie un accès meilleur et plus rapide à des informations fiables. Ce n'est qu'une fois cette base en place que les entreprises commencent à voir les améliorations en aval des mesures traditionnelles de productivité, comme l'amélioration du débit et de l'efficacité de la production, ainsi que la réduction des ferrailles et du travail devant être repris.

Chez Canada Tubeform, les résultats les plus immédiats sont liés à la gestion du rendement en temps réel. En reliant les intrants de l'atelier et les données d'équipement dans des tableaux de bord, l'entreprise peut savoir « quelle est l'efficacité de son fonctionnement la journée même, les raisons pour lesquelles il y a eu des interruptions », si les produits finis sont en dessous de la cible, et même si une tâche de maintenance préventive est à venir.

Au lieu d'un rapport manuel de fin de service, le rapport quotidien de rendement est désormais généré automatiquement, et il comprend des informations sur la production, les temps d'arrêt, les ferrailles et les notes de maintenance extraites directement du système et rapportées aux gestionnaires, superviseurs et membres de l'équipe de production. Canada Tubeform rapporte des gains opérationnels mesurables, et un dirigeant explique que « depuis l'été dernier, leur efficacité a augmenté d'au moins 10 % » et que « leurs niveaux de ferrailles ont chuté de plus de 50 % » dans de nombreux cas, des améliorations attribuées à une détection plus précoce et à une correction plus rapide des erreurs.

Levy's Machine Works effectue des mesures encore plus explicites liées à la rentabilité, à la précision des devis et à la préparation à la conformité, en utilisant l'analyse de données pour relier le rendement de l'atelier aux résultats commerciaux. La transformation de cette entreprise a commencé par les attentes en matière de rapports, en ce sens qu'ils « utilisent un outil qui leur permet d'exporter les données de leur système ERP dans des tableaux de bord et des visualisations qui montrent le rendement en temps réel », ce qui les a obligés à « fournir beaucoup d'efforts pour comprendre et mesurer tout ce qu'ils font ». Les résultats sont suivis à l'aide du rendement lié au temps estimé par rapport au temps réel, de l'utilisation et de la capacité à identifier « où ils gagnent de l'argent, où ils n'en gagnent pas, et où les problèmes surviennent ». Comme l'explique un représentant de l'entreprise, auparavant ils « ne savaient pas toujours quels emplois étaient rentables », mais maintenant ils peuvent l'affirmer avec plus de confiance, car ils ont établi des acheminements précis et des repères temporels, essentiels dans un environnement où « la concurrence est plus serrée ».

Pour Levy, les résultats sont également mesurés par une réduction de la non-conformité et un contrôle documentaire renforcé, notamment lorsqu'ils travaillent avec des exigences aérospatiales et de défense. Ils voient un avantage mesurable à passer des documents papier et des classeurs, où les gens doivent chercher des dessins et des feuilles de mise en route, à l'application numérique, où « les étapes requises doivent être complétées avant d'aller de l'avant ». En d'autres termes, une partie du « rendement » consiste en moins d'étapes manquées, moins de lacunes d'information et moins de pertes de qualité en aval, autant de bénéfices qui ne se manifestent pas toujours immédiatement par des réductions de coûts unitaires, mais qui affectent fortement la préparation à l'audit et la confiance des clients.

Sans surprise, Levy évalue le rendement du capital investi à travers plusieurs dimensions : « gains d'efficacité, réduction de la non-conformité, préparation à la conformité et accès à de nouveaux marchés », même s'ils expliquent que les coûts du système ERP, tels que le matériel, les licences logicielles et la cybersécurité, sont importants.

Une troisième mesure est utilisée dans les entreprises, soit l'importance croissante de la traçabilité numérique et du débit documentaire comme résultat de rendement en soi. Un répondant a comparé les dossiers d'inspection papier et stylo, « un PDF avec des documents manuscrits sur les rapports d'inspection », avec les avantages de travailler avec des partenaires dont les systèmes sont « en portail et évolutifs de sorte qu'on peut les obtenir à tout moment ».

Pour les fabricants de produits métalliques qui répondent à des clients dont les exigences en matière de documentation sont élevées, la capacité de récupération rapide des rapports d'essai de matériaux, des dossiers d'inspection et des informations sur les procédés devient une capacité opérationnelle mesurable qui peut réduire la charge administrative, accélérer les approbations et diminuer le risque d'allers-retours coûteux avec les clients. En fait, la charge administrative peut devenir une contrainte opérationnelle décisive. Comme l'a dit un chef de file du secteur, certains clients nécessitent « dix fois plus de paperasse », ce qui fait d'une forte empreinte numérique une exigence pratique pour maintenir ce type de travail.

Enfin, les fabricants de produits métalliques mesurent également les résultats de transformation par l'adoption de la technologie au sein de la main-d'œuvre et la formation sur les systèmes, car les systèmes numériques

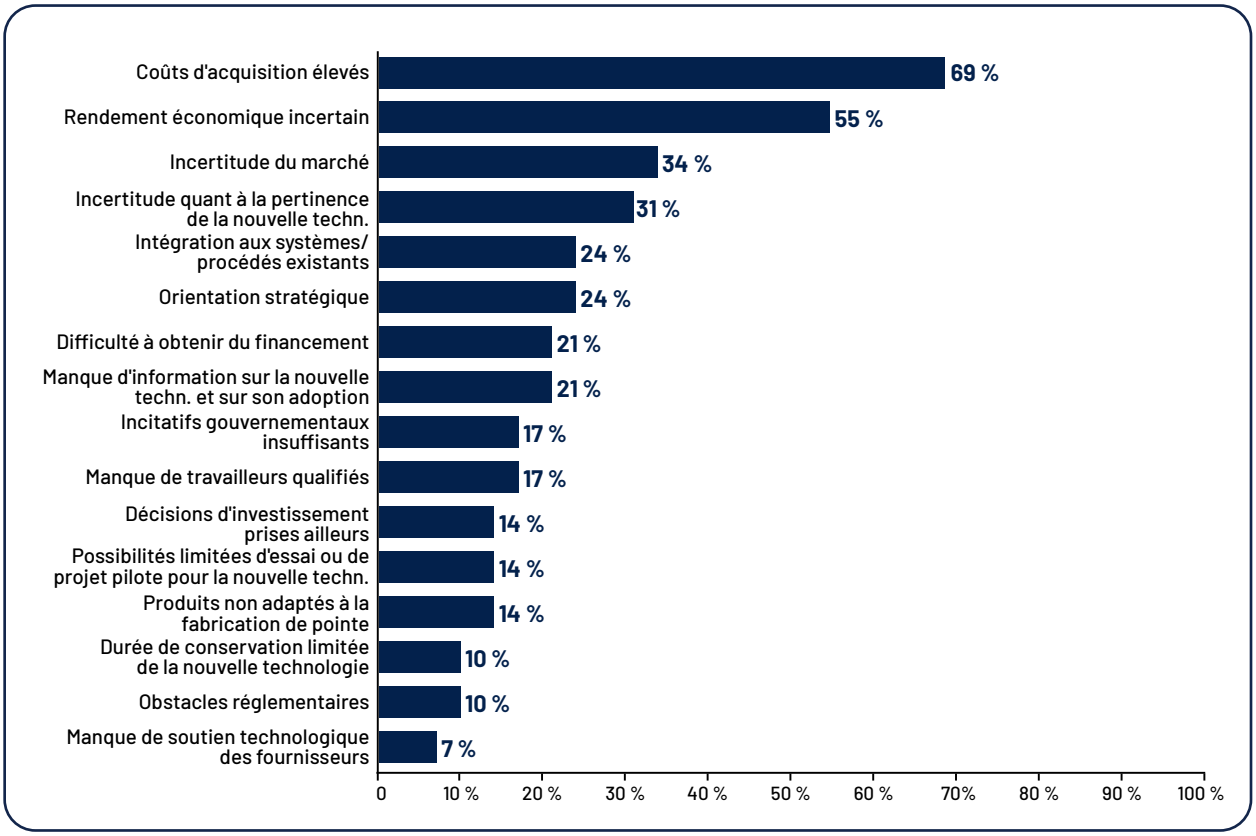
ne fournissent de la valeur que si les gens les utilisent de manière constante au poste de travail. Dans l'ensemble, les résultats dans ces entreprises ne se limitent pas à des machines plus rapides, c'est aussi une détection plus rapide, un contrôle plus strict, une responsabilité plus claire et une prise de décision plus éclairée. Les gains de productivité, notamment l'efficacité, la réduction des ferrailles et la réduction des problèmes de qualité, sont réels et sont rendus possibles grâce aux améliorations en amont de la visibilité, de la traçabilité et de l'exécution rigoureuse, souvent mesurées par la capacité quotidienne à savoir ce qui se passe en temps réel, et non rétrospectivement des jours ou semaines plus tard. Ces pratiques de mesure renforcent une culture d'amélioration continue, où la visibilité en temps réel permet un apprentissage plus rapide, une responsabilité et des gains opérationnels supplémentaires plutôt que des efforts de transformation ponctuels.

Obstacles à l'adoption

Même parmi les fabricants de produits métalliques qui numérisent activement leurs opérations, les chefs de file du secteur ont décrit des obstacles récurrents pouvant ralentir, compliquer ou restreindre le champ d'adoption des technologies numériques. L'enquête canadienne du CTIC sur l'adoption des technologies numériques dans le secteur de la fabrication a révélé que les fabricants de produits métalliques rapportaient que les coûts d'acquisition élevés des nouvelles technologies et que les rendements économiques incertains étaient des obstacles majeurs à l'adoption des technologies numériques. D'autres facteurs importants ont été rapportés par les fabricants de produits métalliques, notamment l'incertitude du marché, la difficulté d'intégrer les nouvelles technologies numériques aux systèmes et procédés existants, ainsi que l'incertitude liée à la manière dont les nouvelles technologies numériques s'intègrent aux opérations existantes de fabrication de produits métalliques (figure 11).

