

CARTOGRAPHIE DE L'INDUSTRIE CANADIENNE DES SEMI-CONDUCTEURS :

Perspectives sur les talents, le perfectionnement de la main-d'œuvre et les forces technologiques

ICTC CTIC

Recherche par

ICTC CTIC

Financé en partie par le gouvernement du Canada par le biais du programme de stages pratiques pour étudiants

Canada

PRÉFACE

Le Conseil des technologies de l'information et des communications (CTIC) est un centre d'expertise national neutre et sans but lucratif qui a pour mission de renforcer l'avantage numérique du Canada dans l'économie mondiale. Depuis plus de 30 ans, le CTIC fournit des recherches prospectives, des conseils pratiques en matière de politiques et des solutions de développement des capacités pour les personnes et les entreprises. L'objectif de l'organisme 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 info@ictc-ctic.ca

POUR CITER CE RAPPORT

Erik Henningsmoen, Sheldon Lopez et Mairead Matthews. Cartographie de l'industrie canadienne des semi-conducteurs : Perspectives sur les talents, le perfectionnement de la main-d'œuvre et les forces technologiques. Conseil des technologies de l'information et des communications (CTIC), novembre 2025. Ottawa, Canada. (Noms des auteurs présentés en ordre alphabétique)

Recherches et rédaction par Erik Henningsmoen (analyste principal de la recherche et des politiques), Sheldon Lopez et Mairead Matthews, avec le généreux soutien de Jianshi Li (scientifique des données), Iman Yahyaie (directeur principal, relations avec l'industrie et les écosystèmes), Weiyi Chang (gestionnaire principale du développement et des affaires publiques) et l'équipe de la recherche et des politiques du CTIC.

RÉSUMÉ

L'économie numérique moderne dépend des semi-conducteurs : ces petits dispositifs électroniques, souvent appelés des puces, sont utilisés dans le matériel informatique et d'autres appareils électroniques pour traiter les données, amplifier et convertir les signaux, gérer les flux de puissance et stocker des informations. Les semi-conducteurs sont à la base de la quasi-totalité des processus informatiques numériques, des appareils électroniques et des technologies de l'information d'aujourd'hui.

Le Canada abrite une industrie des semi-conducteurs relativement petite, mais dynamique; des entreprises canadiennes travaillent à l'avant-garde des technologies des semi-conducteurs avancés, notamment l'emballage avancé, les semi-conducteurs analogiques et à signaux mixtes, les semi-conducteurs composés, les systèmes microélectromécaniques et la photonique. Cette industrie possède des atouts dans les domaines de la recherche et du développement (R-D) et de la conception, ainsi que dans celui de l'emballage avancé. Les capacités technologiques du Canada offrent un potentiel important dans les domaines de l'informatique de pointe, comme l'intelligence artificielle et l'informatique quantique, qui dépendent fortement des technologies avancées des semi-conducteurs et d'une chaîne d'approvisionnement stable et sûre.

Les entreprises canadiennes de semi-conducteurs contribuent aux chaînes d'approvisionnement mondiales et offrent des produits et des services dans des secteurs clés de l'industrie mondiale. Bien qu'il y ait des activités de fabrication au pays, elles sont limitées et représentent une part plus faible de l'industrie que les activités de recherche, de conception et de développement.

Le Canada dispose d'un vaste bassin de talents dans le domaine des semi-conducteurs, mais comme il s'agit d'une industrie mondiale, les entreprises doivent rivaliser avec celles des pays pairs pour attirer et retenir les meilleurs talents. Une grande partie de son expertise en la matière provient d'un personnel hautement qualifié, souvent titulaire d'un diplôme d'études supérieures dans les domaines de la science, de la technologie, de l'ingénierie et des mathématiques (STIM); par conséquent, l'industrie est en concurrence avec d'autres secteurs technologiques de pointe, dont le développement de logiciels et l'intelligence artificielle, pour attirer des diplômés talentueux. En outre, une grande partie de la main-d'œuvre dans le domaine des semi-conducteurs a été formée par d'anciennes entreprises, notamment Nortel, et approche aujourd'hui de la retraite. Pour répondre aux besoins futurs de l'industrie et tirer parti de ses forces technologiques, le Canada doit développer son bassin de talents afin d'attirer de nouveaux travailleurs hautement qualifiés dans ce secteur.