Ces obstacles ne reflétaient pas un manque d'intérêt pour la technologie, mais plutôt des contraintes pratiques liées à l'intensité du capital, à la réalité d'une production diversifiée, à la maturité numérique inégale sur la chaîne d'approvisionnement, et à des attentes croissantes en matière de conformité, en particulier pour les entreprises œuvrant sur les marchés de l'aérospatiale, de la défense et d'autres marchés hautement sécurisés.

Figure 11. Principaux obstacles à l'adoption dans les technologies numériques – Fabrication de produits métalliques (2025)



Source : Enquête canadienne sur l'adoption des technologies numériques de fabrication du CTIC, 2025.

Coûts d'investissement et obstacles au financement

Les coûts d'investissement sont un obstacle majeur constamment souligné par les entreprises de fabrication de produits métalliques, en particulier lorsque les entreprises dépassent la numérisation « fondamentale » telle que l'adoption d'un système ERP et la numérisation des dossiers de qualité pour s'intéresser à l'automatisation et à la robotique. Canada Tubeform a décrit l'obstacle sans détour : « le gros problème, évidemment, c'est le coût, la dépense », en indiquant que la numérisation nécessite des investissements dans des ordinateurs personnels, des imprimantes, de la formation, ainsi que dans l'interface ERP–PLC et « une application SCADA, un logiciel de 20 000 $, avec 3 000 $ de frais pour la maintenance et le support annuels. »

Plusieurs responsables interrogés pour cette feuille de route ont souligné que de nombreux outils numériques de pointe sont les plus faciles à justifier lorsqu'il s'agit d'une production à fort volume et reproductible. Dans l'usinage sur mesure, l'économie diffère pour l'adoption des technologies numériques. Par exemple, l'utilisation de la robotique peut souvent être un point de blocage. L'un d'eux a noté que dans de nombreux ateliers, un robot devient davantage une pièce visible qu'un atout productif et constant. Selon ce répondant, « il fait partie du paysage… c'est bien de dire qu'on a en un, mais il est toujours là à ne rien faire ». En d'autres termes, l'obstacle n'est pas seulement l'accès à la robotique, c'est de savoir si l'atelier dispose des volumes réguliers, des cycles répétables et des installations standardisées nécessaires pour le maintenir suffisamment en fonctionnement pour justifier l'investissement.

Selon un expert du secteur interrogé dans le cadre de cette feuille de route, certaines stratégies de financement telles que le crédit-bail technologique, les programmes d'investissements par étape, les options de co-investissement avec des partenaires de la chaîne d'approvisionnement et les crédits d'impôt pourraient contribuer à améliorer l'accès des fabricants de produits métalliques aux technologies numériques.

Données : intégration des systèmes et risques de cybersécurité

Un autre obstacle était la saisie et l'intégration des données. Même dans les entreprises qui sont « passées au numérique », de nombreux systèmes comptent encore sur les humains pour « entrer manuellement les données », ce qui signifie que les personnes doivent toujours saisir et valider les données sur la machine. En pratique, cela signifie que le maillon faible n'est pas toujours le logiciel lui-même, mais la difficulté d'y faire entrer des données propres et cohérentes et à les faire passer entre les systèmes. Plusieurs entreprises ont décrit des environnements où la numérisation a remplacé le papier et amélioré la visibilité, mais des informations clés comme le statut du poste, les raisons des arrêts, les contrôles qualité et le suivi du temps, reposent toujours sur la saisie des données par les opérateurs au point de travail. Le résultat est une réalité hybride qui peut provoquer un goulot d'étranglement dans les procédés.

Bien que la numérisation puisse améliorer la traçabilité, la charge de travail peut être transférée aux opérateurs et superviseurs à moins que des capteurs, connecteurs ou outils de surveillance supplémentaires ne soient mis en place. Le « niveau suivant » de l'Industrie 4.0, les mesures machines, la capture automatisée des données, la surveillance en temps réel, reste souvent hors de portée sans investissements et efforts d'intégration supplémentaires.

Les entreprises font également face à des contraintes de cybersécurité et de conformité, notamment pour celles qui souhaitent faire des ventes dans les chaînes d'approvisionnement liées à la défense, où une sécurité informatique « suffisamment bonne » n'est plus suffisante. Plusieurs participants ont décrit la mise en place de protections de base, telles que des procédures formelles, et l'externalisation de l'informatique gérée, mais ont souligné que les exigences orientées vers la défense élèvent considérablement la barre et sont de plus en plus inévitables. Comme l'a dit un répondant, « surtout si vous voulez jouer sur le marché de la défense, ce n'est qu'une question de temps », en soulignant l'expansion des régimes de conformité comme le CMMC aux États-Unis et le PCCC au Canada.

Contraintes structurelles sectorielles

Enfin, les participants ont souligné les contraintes structurelles du secteur de la fabrication de produits métalliques, en particulier la fragmentation et la modernisation inégale, qui façonnent le potentiel d'adoption des technologies numériques. Un répondant a qualifié l'industrie de « très fragmentée », dominée par de petits ateliers exploités par leurs propriétaires où la planification de la relève est souvent faible. Dans ce contexte, l'échelle devient une condition préalable à de nombreux investissements numériques. Les entreprises qui n'ont aucune croissance ont du mal à justifier les systèmes majeurs et les mises à jour, ce qui creuse à ensuite l'écart entre les chefs de file des technologies numériques de pointe et le grand nombre d'entreprises retardataires.

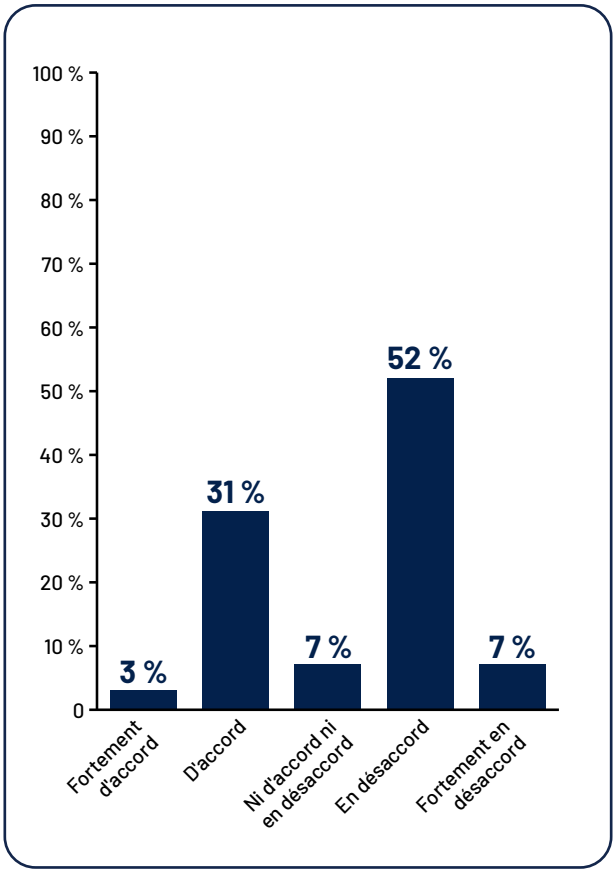
Ces pressions sont aggravées par la dynamique de compétitivité des coûts. Comme l'a noté un participant, l'usinage à l'étranger peut parfois réduire la production nationale et « le coût supplémentaire pour rapatrier une pièce usinée au Canada est inférieur à certains de nos coûts au Canada ». Il devient donc plus difficile de justifier l'investissement, sauf si la numérisation peut clairement faire évoluer la productivité, l'efficacité de la documentation et les capacités de préparation à l'audit qui maintiennent la confiance des clients. Un certain nombre de chefs de file du secteur avec lesquels le CTIC a collaboré pour cette feuille de route ont expliqué comment de petites entreprises de fabrication de produits métalliques comme les ateliers indépendants sont actuellement consolidées et recapitalisées par des investisseurs, tels que des sociétés de capital-investissement.

Obstacles liés à la main-d'œuvre et aux compétences

La capacité de la main-d'œuvre et les compétences spécialisées, notamment pour l'automatisation de pointe et le travail de haute précision, sont également apparues comme un obstacle. Même lorsque la capacité d'usinage de base est forte, une expertise importante en technologie numérique est essentielle à l'automatisation significative, voire une production « dans le noir ». Comme l'a observé un cadre, la fabrication numérique est un ensemble de compétences très spécifiques : on détermine comment anticiper les problèmes quand on essaie de fonctionner « dans le noir ». Cet ensemble de compétences anticipées et axées sur les systèmes, combinant connaissances en usinage et ingénierie de procédés, stratégie d'outillage et dépannage basé sur les données, peut être difficile à recruter et demande du temps à développer à l'interne.