LISTE DES ACRONYMES

AIT : apprentissage intégré au travail

AMD : Advanced Micro Devices

ASIC : circuit intégré spécifique à une application

ATE : assemblage, test, emballage

C2MI : Centre de Collaboration MiQro Innovation

CAN ou CNA : convertisseur analogique-numérique ou convertisseur numérique-analogique

CFPC : Centre de fabrication pour la photonique du Canada

CSC : Conseil des semi-conducteurs du Canada

CSET : Center for Security and Emerging Technology

CTIC : Conseil des technologies de l'information et des communications

DEL : diode électroluminescente

DRAM : mémoire vive dynamique

EIMT : évaluation de l'impact sur le marché du travail

FPGA : puce de matrice prédiffusée programmable par l'utilisateur

GaAs : arséniure de gallium

GaN : nitrure de gallium

IA : intelligence artificielle

IDO : Internet des objets

MEMS : système microélectromécanique

OSAT : assemblage et test externalisés de semi-conducteurs

PE : protocole d'entente

PI : propriété intellectuelle

R-D : recherche et développement

RMR : région métropolitaine de recensement

SECTR : Semiconductor Ecosystem and Centre for Talent and Research

STIM : science, technologie, ingénierie et mathématiques

TSMC : Taiwan Semiconductor Manufacturing Company Limited

UTG : unité de traitement graphique

UV extrêmes : rayons ultraviolets extrêmes

VHDL : langage de description de matériel des circuits intégrés à très grande vitesse (VHSIC)

TABLE DES MATIÈRES

Avant-propos **5**

Introduction **7**

Introduction à l'industrie des semi-conducteurs **9**

Qu'est-ce qu'un semi-conducteur ? 9

Comment les semi-conducteurs sont-ils fabriqués ? 9

Partie I : L'industrie canadienne des semi-conducteurs **11**

Entreprises au Canada et chaîne de valeur des semi-conducteurs 11

› *Qu'est-ce qu'une usine de fabrication de semi-conducteurs ?* *13*

› *Une usine de semi-conducteurs au Canada ?* *14*

› *Cartographie de la chaîne de valeur des semi-conducteurs au Canada par activités des entreprises* *16*

Entreprises de l'industrie canadienne des semi-conducteurs par taille 17

Entreprises de l'industrie canadienne des semi-conducteurs par année de création 18

Entreprises de l'industrie canadienne des semi-conducteurs par répartition géographique 19

Points forts des technologies canadiennes dans le domaine des semi-conducteurs 21

› *Technologies émergentes de semi-conducteurs au Canada* *24*

› *Cartographie de l'industrie canadienne des semi-conducteurs par orientation technologique* *25*

› *Marchés des utilisateurs finaux de l'industrie canadienne des semi-conducteurs* *26*

Partie II : La main-d'œuvre canadienne dans le secteur des semi-conducteurs **28**

Défis en matière de main-d'œuvre 29

Approches en matière de développement de la main-d'œuvre 32

Emplois et compétences au service de l'industrie canadienne des semi-conducteurs 34

› *Postes clés dans l'industrie des semi-conducteurs* *34*

› *Demande de postes dans l'industrie canadienne des semi-conducteurs* *36*

› *Demande de compétences dans l'industrie canadienne des semi-conducteurs* *38*

Conclusion et recommandations stratégiques **42**

Recommandations stratégiques 42

Annexe A : Méthodes de recherche **44**

Limites de l'étude 47

AVANT-PROPOS

Grâce à des partenariats stratégiques, à des collaborations internationales et à des initiatives de recherche et de politique informées par l'industrie, le Conseil des technologies de l'information et des communications (CTIC) a réalisé des progrès considérables dans le développement de l'industrie canadienne des semi-conducteurs.