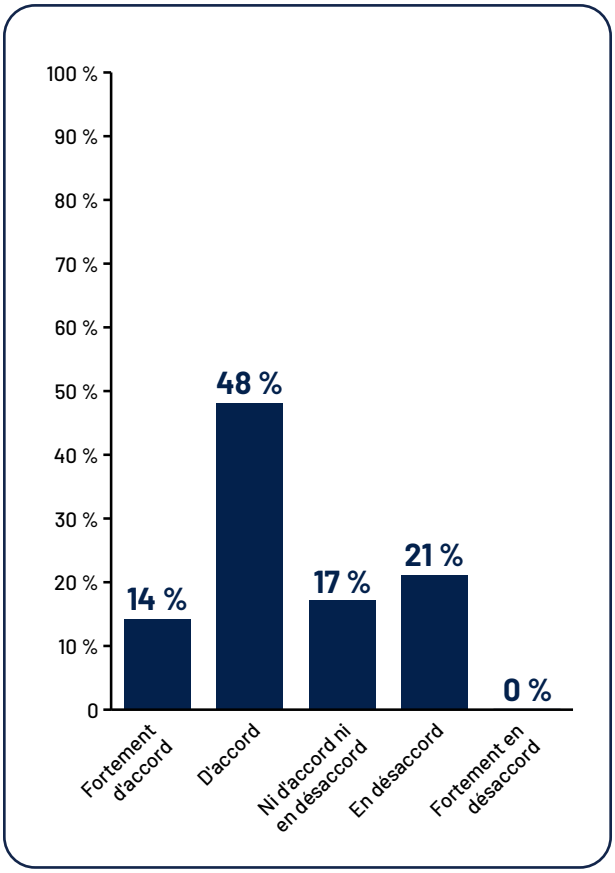
En matière de formation du personnel et de développement de la main-d'œuvre, pour favoriser la transformation numérique, 62 % des fabricants canadiens de produits métalliques ont déclaré disposer d'un personnel possédant les compétences numériques nécessaires pour adopter de nouvelles technologies numériques. Seuls 34 % des fabricants de produits métalliques ont déclaré avoir des plans de formation formels du personnel pour l'adoption et la mise en œuvre de nouvelles technologies numériques (figures 12 et 13).

Figure 12. D'accord/en désaccord - Mon organisation dispose du plan de formation du personnel nécessaire pour mettre en œuvre et adopter de nouvelles technologies numériques – Produits métalliques (2025)



Source : Enquête canadienne sur l'adoption des technologies numériques de fabrication du CTIC, 2025.

Figure 13. D'accord/en désaccord - Mon organisation dispose d'un personnel possédant les compétences en technologies numériques nécessaires pour mettre en œuvre et adopter de nouvelles technologies – Produits métalliques (2025)



Source : Enquête canadienne sur l'adoption des technologies numériques de fabrication du CTIC, 2025.

Considérations liées à la gestion du changement organisationnel

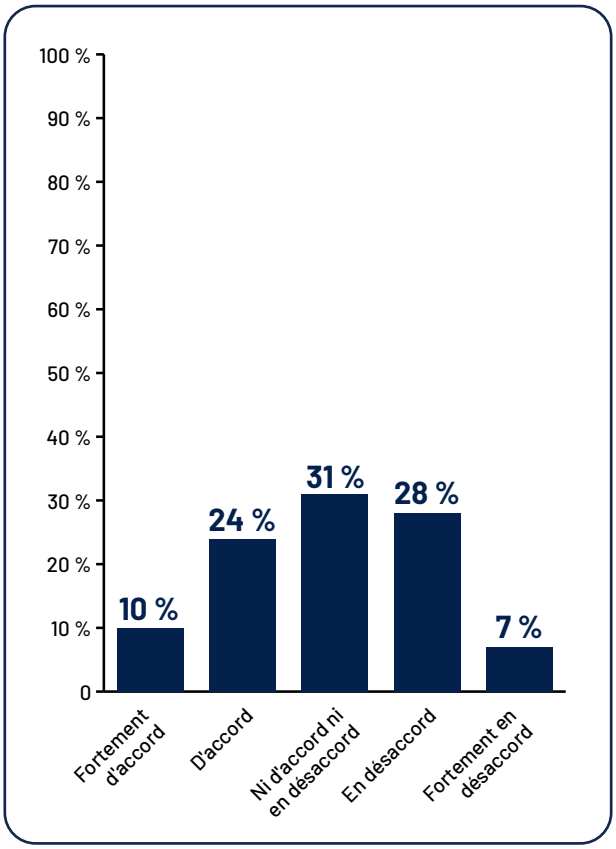
Dans l'industrie canadienne des produits métalliques et de la fabrication, les entreprises ont décrit leur parcours vers l'adoption numérique comme une décision opérationnelle séquentielle qui commençait souvent par un seul système « de base », qu'elles n'élargissent qu'une fois qu'il a fait ses preuves à l'atelier. Les entreprises ont également souligné que la gouvernance et le déploiement progressif sont essentiels pour que l'adoption se poursuive. Plutôt que d'essayer de former tout le monde en même temps, une entreprise a expliqué comment elle déployait délibérément la mise en œuvre de la technologie numérique en phases gérables. Pour cette entreprise, il ne s'agissait pas d'adopter « un nouveau logiciel simplement pour le plaisir », mais qu'il s'agissait plutôt d'une stratégie de survie à long terme. Comme les dirigeants l'ont dit au personnel : « si vous voulez travailler ici pendant les 30 prochaines années, nous devons être en avance, pas en retard, sinon nous allons simplement nous exclure lentement du marché.

Dans un environnement concurrentiel, la transformation numérique offrait de nouvelles possibilités passionnantes pour les fabricants canadiens de produits métalliques, mais la nécessité de gérer efficacement les changements organisationnels engendrés par les nouvelles technologies numériques était une question de compétitivité continue, de pertinence pour les clients et, en fin de compte, de survie de l'entreprise.

Les fabricants de produits métalliques participant à l'enquête du CTIC sur la transformation numérique auprès des fabricants canadiens ont indiqué être encore en train de développer la capacité de changement de transformation numérique à l'échelle du secteur.

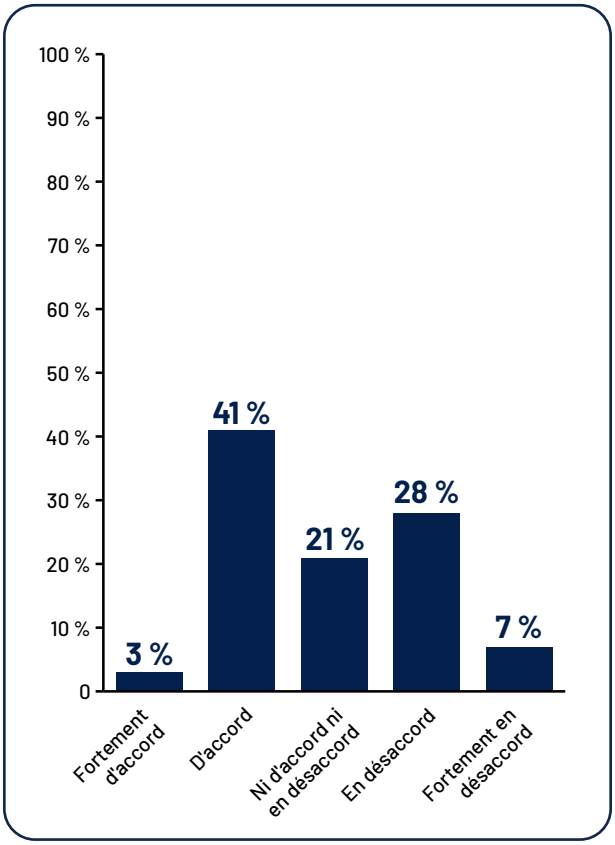
En ce qui concerne l'élaboration de stratégies complètes d'adoption des technologies numériques et le soutien à une forte culture du changement soutenant la transformation numérique, 34 % des fabricants ont déclaré disposer d'une stratégie globale d'adoption des technologies numériques et 44 % ont bénéficié d'une culture du changement adaptée à la transformation numérique (figures 14 et 15).

Figure 14. En accord/en désaccord - Mon organisation a une stratégie globale pour l'adoption des technologies numériques – Produits métalliques (2025)



Source : Enquête canadienne sur l'adoption des technologies numériques de fabrication du CTIC, 2025.

Figure 15. D'accord/en désaccord – Il existe une forte culture du changement qui harmonise la stratégie numérique, les actions et la structure de l'organisation – Produits métalliques (2025)



Source : Enquête canadienne sur l'adoption des technologies numériques de fabrication du CTIC, 2025.

Horizon d'adoption des technologies numériques

Comme le démontre cette étude de cas, les complexités techniques et organisationnelles liées à l'adoption des technologies numériques et à la transformation numérique sont immenses, mais non insurmontables. Les fabricants de produits métalliques devraient planifier l'adoption des technologies numériques sur un horizon de cinq ans. La figure 16 présente les horizons temporels d'adoption des technologies numériques pour la fabrication de produits métalliques.

Figure 16. Horizon d'adoption des technologies numériques

Phase d'adoption	Horizon temporel	Exemples illustratifs
I. Pilotes	Années 1-2	Expériences d'automatisation initiale de la production, adoption d'outils de planification de production par l'IA, de tableaux de bord en nuage, de projets pilotes de maintenance prédictive.
II. Mise à l'échelle	Années 3-5	Étendre les projets pilotes efficaces dans l'ensemble des lignes et usines de production, élargir les programmes de formation de la main-d'œuvre, accroître l'utilisation des capteurs IdO pour la surveillance en temps réel.
III. Intégration	Années 5+	Intégrer pleinement les écosystèmes numériques (p. ex., IA, IdO, informatique en nuage, jumeaux numériques), mettre en place des plateformes de données à l'échelle de l'entreprise, partager les données dans l'ensemble de la chaîne d'approvisionnement.