De septembre 2024 à juin 2025, le CTIC a mené les recherches pour cette étude, analysant l'industrie des semi-conducteurs et le marché du travail au pays. Les recherches ont consisté à interroger 27 experts de l'industrie, à cartographier 248 entreprises de semi-conducteurs opérant au Canada et à analyser plus de 1500 offres d'emploi de cette industrie entre janvier 2022 et mars 2025. Cette étude donne une vue d'ensemble du paysage actuel en établissant les domaines technologiques dans lesquels le Canada possède un avantage concurrentiel, les pôles régionaux d'activité, ainsi que les défis et les lacunes actuelles de l'industrie. De plus, elle explore les emplois et les compétences au cœur de l'industrie, recense les connaissances et les capacités recherchées, met en évidence les défis en matière de main-d'œuvre et recommande des stratégies pour le perfectionnement de la main-d'œuvre.

Outre cette étude, le CTIC a établi un partenariat avec le Center for Security and Emerging Technology (CSET) de l'Université de Georgetown afin de lancer une initiative de recherche inédite comparant les industries des semi-conducteurs du Canada et des États-Unis du point de vue de la main-d'œuvre[1]**.** L'initiative, qui est toujours en cours, se concentrera sur les forces nationales, la résilience de la chaîne d'approvisionnement, les besoins du marché du travail, les occasions de perfectionnement de la main-d'œuvre et les possibilités de collaboration entre les deux pays afin de renforcer la sécurité économique et la compétitivité mondiale. Cette étude devrait être publiée à la fin de 2025.



Depuis octobre 2024, le CTIC est associé au Conseil des semi-conducteurs du Canada (CSC) pour mener des recherches primaires sur l'industrie canadienne des semi-conducteurs[2]**.** Cette collaboration a permis d'élargir le champ d'application et la portée des deux initiatives, en permettant la réalisation d'entretiens communs, l'échange des principales conclusions et l'intégration de perspectives élargies qui ont servi de base à l'étude que vous lisez aujourd'hui.

CANADA'S SEMICONDUCTOR COUNCIL

1 Conseil des technologies de l'information et des communications (CTIC), ICTC Partners with Georgetown's CSET to Map Semiconductor Industries in Canada and the United States (communiqué de presse), novembre 2024, https://ictc-ctic.ca/news-and-events/news-articles/ictc-partners-georgetowns-cset-map-semiconductor-industries-canada.

2 Voir : Conseil des semi-conducteurs du Canada, Strengthening Canada's Semiconductor Talent Pipeline for Global Competitiveness: Talent & Workforce Development Working Group Report 2025, juin 2025, https://irp.cdn-website.com/e5abb5aa/files/uploaded/Talent+-+Workforce+Development+Working+Group+Report_final-1f758c22.pdf.

Au début de 2025, le CTIC a signé un protocole d'entente (PE) avec CMC Microsystems afin de renforcer l'incidence des diverses initiatives de perfectionnement des talents du CTIC, y compris son programme d'apprentissage intégré au travail (AIT) numérique, sur l'industrie canadienne des semi-conducteurs. Le programme d'AIT numérique aide les employeurs admissibles à embaucher des étudiants de niveau postsecondaire pour des stages d'AIT, avec des subventions couvrant jusqu'à 70 % du salaire (maximum de 7000 $)[3]. Dans le cadre de ce PE, le CTIC a affecté une partie de ses subventions aux stages de ce programme pour les étudiants admissibles embauchés par le réseau d'entreprises de semi-conducteurs de CMC Microsystems, favorisant ainsi la création d'un bassin de talents plus important pour l'industrie.

FABrIC | Powered by Propulsé par CMC

En 2025, le CTIC a collaboré avec un consortium d'entreprises du domaine des semi-conducteurs et des hautes technologies, dont le CSC, CMC Microsystems, Semiconductor Ecosystem and Centre for Talent and Research (SECTR) et ventureLAB, et a participé à de multiples représentations conjointes dans le cadre des consultations du gouvernement du Canada sur le budget 2025[4]. Lors des représentations, il a souligné le besoin urgent d'investir dans des initiatives de formation et de perfectionnement de la main-d'œuvre ciblées et axées sur l'industrie afin de remédier à la pénurie de talents dans l'industrie des semi-conducteurs. Il a également demandé des investissements stratégiques dans la commercialisation nationale des semi-conducteurs, la protection de la propriété intellectuelle (PI) et l'expansion des installations de recherche, de développement, de conception et de fabrication commerciale, ainsi que l'élaboration et la mise en œuvre d'une stratégie nationale en matière de semi-conducteurs pour le Canada[5].