Note : cette chronologie reflète la manière dont les entreprises de l'étude de cas perçoivent leur propre préparation et leur rythme d'adoption. Les délais réels varient selon la taille de l'entreprise, les ressources et les conditions du marché.

Matrice des cas d'utilisation de la technologie numérique dans la fabrication de produits métalliques

Les cas d'utilisation précisent la façon dont différentes technologies numériques peuvent être adoptées dans une opération de fabrication. La figure 17 présente une matrice décrivant cinq exemples de cas d'utilisation pour chacune des sept technologies numériques abordées dans cette feuille de route, ainsi que les bénéfices pouvant découler de chaque cas d'utilisation. Comme il existe probablement des dizaines de cas d'utilisation différents pour chacune de ces technologies numériques de pointe, ainsi que des cas d'utilisation spécifiques pour des types spécifiques d'opérations de fabrication de produits métalliques, les cas présentés sont destinés à être illustratifs, plutôt qu'exhaustifs.

Figure 17. Matrice des cas d'utilisation des technologies numériques – Fabrication de produits métalliques

Technologie	Exemple de cas d'utilisation	Bénéfice(s)
IA/AA	Maintenance prédictive	Réduire le risque de temps d'arrêt imprévus et diminuer les incidents de défaillance catastrophiques des équipements.
	Robot conversationnel de maintenance/dépannage	Réduire les temps d'arrêt de l'équipement de production en accélérant la maintenance et le dépannage.
	Automatisation de la documentation de conformité et technique	Automatiser la production de la documentation sur les produits finis comme les rapports d'essai des matériaux.
	Tableau de bord de l'atelier de production compatible avec l'IA	Ajouter des capacités prédictives aux tableaux de bord de données, automatiser la prise de décision de routine.
	Contrôle adaptatif de processus activé par l'IA	Améliorer la qualité, augmenter le débit, réduire les temps d'arrêt, accroître l'efficacité énergétique et renforcer la flexibilité de la production.

Technologie	Exemple de cas d'utilisation	Bénéfice(s)
Analyse de mégadonnées	Optimisation des procédés/analyse des causes profondes	Augmenter le débit, identifier les causes profondes des variations, améliorer la qualité et réduire le gaspillage de matériaux.
	Prévision de la demande et optimisation des stocks	Augmenter la réactivité au marché, réduire les ferrailles et optimiser la planification de la production.
	Tableaux de bord/surveillance du rendement des fournisseurs	Surveiller en temps réel le rendement des fournisseurs, prédire les variations de rendement des fournisseurs et prédire les pénuries.
	Collecte de données de formation IA/AA pour la future construction de modèles d'IA	Collecter de grands volumes de données réelles issues des opérations de production pour entraîner des modèles d'AA en vue de la mise en œuvre future de l'IA.
	Suivi et analyse de la rentabilité de l'atelier et du travail	Suivre les temps et les intrants du cycle de travail, comprendre la rentabilité de l'atelier par tâche.
Informatique en nuage	Traçabilité des produits et gestion du cycle de vie	Enregistrements numériques pour soutenir la traçabilité des produits et la gestion du cycle de vie
	Partage centralisé des données entre installations et sites de production	Partage fluide des données entre les installations et les sites de production; flux d'information plus efficace.
	Systèmes MES/ERP basés sur l'informatique en nuage évolutive	Accroître la flexibilité des systèmes MES/ERP, réduire le risque de goulots d'étranglement liés à l'infrastructure numérique ou aux ressources informatiques, et réaliser des économies.
	Hébergement des jumeaux numériques et itérations évolutives	Héberger des jumeaux numériques de produit, d'équipement, de chaîne de production ou d'installation dans un environnement en nuage.
	Tableaux de bord individualisés des travailleurs de production	Héberger des tableaux de bord de données individualisés pour chaque membre de l'équipe de production avec des informations cruciales telles que la production, les incidents de sécurité, les interruptions non programmées et les annonces spéciales.
Cybersécurité (TI/TO)	Informations sur la détection d'intrusion et la sécurité; gestion des événements (SIEM)	Détection, analyse et réponse en temps réel aux incidents pour l'ensemble des réseaux et applications.
	Essais d'intrusion et exercices avec équipe rouge	Tester la résistance des réseaux TI/TO critiques, identifier les vulnérabilités des réseaux et des procédés opérationnels.
	Normes et bonnes pratiques en cybersécurité (p. ex., ISO 27001)	Renforcer la gouvernance et la conformité en cybersécurité, réduire les risques cybernétiques, respecter les exigences en matière d'assurance.
	Investigation numérique	Recueillir et collecter les données des réseaux TO/TI pour une investigation après un incident et aider les forces de l'ordre.
	Sauvegardes sécurisées et tests de reprise après sinistre	Réduire le risque de perte catastrophique de données et renforcer la continuité des activités.

Technologie	Exemple de cas d'utilisation	Bénéfice(s)
Jumeaux numériques	Jumeaux numériques d'outillage de production	Prédire l'usure des machines-outils en fonction de l'utilisation historique et du calendrier de production.
	Formation virtuelle des opérateurs d'équipements (VR/XR)	Réduction du temps de formation pour les nouvelles recrues, réduction du temps nécessaire pour former les travailleurs sur de vrais équipements.
	Conception et optimisation de la disposition des lignes de production/installations	Temps de réoutillage réduit, moins d'heures nécessaires aux techniciens pour déplacer les équipements.
	Jumeau numérique de conception pour fabrication	Optimiser les étapes de production des produits, itération et expérimentation rapides de produits.
	Conception des produits et collaboration	Favoriser la conception des produits et la collaboration entre les équipes de conception/production, les installations et les chaînes d'approvisionnement.
Robotique et automatisation industrielle	Cellules de soudure robotisées	Réduire l'exposition des travailleurs aux fumées de soudure, réduire les étincelles, soudures plus uniformes, vitesses de soudure plus rapides.
	Cellules de suppression de soutien pour l'impression 3D métallique	Améliorer la précision des cellules de suppression de soutien pour l'impression 3D et la sécurité des travailleurs.
	Cellules robotiques d'ébavurage/finition	Réduire l'exposition des travailleurs à la poussière, aux débris, aux vibrations; améliorer la qualité de l'ébavurage et de la finition, accroître la production.
	Robots industriels dotés de vision artificielle pour la manutention des pièces et matériaux	Augmenter la précision de prélèvement, réduire la fatigue des ouvriers, augmenter le débit des pièces.
	Robots mobiles autonomes (AMR) pour l'intralogistique des installations	Réduire les manipulations humaines requises pour les matériaux, surveillance en temps réel des flux de matériaux, flux agiles de matériaux.
Capteurs et IdO	Capteurs acoustiques, de température, de vibrations sur tours, machines CNC, imprimantes 3D, etc.	Surveiller les variations des paramètres de l'équipement de production pour la maintenance prédictive.
	Automatiser la collecte de données pour les tableaux de bord de données de production et d'exploitation d'atelier	Automatiser la collecte de données de production et d'exploitation pour les tableaux de bord des ateliers.
	Étiquettes RFID pour le suivi de la chaîne d'approvisionnement et des stocks	Suivre les produits, matériaux et actifs dans l'environnement de production afin de réduire le risque de perte d'actifs ou de stocks.
	Surveillance et gestion automatisées de l'énergie et des ressources	Les capteurs surveillent automatiquement la consommation des ressources (p. ex., l'électricité, l'air comprimé, les liquides de refroidissement, l'eau, etc.); détecter les variations d'utilisation des ressources.
	Capteurs IdO et appareils connectés pour les travailleurs pour la surveillance et la détection en temps réel des dangers	Améliorer la sécurité des travailleurs, réduire les incidents de sécurité et raccourcir le temps de résolution des risques.

Cadre de mesure du RCI

Comme pour d'autres décisions d'entreprise, l'investissement dans la transformation numérique et l'adoption de nouvelles technologies numériques doit être évalué sous un angle financier, être conforme aux objectifs stratégiques tels que la réduction des coûts, la croissance des revenus, la gestion des risques et être en harmonie avec la stratégie d'entreprise de haut niveau (figure 18).

Figure 18. Objectifs stratégiques de la transformation numérique

I. Réduire les coûts	Tirer parti des technologies numériques de pointe et exécuter la transformation numérique pour réduire les coûts, tant d'un point de vue opérationnel, en augmentant l'efficacité des résultats, que d'un point de vue d'entreprise, en diminuant les frais généraux et les intrants.
II. Accroître les revenus	Tirer parti des technologies numériques de pointe et exécuter la transformation numérique pour soutenir la croissance des revenus, en élargissant l'accès au marché, en augmentant l'innovation en matière de procédés et de produits, et en améliorant la capacité de production par unité.
III. Gérer les risques	Tirer parti des technologies numériques de pointe et exécuter la transformation numérique pour mieux gérer les risques opérationnels, d'entreprise et de marché, notamment en réduisant les erreurs et en améliorant la qualité, en fidélisant les clients et en améliorant la sécurité au travail.
IV. Alignement stratégique	Tirer parti des technologies numériques de pointe et exécuter la transformation numérique dans la poursuite d'une vision d'entreprise à long terme et de la planification stratégique d'entreprise, notamment en ce qui concerne des facteurs tels que l'accès au marché, l'innovation, le développement de la main-d'œuvre, les ressources humaines et la rentabilité.