Ce rapport s'appuie sur les efforts continus du CTIC pour développer l'industrie des semi-conducteurs au Canada et fournit aux parties prenantes un résumé clair de son état actuel. Il met également en évidence les avantages concurrentiels du pays, les défis en matière de main-d'œuvre, les professions et les compétences recherchées, ainsi que les initiatives existantes relatives à la main-d'œuvre visant à surmonter les obstacles sectoriels.

3 Pour en savoir plus, voir : eTalent Canada, Apprentissage intégré au travail (AIT) numérique, Conseil des technologies de l'information et des communications (CTIC), https://etalentcanada.ca/fr/pour-employeuses-et-employeurs/programmes/apprentissage-integre-au-travail-ait-numerique.

4 Voir : Mémoire pour les consultations prébudgétaires en vue du prochain budget fédéral 2025-2026, Conseil des technologies de l'information et des communications (CTIC), Conseil des semi-conducteurs du Canada (CSC), CMC Microsystems (CMC), Centre de formation et de recherche sur l'écosystème des semi-conducteurs (SECTR) et ventureLAB, 8 avril 2025, https://ictc-ctic.ca/fr/rapports/memoire-pour-les-consultations-prebudgetaires-en-vue-du-prochain-budget-federal-2025-2026.

5 Voir : Conseil des semi-conducteurs du Canada (CSC), CMC Microsystems (CMC), Conseil des technologies de l'information et des communications (CTIC) et ventureLAB, Submission for the Pre-Budget Consultations in Advance of the Fall 2025 Federal Budget, juillet 2025, https://www.canadassemiconductorcouncil.com/initiatives#BudgetProposals.

INTRODUCTION

L'INDUSTRIE CANADIENNE DES SEMI-CONDUCTEURS EST ESSENTIELLE À LA PROSPÉRITÉ ET À LA CROISSANCE FUTURES DU PAYS.

Les semi-conducteurs sont le socle de l'économie numérique moderne. Ils constituent des intrants primordiaux pour les technologies d'importance stratégique, notamment les télécommunications, les transmissions de données à haute vitesse, la photonique, l'informatique, l'aérospatiale et la défense, l'automobile, y compris les véhicules électriques et les batteries, la fabrication d'équipements de pointe et l'électronique grand public. Les semi-conducteurs sont également des intrants essentiels pour les capteurs et les micropuces qui alimentent les applications d'intelligence artificielle (IA) pour les soins de santé, la découverte de médicaments, l'agriculture de précision, les systèmes alimentaires intelligents, les bâtiments intelligents et les technologies propres.

En plus d'être essentiels pour les technologies d'importance nationale, les semi-conducteurs pourraient engendrer une croissance économique majeure. L'augmentation de la demande mondiale de produits et de services d'IA, ainsi que d'infrastructures informatiques et de réseaux avancés, alimente le besoin de technologies de semi-conducteurs, notamment les capteurs, les micropuces et les unités de traitement avancées. De nombreuses entreprises canadiennes du domaine font déjà état d'une demande robuste et croissante pour leurs produits et services. Les entreprises en démarrage innovantes spécialisées dans les semi-conducteurs sont également devenues un atout majeur de l'écosystème d'innovation du pays.

LE CANADA A LA POSSIBILITÉ DE DEVENIR UN CHEF DE FILE DE L'INDUSTRIE DANS DES SEGMENTS CLÉS DE LA CHAÎNE D'APPROVISIONNEMENT DES SEMI-CONDUCTEURS.

Le pays peut se targuer d'une grande expertise dans la recherche et le développement (R-D), la conception et la fabrication ciblée de semi-conducteurs. Alors que d'autres régions se distinguent dans des segments à fort volume et à faible marge, les entreprises canadiennes excellent dans des segments à faible volume et à marge élevée, comme la photonique, les communications optiques, les semi-conducteurs composés et l'emballage avancé, qui sont essentiels pour des technologies telles que l'IA et l'informatique quantique. L'expertise d'aujourd'hui provient du succès rapide d'entreprises comme Nortel, qui a inspiré une génération d'entrepreneurs à Toronto, Waterloo, Ottawa, Montréal, Bromont, Calgary, Edmonton et Vancouver, et qui a attiré une foule de multinationales au Canada.