Figure 19. Intrants d'investissement dans la transformation numérique

Catégorie	Investissements/dépenses	Exemples illustratifs
Technologie numérique et équipements	Robotique (cobots et robots industriels)	ABB CRB15000 GoFa, système de soudure BotX Cobot
	IdO/capteurs	Capteurs, contrôleurs, étiquettes RFID, caméras à vision artificielle
Infrastructure numérique	Réseau et connectivité	Ethernet industriel, 4G/5G, spectre LNCL d'ISDE[5]
	Programme de cybersécurité (TI/TO)	Pare-feu, SIEM, protection des points de terminaison, essais d'intrusion
	Abonnements aux services en nuage	AWS, Microsoft Azure, Google Cloud
Licences de logiciels	Plateformes IdO/IIdO	Siemens MindSphere, GE Predix, PTC ThingWorx
	Plateformes de mégadonnées/IA	Seebo, IBM Watson, Dassault Systèmes DELMIA Apriso
	Plateformes de cybersécurité (TI/TO)	Microsoft Defender, sécurité IdO/TO de Palo Alto Networks
	Système ERP en nuage/hybride	JobBOSS, Epicor Kinetic, Oracle NetSuite
	Plateformes tarifaires/marchandises contrôlées	Entreprise NEO, SAP Global Trade Services, F12.net
Ressources humaines et développement de la main-d'œuvre	Formation/développement de la main-d'œuvre	Formation des employés, mentorat/encadrement technique
	Recrutement de talents numériques	Recrutement sur campus, stage d'apprentissage, participation aux programmes coopératifs
	Gestion du changement	Communications internes, consultants
	Gestion des RH	Négociations syndicales, changements dans les descriptions de poste

Note : les applications logicielles et les plateformes matérielles mentionnées dans ce tableau sont fournies à titre d'exemple et ne doivent en aucun cas être interprétées comme des recommandations d'achat ou des avals.

Les investissements requis incluront des coûts de base tels que les nouvelles technologies et les nouveaux équipements, l'infrastructure numérique sous-jacente, les licences logicielles, ainsi que les coûts indirects, tels que la formation et le développement de la main-d'œuvre, la gestion du changement et les questions de RH (figure 19).

La figure 20 présente un cadre de rendement du capital investi (RCI) pour l'adoption des technologies numériques dans une entreprise manufacturière. Ce cadre de RCI est classé en différentes catégories de bénéfices, notamment l'efficacité opérationnelle, la productivité de la main-d'œuvre et du capital, l'accès au marché, l'innovation, la santé et la sécurité, et les facteurs ESG (environnementaux, sociaux et de gouvernance), et est recoupé par les objectifs stratégiques de transformation numérique évoqués ci-dessus.

Les calculs détaillés du RCI seront propres à chaque fabricant, y compris les combinaisons spécifiques de technologies numériques et leurs cas d'utilisation connexes, le cadre RCI présenté étant destiné à aider les fabricants à naviguer dans les évaluations du RCI et le développement d'analyses de rentabilité. Comme la matrice des cas d'utilisation, le cadre RCI est destiné à être illustratif plutôt qu'exhaustif.

5 Innovation, Sciences et Développement économique Canada (gouvernement du Canada), « Licences non concurrentielles locales (LNCL) », dernière mise à jour le 19 février 2026, https://ised-isde.canada.ca/site/gestion-spectre-telecommunications/fr/licences-certificats/licences-non-concurrentielles-locales-ncl.

Figure 20. Cadre RCI d'adoption des technologies numériques de pointe

	Bénéfices	Indicateurs de RCI	Alignement des objectifs			
Types de bénéfices	Bénéfices potentiels	Exemples de mesures	Réduire les coûts	Accroître les revenus	Gérer les risques	Alignement stratégique
Gains opérationnels	Production accrue	% d'augmentation des produits finis par heure		X		X
	Respect de la planification	% de diminution des variations de planification	X		X	
	Réduction du gaspillage de matières premières	% de réduction des déchets de matières premières	X			
	Réduction des erreurs	% de réduction du taux d'erreur	X		X	
Productivité de la main-d'œuvre	Automatisation des tâches	Nbre d'heures de travail économisées	X			
	Redéploiement de la main-d'œuvre	% du rôle révisé pour des tâches de plus grande valeur	X	X		X
	Renforcement de l'engagement des employés	% d'augmentation de l'engagement des employés				
	Réduction de l'absentéisme	% de diminution des heures d'absence	X		X	
Productivité du capital	Utilisation des équipements	% d'augmentation de l'utilisation des équipements	X			
	Flexibilité de la chaîne de production	% de réduction du temps de réaménagement de la ligne	X			X
	Réduction des temps d'arrêt des équipements	% de réduction du temps d'arrêt des équipements	X			
	Efficacité de l'investissement en capital	% d'augmentation du BAIIDA par dollar d'immobilisations corporelles (PP&E)	X			X
Accès au marché	Nouveaux clients	Nbre de nouveaux contacts		X		X
	Développement commercial efficace	% du taux de soumissions victorieuses pour les nouveaux contacts	X	X		
	Fidélisation des clients	% des clients existants conservés	X	X	X	X
	Liens avec les capacités numériques	% des appels d'offres nécessitant des capacités numériques		X		X
Innovation	Temps réduit d'itération des produits	% de réduction du temps nécessaire pour itérer la conception	X	X		X
	Projets pilotes numériques lancés	Nbre de nouveaux projets pilotes d'adoption des technologies numériques			X	X
	Temps de développement du prototype	% de réduction du temps de développement de prototypes	X			X
	Réduction du temps de mise en marché	Nbre de semaines de mise en marché réduites	X	X		
Santé et sécurité	Réduction des incidents de temps perdu	% de réduction des incidents de temps perdu	X		X	
	Réduction des blessures dues à la contrainte répétitive	% de réduction des blessures dues à la contrainte répétitive	X		X	
	Traçabilité plus rapide des produits	% de réduction des analyses de causes profondes	X		X	
	Primes réduites pour accidents du travail	% de réduction des primes pour accidents du travail	X		X	
Mesures ESG	Empreinte carbone réduite	% de réduction de l'empreinte carbone	X		X	X
	Amélioration de l'efficacité énergétique	% de réduction de la consommation d'électricité de l'installation	X		X	X
	Apports de matériaux réduits	% de réduction de l'apport de matériau par unité	X		X	X
	Réduction de la consommation d'eau	% de réduction de l'utilisation d'eau de l'installation	X		X	X

Liste de contrôle de la gestion du changement

L'adoption des technologies numériques dans les opérations de fabrication existantes nécessite une planification attentive de la gestion du changement. En investissant du temps et des ressources dans une stratégie de gestion du changement en soutien à la transformation numérique, il est possible de multiplier par sept les chances qu'un projet atteigne ses objectifs, tout en produisant un RCI de 3:1 à 7:1, selon le livre blanc de 2025 de Culture Partners[6]. De même, un engagement précoce dans la gestion du changement peut augmenter le RCI du projet de 40 à 60 %[7].

Les plans de gestion du changement soutenant les initiatives d'adoption des technologies numériques doivent inclure un commanditaire du projet, définir les rôles et responsabilités, identifier un champion pour diriger le changement, inclure la planification des communications internes et externes, ainsi qu'un plan de formation du personnel. Les plans doivent également inclure des boucles de rétroaction préétablies, telles que des portails de commentaires, des enquêtes et des séances de discussion ouverte pour le personnel.

Enfin, ils devraient inclure des échéanciers et des objectifs mesurables assurant le suivi des progrès, des dispositions célébrant les réussites obtenues, ainsi que des options assurant l'expansion des projets pilotes efficaces à des projets de transformation numérique plus vastes. La figure 21 ci-dessous présente une liste de contrôle de la gestion du changement à utiliser dans les initiatives d'adoption des technologies numériques.

6 Culture Partners, « Change Management ROI : Measuring Financial Returns and Business Impact », 10 juin 2025, https://culturepartners.com/insights/change-management-roi-measuring-financial-returns-and-business-impact/.

7 Ibid.

Figure 21. Liste de contrôle de la gestion du changement dans l'adoption des technologies numériques

I. Phase préalable à la mise en œuvre :

- Assurer l'engagement des dirigeants et établir une vision claire de la transformation numérique.
- Réaliser une évaluation complète des compétences et définir les besoins de formation.
- Mettre en place une équipe de projet dédiée avec des représentants de tous les départements concernés.
- Élaborer un plan de communication en tenant compte des préoccupations et des bénéfices pour toutes les parties prenantes.
- Définir les indicateurs de réussite et établir des mesures de référence pour le suivi du RCI.

II. Phase de mise en œuvre :

- Exécuter des projets pilotes sur la technologie avec une portée réduite et gérable avant le déploiement complet.
- Offrir de la formation pratique à tous les utilisateurs, avec une attention particulière aux employés de production.
- Mettre en place des mécanismes de rétroaction et des suivis réguliers avec l'équipe de mise en œuvre.
- Traiter la résistance de manière proactive par l'engagement et la communication transparente.
- Documenter les leçons apprises et ajuster l'approche en fonction des résultats des projets pilotes.

III. Phase postérieure à la mise en œuvre :

- Mesurer les résultats selon des indicateurs de réussite établis et un cadre de RCI.
- Célébrer les premières victoires obtenues et reconnaître les contributions de l'équipe pour créer de l'élan.
- Établir des processus d'amélioration continue pour une optimisation continue.
- Planifier la mise à l'échelle des mises en œuvre réussies dans d'autres installations ou procédés.
- Mettre à jour les programmes de formation en fonction de l'expérience réelle et de la rétroaction des utilisateurs.

Points de contrôle des phases de la transformation numérique

Lors de la transformation numérique des entreprises manufacturières, on peut soutenir le plan de gestion du changement en structurant le changement à l'aide de points de contrôle pour les phases, lesquels sont adaptés à l'échéancier de transformation numérique décrit précédemment dans ce document.

Par exemple, si un fabricant de produits métalliques, comme un atelier d'usinage, souhaitait adopter une suite de capteurs IdO pour ses équipements de production comme des tours, des fraises CNC et des fraises verticales, le point de contrôle 1 pourrait vérifier si l'équipement est compatible avec les nouveaux capteurs et si la zone où se trouve la cellule de production nécessite une connectivité pour que les capteurs transmettent les données vers une base de données en nuage.

Le point de contrôle 2 servirait à vérifier si les nouveaux capteurs IdO peuvent saisir correctement les données sur une période de temps et si ces données peuvent fournir à la direction des informations sur l'état du processus de production. Une fois le point de contrôle 2 terminé, les fabricants doivent procéder à une évaluation financière du projet pilote afin de mesurer le RCI et vérifier le respect des objectifs stratégiques (à savoir la réduction des coûts, la croissance des revenus, la gestion des risques et l'alignement stratégique à long terme). La validation financière intermédiaire aide les entreprises à réduire le risque de se laisser influencer par les coûts irrécupérables.

Le point de contrôle 3 inclurait la formation des opérateurs de tous les employés de production et machinistes, tandis que le point de contrôle 4 inclurait l'expansion de l'initiative d'adoption technologique et l'ajout de capteurs IdO aux autres secteurs de l'atelier. La figure 22 présente une approche progressive de points de contrôle de phases pour la transformation numérique dans la fabrication, incluant des exemples illustratifs pour chacune des sept technologies numériques abordées dans cette feuille de route.

Figure 22. Points de contrôle des phases de la transformation numérique

Technologies numériques	Point de contrôle 1 – Contrôle de la préparation technique	Point de contrôle 2 – Projet pilote validé	Étape de validation financière intermédiaire	Point de contrôle 3 – Main-d'œuvre formée	Point de contrôle 4 – Intégration approuvée
IA/AA	Identifier le cas d'utilisation (p. ex., maintenance prédictive).	Projet pilote de modèle d'IA sur une seule chaîne de production.	Indicateurs de RCI prédéfinis alignés sur les objectifs stratégiques.	Former les techniciens de la maintenance à interpréter les extrants.	Déploiement dans les installations.
Analyse de mégadonnées	Veiller à mettre en place une infrastructure de saisie de données.	Projets pilotes de tableaux de bord pour l'analyse des causes profondes.	Indicateurs de RCI prédéfinis alignés sur les objectifs stratégiques.	Former les analystes des données et les membres des équipes de production.	Évoluer vers la prise de décision au niveau de l'entreprise.
Informatique en nuage	Évaluer les solutions/options en nuage des fournisseurs.	Projet pilote de MES/ERP en nuage en version d'essai.	Indicateurs de RCI prédéfinis alignés sur les objectifs stratégiques.	Donner de la formation aux responsables des TI et d'usine sur le nouveau système.	Migrer complètement les flux de travail vers les systèmes MES/ERP en nuage.
Cybersécurité (TI/TO)	Évaluation de la sécurité de base.	Projet pilote de système de détection d'intrusion.	Indicateurs de RCI prédéfinis alignés sur les objectifs stratégiques.	Donner de la formation au personnel sur les protocoles cybernétiques.	Certifier la conformité à l'échelle de l'entreprise.
Jumeaux numériques	Développer un jumeau numérique pour une pièce d'équipement d'usinage.	Valider le jumeau par rapport au rendement réel.	Indicateurs de RCI prédéfinis alignés sur les objectifs stratégiques.	Donner de la formation aux machinistes et opérateurs d'équipement à l'aide de simulations.	Passer aux jumeaux numériques de lignes ou d'installations.
Capteurs / IdO	Installer des capteurs sur une cellule d'usinage.	Valider l'amélioration des extrants / des économies de temps d'arrêt.	Indicateurs de RCI prédéfinis alignés sur les objectifs stratégiques.	Donner de la formation aux machinistes sur l'utilisation de la nouvelle technologie.	Expansion sur la ligne de soudure.
Robotique	Évaluer la préparation des cobots/robots pour une tâche de l'atelier d'usinage.	Projet pilote de cobot pour l'ébavurage ou la finition d'une pièce de métal.	Indicateurs de RCI prédéfinis alignés sur les objectifs stratégiques.	Donner de la formation à l'équipe de production sur la sécurité et le travail de collaboration avec les cobots.	Intégrer la robotique à plusieurs cellules d'usinage.

Gestion des risques

Comme pour toute nouvelle initiative, le risque et l'incertitude font partie intégrante du changement et doivent être pris en compte dans les plans d'un projet. La figure 23 ci-dessous fournit un exemple de registre des risques. De tels outils peuvent être utilisés pour documenter et spécifier les risques liés à l'adoption des technologies et à la transformation numérique.

Figure 23. Exemple de registre des risques pour la transformation numérique dans le secteur canadien de la fabrication de produits métalliques

Catégorie de risque	Risque spécifique	Impact	Probabilité	Stratégies d'atténuation possibles
Technique	Échecs de l'intégration	Majeur	Moyenne	Pilotes/essais, partenariats avec les fournisseurs
	Vulnérabilités de cybersécurité	Majeur	Moyenne	Cadre de sécurité, audits, réponse
	Compatibilité avec systèmes existants	Moyen	Élevée	Évaluation, intergiciel, migration
Financier	Dépassements de coûts	Majeur	Moyenne	Mise en œuvre par phases, indicateurs de RCI
	RCI négatif	Moyen	Moyenne	Suivi des indicateurs de RCI
Ressources humaines	Lacunes en compétences numériques	Majeur	Élevée	Formation, recrutement axé sur les compétences numériques
	Résistance de la main-d'œuvre	Moyen	Moyenne	Contribution des employés
Opérationnel	Interruptions de production	Majeur	Moyenne	Opérations parallèles, temps d'arrêt programmé
	Perturbations de la chaîne d'approvisionnement	Majeur	Élevée	Approvisionnement multirégion, accumulation de stocks
Risque lié aux fournisseurs	Problèmes de fiabilité des fournisseurs technologiques	Moyen	Moyenne	Fournisseurs multiples, ANS, plans de secours
	Mise sous-clef d'un fournisseur	Majeur	Moyenne	Normes ouvertes, portabilité, stratégie de sortie
Marché et risque externe	Changements réglementaires/politiques	Moyen	Moyenne	Surveillance, conformité flexible
	Pression concurrentielle	Majeur	Moyenne	Surveillance du marché, stratégie agile

Scénarios déclencheurs de gestion des risques

Outre la liste des risques visant à soutenir la transformation numérique de l'entreprise, des scénarios déclencheurs peuvent être utilisés comme outils de gestion des risques. Les scénarios déclencheurs sont des indications qu'un risque est en cours ou qu'il existe une probabilité accrue que ce risque survienne. La figure 24 ci-dessous présente des scénarios déclencheurs illustratifs avec des indicateurs d'alerte précoce et des actions suggérées, et il explique aux PME comment déterminer si un risque augmente et comment prendre des mesures rapides pour atténuer ce risque.

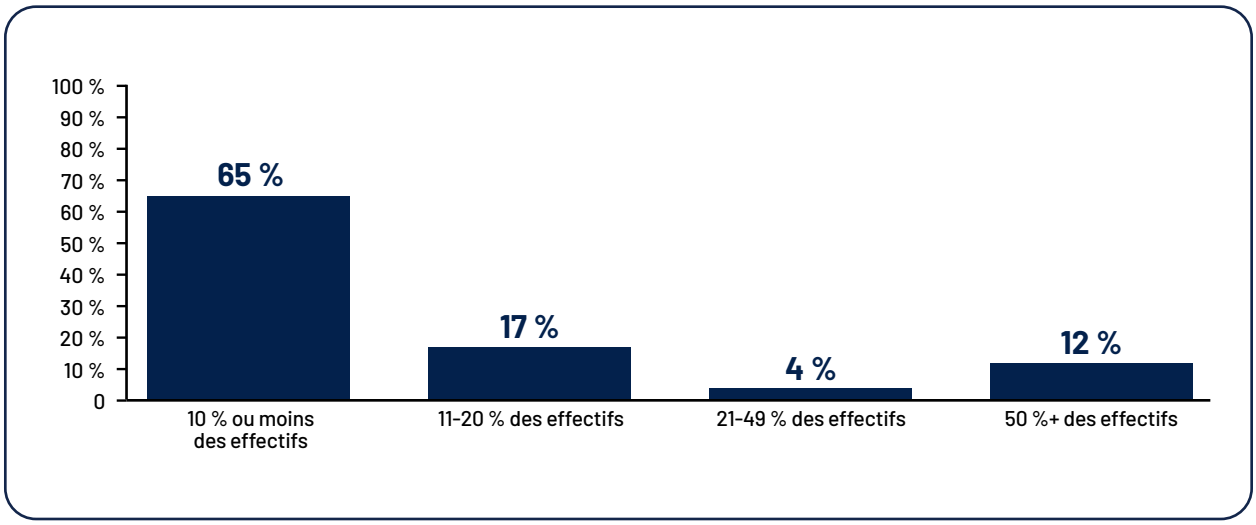
Figure 24. Exemples de scénarios déclencheurs dans la fabrication de produits métalliques