L'INDUSTRIE CANADIENNE DES SEMI-CONDUCTEURS A MALGRÉ TOUT DES DÉFIS À RELEVER.

Les participants à cette étude ont souligné les défis majeurs qui menacent la croissance de l'industrie canadienne des semi-conducteurs. Il s'agit notamment d'une offre insuffisante de talents pour répondre aux trajectoires de croissance et d'une pénurie d'infrastructures locales de fabrication, d'emballage et de test. Ces facteurs freinent le perfectionnement de la main-d'œuvre et soumettent les entreprises canadiennes à de longs cycles de R-D en raison du temps nécessaire pour expédier des produits physiques dans le monde entier.

Des entreprises en pleine croissance font part de leur intention d'ouvrir leur prochain centre de conception à l'étranger ou d'embaucher des talents à distance dans des endroits comme le Texas, la Californie, les Pays-Bas et la France, en raison d'une offre insuffisante de talents locaux. Les chefs de file de l'industrie ont indiqué que la concurrence pour le personnel hautement qualifié constitue le principal obstacle au maintien des entreprises de semi-conducteurs au Canada.

Les experts du secteur consultés dans le cadre de cette étude évoquent également un manque de soutien gouvernemental par rapport à d'autres écosystèmes technologiques; ils mentionnent notamment le fait que les investissements stratégiques dans les semi-conducteurs et les politiques tardent à se concrétiser.

Les principaux informateurs de cette étude ont souligné que, si le Canada a été lent à investir dans son industrie des semi-conducteurs, d'autres pays et régions accélèrent leurs efforts et acquièrent rapidement des technologies stratégiques et des droits de PI, tant des chefs de file reconnus comme le Japon, Taïwan, les États-Unis et l'Europe que des nouveaux venus dans l'industrie. « C'est à eux que nous

nous mesurons [...] et nous n'avons pas réellement conscience de la vitesse à laquelle nous pouvons prendre du retard », a déclaré un dirigeant de l'industrie lors d'un entretien.

D'autres personnes interrogées ont souligné que le Canada est le seul pays du G7 à ne pas avoir de stratégie en matière de semi-conducteurs, ce qui indique que le gouvernement ne les considère pas comme aussi essentiels que les domaines technologiques en aval comme l'IA et l'informatique quantique, malgré les liens qui les unissent.

LE RENFORCEMENT DE L'INDUSTRIE CANADIENNE INTÉRIEURE DES SEMI-CONDUCTEURS ET LA RÉPONSE AUX PRINCIPAUX DÉFIS SONT UN ENJEU D'IMPORTANCE NATIONALE.

Pour rester concurrentiel dans les industries numériques stratégiques comme l'IA et l'informatique quantique, le Canada doit renforcer son industrie intérieure des semi-conducteurs et relever les défis auxquels celle-ci fait face, notamment sa capacité de recherche, de développement, de conception et de fabrication ciblée de semi-conducteurs.

Il doit également garantir l'accès aux chaînes d'approvisionnement. Un manque d'accès aux semi-conducteurs et à d'autres intrants essentiels mettrait en péril la participation du pays dans des domaines transformationnels comme l'informatique quantique et l'IA, surtout dans un contexte géopolitique marqué par le déclin de la coopération multilatérale, l'incertitude du commerce international et la perturbation des chaînes d'approvisionnement.

À terme, l'impossibilité à accéder et à participer aux chaînes d'approvisionnement mondiales des semi-conducteurs dégraderait le statut du Canada en tant qu'économie avancée et affaiblirait son influence sur les évolutions technologiques. Les perturbations du commerce mondial et les tensions géopolitiques menacent de déstabiliser les chaînes d'approvisionnement physiques et fondées sur les droits de PI qui soutiennent cette industrie. Bien qu'une autosuffisance totale ne soit pas nécessaire, il est essentiel d'investir dans la recherche, le développement, la collaboration et la fabrication intérieurs avec des partenaires mondiaux pour maintenir la sécurité économique et technologique du Canada.

LE CRÉNEAU POUR SÉCURISER L'INDUSTRIE CANADIENNE DES SEMI-CONDUCTEURS EST RESTREINT.

Les personnes interrogées dans le cadre de cette étude indiquent que les possibilités d'investir dans l'industrie des semi-conducteurs au Canada sont très limitées. En effet, une grande partie de la main-d'œuvre actuelle du secteur canadien des semi-conducteurs devrait prendre sa retraite au cours de la prochaine décennie, ce qui signifie que le temps est compté pour transmettre à la prochaine génération l'expertise dans les technologies des semi-conducteurs comme la photonique, les communications optiques, les systèmes microélectromécaniques (MEMS), les semi-conducteurs composés et l'emballage avancé.

Du même coup, l'augmentation de la demande mondiale de produits et de services d'IA, ainsi que d'infrastructures informatiques et de réseaux avancés, fait croître le besoin de produits utilisant des semi-conducteurs et de services connexes. Les entreprises de semi-conducteurs sont soumises à une pression croissante pour répondre à la demande mondiale et pourraient choisir d'investir ailleurs si l'offre de talents et le soutien aux entreprises au Canada ne parviennent pas à répondre aux besoins actuels de l'industrie.

CE RAPPORT OFFRE UN APERÇU OPPORTUN DE L'ÉTAT DE L'INDUSTRIE DES SEMI-CONDUCTEURS AU CANADA AFIN QUE LE PAYS PUISSE TIRER PARTI DE CES TENDANCES.

- **La section I** porte sur les forces du Canada, y compris les marchés verticaux et les domaines technologiques stratégiques dans lesquels le pays dispose d'un avantage concurrentiel. On y détaille également les défis auxquels font face les entreprises canadiennes de semi-conducteurs.
- Dans **la section II**, on présente une vue d'ensemble des professions et des compétences recherchées par l'industrie des semi-conducteurs au pays, ainsi que des talents dont l'industrie a besoin pour réussir dans un marché mondial concurrentiel. En outre, les lacunes de la main-d'œuvre canadienne dans le domaine sont mises en évidence et les fonctions les plus susceptibles de souffrir d'une pénurie de main-d'œuvre sont énumérées.

INTRODUCTION À L'INDUSTRIE DES SEMI-CONDUCTEURS

QU'EST-CE QU'UN SEMI-CONDUCTEUR ?

Les semi-conducteurs sont des matériaux, comme le silicium, situés entre les conducteurs électriques (comme le cuivre) et les isolants (comme le verre ou le caoutchouc), ce qui leur permet de contrôler le flux de courant électrique dans différentes conditions[6]. Ces propriétés sont exploitées dans les appareils électroniques et le matériel informatique pour diverses tâches, comme les microprocesseurs dans les ordinateurs. L'économie numérique mondiale repose donc sur la technologie des semi-conducteurs.

Du point de vue de l'économie numérique, le terme « semi-conducteurs » fait référence aux puces composées de millions, voire de milliards, de petits transistors placés sur une matrice qui contrôlent le flux d'électricité à travers un matériau semi-conducteur. En général, plus il y a de transistors sur une puce semi-conductrice, plus la capacité de calcul ou la puissance de traitement de la puce est importante. Selon la loi de Moore, énoncée par le pionnier des semi-conducteurs Gordon Moore en 1965, la densité des transistors pouvant tenir sur une puce double tous les deux ans, entraînant une croissance exponentielle de la capacité des puces.

Cette observation s'est avérée véridique pendant des dizaines d'années, stimulant l'industrie des semi-conducteurs et permettant des avancées remarquables dans les domaines de l'électronique et de l'informatique[7]. Récemment, certains experts ont remis en question l'application de cette loi dans l'avenir, alors que la conception de puces de pointe se heurte à des obstacles physiques et technologiques importants, voire insurmontables, et croient que d'autres paradigmes de conception de semi-conducteurs (au-delà de la miniaturisation des transistors) seront nécessaires pour concevoir les puces de la prochaine génération d'appareils électroniques et informatiques avancés[8].

COMMENT LES SEMI-CONDUCTEURS SONT-ILS FABRIQUÉS ?