Scénario déclencheur	Indicateur d'alerte précoce	Actions potentielles
I. Un différend commercial conduit à des restrictions tarifaires et des restrictions liées aux pays d'origine sur des marchés d'exportation clés.	Les organismes de réglementation demandent des commentaires sur les nouveaux règlements à l'étude. Les clients étrangers laissent entrevoir d'éventuels changements dans les régimes tarifaires sur des marchés clés.	Utiliser le système ERP pour suivre les codes SH de tous les intrants de matériaux et pièces finies destinées à l'exportation; utiliser les données d'entreprise pour quantifier l'exposition à aux tarifs sur l'exportation de façon continue.
II. Un fournisseur clé montre des signes de détresse financière.	Livraisons en retard, baisse de qualité, rétrogradation de la note de crédit.	Identifier des fournisseurs de remplacement; construire des stocks tampons; effectuer une planification d'urgence.
III. Le roulement de personnel augmente dans les métiers qualifiés et de production.	Augmentation de la dépendance aux heures supplémentaires, entretiens de départ invoquant l'insatisfaction au travail.	Mettre en place des mesures de rétention; accélérer la formation croisée; ajuster les plans d'embauche.
IV. Baisse de la fiabilité des équipements.	Augmentation des temps d'arrêt imprévus ou appels de maintenance répétés.	Lancer un projet pilote de maintenance prédictive; exécuter des analyses des causes profondes des temps d'arrêt; prioriser le calendrier de remplacement de l'investissement en capital.
V. La demande des clients évolue soudainement.	Baisse des commandes fermes ou des demandes de nouvelles configurations de produits.	Réévaluer le plan de production; explorer l'utilisation de jumeaux numériques de produits; augmenter l'utilisation de l'automatisation flexible.

Talents, développement de la main-d'œuvre et formation

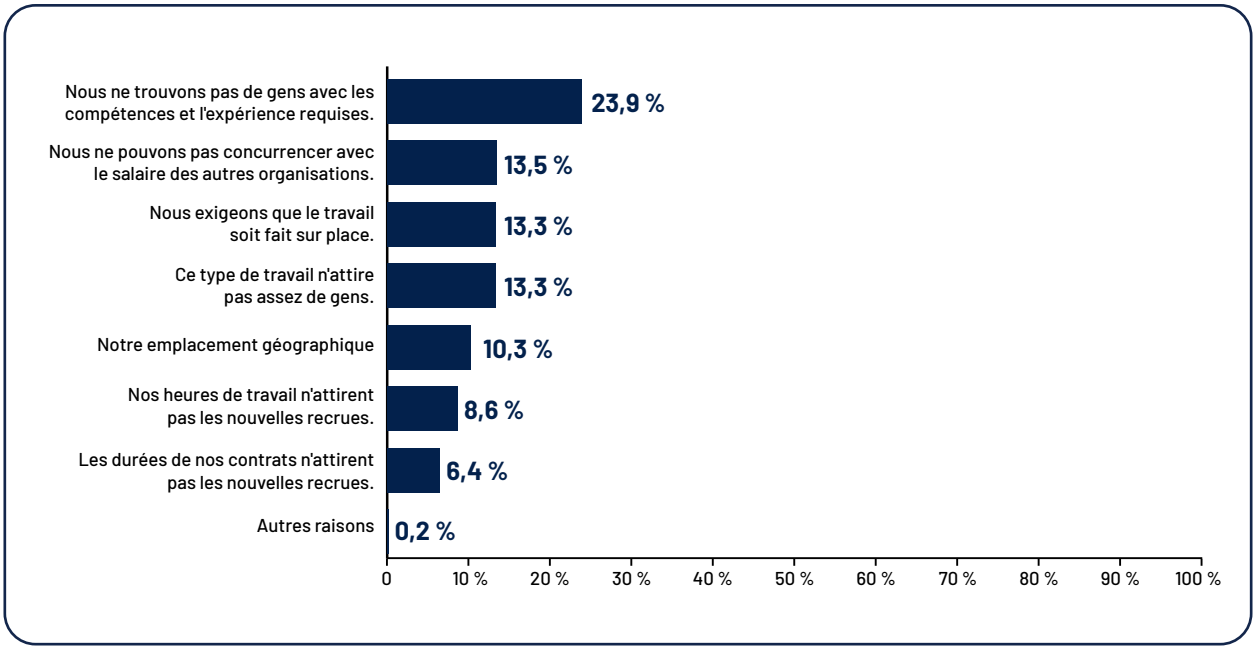
Il est essentiel de développer une main-d'œuvre manufacturière qualifiée sur le plan numérique pour réaliser pleinement le potentiel de la transformation numérique dans le secteur canadien de la fabrication de produits métalliques. Il existe un besoin important d'accroître la proportion de la main-d'œuvre qui sert de moteur à la transformation numérique dans la fabrication de produits métalliques. L'enquête du CTIC de 2025 sur l'adoption des technologies numériques dans le secteur canadien de la fabrication a révélé que 65 % des fabricants de produits métalliques interrogés consacraient 10 % de leurs effectifs ou moins à la transformation numérique (figure 25).

Figure 25. Main-d'œuvre dédiée à la transformation numérique chez les fabricants canadiens de produits métalliques (2025)



Source : Enquête canadienne sur l'adoption des technologies numériques de fabrication du CTIC, 2025.

Figure 26. Défis des employeurs canadiens pour le recrutement d'employés technologiques au cours des 12 derniers mois



Source : Enquête auprès des employeurs sur l'économie numérique de 2024 du CTIC.

La concurrence est immense pour le recrutement de talents numériques dans des secteurs adjacents à la fabrication — tels que les infrastructures, l'énergie, les ressources naturelles et la technologie. En effet, le recrutement de travailleurs technologiques possédant la combinaison requise de compétences et d'expérience était le principal défi de recrutement rencontré par les employeurs à travers le Canada, selon l'enquête auprès des employeurs sur l'économie numérique de 2024 du CTIC (figure 26)[8].

En plus de recruter et de retenir des talents numériques qualifiés pour stimuler l'adoption numérique dans le secteur canadien de la fabrication de produits métalliques, il existe d'importantes possibilités d'investissement dans des programmes de perfectionnement et de requalification professionnelle pour la main-d'œuvre existante.

Les fabricants adoptant les technologies numériques dans leurs opérations dans le cadre d'une transformation numérique doivent veiller à ce que leurs effectifs disposent des compétences numériques essentielles de base. Cela inclut les compétences numériques en fabrication de pointe indiquées à la figure 27.

8 Maryna Ivus, Todd Legere, Christopher Lindstrom, Sheldon Lopez et Faun Rice, « Pouls de l'économie numérique : tendances en matière de productivité et d'emploi au Canada, Conseil des technologies de l'information et des communications (CTIC), 2025, https://ictc-ctic.ca/reports/digital-economy-pulse-productivity-and-employment-trends-canada-august-2025, 22, figure 9.

Figure 27. Compétences numériques de base pour la fabrication de pointe

Interaction robotique de pointe	Sécurité et productivité en interagissant avec la robotique de pointe dans des environnements d'usinage ou de fabrication, y compris les interactions avec les cobots.
Notions fondamentales en IA et AA	Comprendre les capacités et les limites des systèmes d'IA/AA ainsi que la manière dont les systèmes autonomes sont adoptés dans les applications de fabrication de pointe.
Applications de l'informatique en nuage	Travailler avec des systèmes de fabrication et d'entreprise en nuage comme les applications MES et ERP.
Notions fondamentales en cybersécurité	Connaissance de base de la sécurité des TI/TO dans les environnements de fabrication.
Exploitation des jumeaux numériques	Gestion et interprétation des représentations virtuelles de systèmes physiques.
Analyse et interprétation des données	Comprendre comment collecter, sélectionner, analyser et agir pour ce qui est des grands volumes de données opérationnelles.

Surtout, les fabricants de produits métalliques engagés dans la transformation numérique doivent instaurer une culture d'apprentissage continu au sein de leurs équipes grâce à des stratégies organisationnelles réfléchies et à l'adoption de modèles de formation innovants pour favoriser les talents numériques[9].

L'apprentissage doit être structuré de manière concrète qui favorise le développement des connaissances pratiques et des compétences numériques. Les figures 28 et 29 présentent les stratégies organisationnelles et les modèles de formation qui favorisent les talents numériques en fabrication de produits métalliques.

9 Le Conference Board du Canada, « Bâtir une main-d'œuvre dotée de compétences numériques : réflexions des employeurs et des leaders en matière de compétences au Canada », Le Conference Board du Canada et le Centre des compétences futures, mars 2022, https://fsc-ccf.ca/fr/recherche/building-a-digitally-skilled-workforce/.

Figure 28. Stratégies organisationnelles favorisant les compétences numériques en fabrication de pointe

Intégrer les compétences numériques aux rôles existants	Intégrer des compétences numériques aux postes existants plutôt que de créer des postes numériques distincts.
Fournir de la reconnaissance et des incitatifs	Des systèmes de reconnaissance et d'incitatifs qui récompensent le développement des compétences numériques et le partage des connaissances.
Développer des capacités de formation à l'interne pour les compétences numériques	Investir dans des formations à l'interne pour réduire la dépendance aux fournisseurs externes.
Inclure la main-d'œuvre dans les projets pilotes	Établir des équipes d'employés multifonctionnelles dans toute l'entreprise manufacturière pour lancer des projets pilotes d'adoption technologique, et documenter les apprentissages.
Établir des partenariats de développement des talents numériques	Partenariats avec des établissements postsecondaires, des fournisseurs de technologies et d'autres acteurs de l'écosystème pour le développement continu des compétences.

Figure 29. Modèles de formation favorisant les compétences numériques en fabrication de pointe

Mentorat intergénérationnel	Associer des employés ayant des qualifications numériques à des machinistes, des soudeurs et d'autres employés de production expérimentés.
Apprentissage basé sur la simulation	Utiliser des environnements de jumeaux numériques, associés à la VR/XR, pour des expériences de formation sûres et réalistes.
Modules de micro-apprentissage	Séances de formation courtes et ciblées qui s'adaptent aux horaires de travail et de production.
Formation soutenue par les fournisseurs	Tirer parti de l'expertise des fournisseurs technologiques afin d'offrir une formation spécifique aux systèmes.
Micro-accréditations	Programmes éducatifs courts, axés sur les compétences et flexibles, souvent offerts en ligne.

Développement de partenariats stratégiques

Les fabricants canadiens de produits métalliques n'ont pas à entreprendre seuls leur parcours de transformation numérique. En effet, il existe de nombreuses organisations extérieures dans l'industrie manufacturière et le secteur public avec lesquelles les fabricants de produits métalliques peuvent développer des partenariats stratégiques. Cela inclut des associations industrielles ainsi que d'autres acteurs de l'écosystème, tels que les groupes de travail industriels, des initiatives de formation dirigées par l'industrie et les incubateurs technologiques. Les établissements postsecondaires peuvent également être mis à profit pour offrir de la formation à la main-d'œuvre, et constituer un vivier de nouveaux talents, à l'aide d'initiatives d'apprentissage intégré au travail (AIT), comme les programmes d'apprentis et coopératifs, le recrutement sur les campus, ainsi que la recherche conjointe.

De même, les relations avec les parties prenantes comme les clients, fournisseurs, prestataires technologiques doivent être prises en compte lors de la transformation numérique. La figure 30 ci-dessous présente les principaux secteurs de partenariats stratégiques et de gestion des parties prenantes, qui doivent être pris en compte lors de la transformation numérique.

Figure 30. Secteurs de partenariats stratégiques

Clients	Vendeurs et fournisseurs	Associations industrielles et groupes d'écosystèmes	Établissements postsecondaires
› Programmes de co-investissement et de partage des coûts pour la transformation numérique › Plateformes numériques ouvertes et normes de données interopérables › Protocoles conjoints de cybersécurité et d'information › Programmes pilotes conjoints de transformation numérique	› Programmes de co-investissement et de partage des coûts pour la transformation numérique › Plateformes numériques ouvertes et normes de données interopérables › Programme de formation et de mentorat/ d'encadrement technique des fournisseurs › Protocoles conjoints de cybersécurité et d'information	› Groupes de travail industriels (p. ex., groupe de travail conjoint sur la transformation numérique) › Programmes d'incubateurs technologiques/de démarrage › Initiatives de formation et de développement de la main-d'œuvre menées par l'industrie › Initiatives sectorielles en affaires publiques et relations gouvernementales	› Formation de la main-d'œuvre et développement des talents › Programmes AIT (p. ex., stages, stages coopératifs, formation pratique) › Recrutement sur les campus (p. ex., salons de l'emploi, soirées professionnelles) › Recherche conjointe industrielle-universitaire › Conseils consultatifs sur les programmes d'études industrielles

Partage d'informations et de données pour les partenariats stratégiques dans la fabrication de produits métalliques

En plus des principaux secteurs de partenariat mentionnés ci-dessus, les fabricants de produits métalliques doivent être prêts à développer conjointement des cadres et accords de partenariat prédéfinis dès le départ entre les nouveaux partenaires. La compréhension commune entre les partenaires des objectifs, de la portée et des délais du partenariat est essentielle pour favoriser la réussite des partenariats. Les fabricants de produits métalliques doivent également comprendre les types de données potentiellement sensibles et non personnelles, comme les données de production et de processus, les données financières, et les données sur la chaîne d'approvisionnement qu'ils devront peut-être partager avec les partenaires (figure 31).

Figure 31. Informations sur les partenariats stratégiques et considérations liées au partage des données

Alignement stratégique

- Objectifs, portée et échéancier du partenariat
- Analyse de rentabilité et attentes liées au rendement du capital investi (p. ex., indicateurs financiers/de rendement)
- Modèle de gouvernance et processus décisionnels (p. ex., titulaires de la propriété intellectuelle, résolution des litiges)
- Cadres de partage des connaissances (p. ex., accords de publication, ateliers conjoints, groupes d'utilisateurs, démonstrateurs technologiques, projets pilotes)

Exigences techniques en matière de données

- Systèmes et procédés de fabrication (p. ex., systèmes d'entreprise et systèmes de contrôle (MES/ERP), inventaire de machines/équipements)
- Connectivité des installations (p. ex., 5G, Ethernet)
- Partage de données non personnelles (p. ex., données sur la production et les procédés, PI/secrets commerciaux, informations sur la qualité, les finances, la sécurité et les incidents, la chaîne d'approvisionnement)
- Normes d'interopérabilité et formats de données
- Normes de cybersécurité/protection des données

Exigences de sécurité, de réglementation et de conformité

- Normes de qualité
- Normes de santé et sécurité
- Normes environnementales/ESG
- Accords de propriété intellectuelle et de confidentialité

Adoption des technologies numériques : un appel à l'action

Le secteur canadien de la fabrication de produits métalliques bénéficiera grandement de l'adoption croissante des technologies numériques dans l'ensemble de l'industrie manufacturière. Le secteur joue un rôle important dans l'économie canadienne, en tant que centre important de production des produits métalliques essentiels aux chaînes d'approvisionnement critiques, comme celles de l'aérospatiale et de la défense, de l'automobile et de l'énergie.

Au cours des cinq à dix prochaines années, les technologies numériques émergentes comme la robotique de pointe, l'IA, l'IdO et les jumeaux numériques offriront de grandes possibilités, mais les infrastructures numériques doivent être continuellement mises à jour, et la main-d'œuvre de la fabrication de produits métalliques doit être continuellement formée et perfectionnée pour que l'on puisse tirer le meilleur parti des technologies numériques innovantes dans les usines et les ateliers. Les PME canadiennes du secteur de la fabrication de produits métalliques devraient s'efforcer de mettre en place des infrastructures numériques de base, comprenant notamment des technologies telles qu'un simple système ERP en nuage et un programme de cybersécurité de base pour les systèmes TI et TO.

De même, pour tirer le meilleur parti de la transformation numérique, les entreprises de fabrication de produits métalliques doivent comprendre et évaluer rigoureusement les possibilités offertes par les technologies numériques innovantes, les intégrer à leurs plans d'affaires et à leurs stratégies d'entreprise à long terme, élaborer des analyses de rentabilité, mesurer le rendement du capital investi, évaluer les risques, gérer le changement organisationnel et cartographier les parties prenantes et partenaires stratégiques.

Mesures à prendre

Évaluation	Cartographier les procédés actuels et les capacités technologiques, et définir les lacunes numériques.
Projet pilote	Commencer par un petit projet (p. ex., l'automatisation d'une cellule de production, la maintenance prédictive ou un outil de traitement de la documentation basé sur l'IA).
Formation	Encourager la contribution du personnel dès le départ, former des champions du changement numérique dans les ateliers, recruter des talents en technologies numériques.
Partenariats	Collaborer avec des fournisseurs, des établissements postsecondaires, des associations industrielles et des groupes d'écosystèmes, ainsi que des clients pour acquérir de l'expertise et partager les ressources.
Mise à l'échelle	Étendre les projets pilotes éprouvés à l'ensemble des cellules de production et familles de produits.
Intégration	Déployer les initiatives d'adoption technologique mises à l'échelle en une pile technologique cohérente pour stimuler la rentabilité, les économies de coûts et la productivité.
Itération	Répéter le cycle d'adoption des technologies à mesure que de nouvelles technologies émergent et que les marchés évoluent.

Méthodes de recherche

Cette feuille de route pour le secteur canadien de la fabrication des produits métalliques repose sur des méthodes de recherche mixtes comprenant une enquête sectorielle auprès des fabricants de pointe canadiens, une série d'entretiens avec des répondants clés, une table ronde industrielle et une analyse complète de la documentation.

Le CTIC a mené une enquête sectorielle auprès des fabricants canadiens (n = 133) entre juin et juillet 2025, à laquelle ont répondu 29 entreprises du secteur canadien de la fabrication de produits métalliques. Compte tenu de la grande diversité des types d'entreprises actives dans la fabrication de produits métalliques et de la taille relativement petite de l'échantillon, les données de l'enquête pourraient ne pas refléter pleinement la situation de l'ensemble des fabricants de produits métalliques canadiens. Le CTIC a également mené cinq entretiens semi-structurés avec des répondants clés, comprenant des cadres supérieurs, des dirigeants techniques et d'autres experts du secteur canadien de la fabrication de produits métalliques. Le CTIC a également organisé une table ronde sectorielle sur la fabrication de produits métalliques avec des chefs de file du secteur en janvier 2026.

Avant de procéder à la collecte de données primaires, le CTIC a mené une analyse complète de la documentation sur la transformation numérique, les cas d'utilisation des technologies numériques dans la fabrication et l'état actuel de la fabrication de pointe au Canada. Les informations recueillies lors de l'analyse documentaire ont permis d'éclairer les questions posées aux participants à la recherche dans le cadre de l'enquête sectorielle, des entretiens avec les répondants clés et des groupes de discussion, ainsi que de concevoir le document final de la feuille de route.