La chaîne de valeur des semi-conducteurs peut être décomposée en trois étapes principales : (1) la conception, (2) la fabrication et (3) l'assemblage, le test et l'emballage (ATE). À l'étape de la conception, les ingénieurs et les scientifiques conçoivent de nouvelles puces à l'aide de puissants outils logiciels d'automatisation de la conception électronique des semi-conducteurs. Les concepteurs de semi-conducteurs peuvent également intégrer des blocs de PI préconçus pour certaines fonctions de la puce, qui peuvent être concédés sous licence par des sociétés spécialisées dans la PI des semi-conducteurs. La conception fait ensuite l'objet de tests rigoureux pour vérifier la fonctionnalité et détecter des erreurs potentielles. Les concepteurs de semi-conducteurs peuvent également travailler en étroite collaboration avec les usines de fabrication de semi-conducteurs pour s'assurer que les conceptions créées peuvent être fabriquées de manière abordable.

À l'étape de la fabrication, les conceptions finies sont transformées en micropuces à partir de matières premières, dont des plaquettes de silicium, au moyen d'une série de processus extrêmement complexes et précis. Il s'agit notamment de la photolithographie, du dépôt de matériaux (comme le dépôt chimique en phase vapeur et le dépôt de couches atomiques), de la gravure (humide et sèche), de l'implantation ionique (pour le dopage) et de la planarisation chimico-mécanique.

Le processus de fabrication exact mis en œuvre par les usines de fabrication de semi-conducteurs dépend du type de dispositif avec semi-conducteur produit, des matériaux à partir desquels il est fabriqué et des caractéristiques de fonctionnement

6 Voir : Trevor Thornton, « What is a semiconductor? An electrical engineer explains how these critical electronic components work and how they are made », The Conversation, 10 août 2022, https://theconversation.com/what-is-a-semiconductor-an-electrical-engineer-explains-how-these-critical-electronic-components-work-and-how-they-are-made-188337; Taylor Kubota, « Engineering professor explains semiconductors », Stanford Report, Université Stanford, 20 septembre 2023, https://news.stanford.edu/stories/2023/09/stanford-explainer-semiconductors; Lenovo, Qu'est-ce qu'un semi-conducteur ?, consulté le 20 mars 2025, https://www.lenovo.com/ca/en/glossary/what-is-semiconductor/.

7 Synopsys, How Does Moore's Law Work, consulté le 20 mars 2025, https://www.synopsys.com/glossary/what-is-moores-law.html.

8 Devorah Fischler, « Is Moore's Law Really Dead? », Penn Engineering Magazine, School of Engineering and Applied Science, Université de Pennsylvanie, 2024-2025, https://magazine.seas.upenn.edu/2024-2025/.

visées. La fabrication de semi-conducteurs est largement considérée comme l'un des processus de fabrication les plus complexes de l'histoire de l'humanité[9]. Elle a lieu dans d'immenses salles blanches où la poussière, la température, l'humidité et les vibrations sont rigoureusement contrôlées pour atteindre des tolérances de l'ordre du nanomètre. Les équipements utilisés, notamment les systèmes de photolithographie à rayons ultraviolets extrêmes (UV extrêmes) ou les outils de dépôt, sont hautement spécialisés, et dans certains cas, un seul appareil peut coûter des centaines de millions de dollars[10]. Par conséquent, la construction et l'exploitation d'une usine de fabrication de semi-conducteurs de pointe nécessitent des investissements astronomiques, souvent de 10 milliards de dollars ou plus pour une seule installation[11].

Une fois fabriquées, les plaquettes de semi-conducteurs sont divisées en puces individuelles, testées, puis emballées pour être intégrées dans des appareils électroniques, du matériel informatique et des infrastructures numériques, comme des serveurs de centres de données. L'emballage avancé est devenu plus courant, car la fonctionnalité des puces s'est accrue et les puces fragmentées et autres conceptions de puces multiples sont devenues plus courantes dans l'industrie. Selon une étude réalisée en 2024 par le Boston Consulting Group, le marché de l'emballage avancé devrait doubler d'ici 2030 en raison de l'importance croissante de cette technologie dans la conception des semi-conducteurs avancés[12].

Les puces nouvellement emballées sont ensuite expédiées à des clients, comme des fabricants de matériel informatique et électronique, pour être intégrées dans de nouveaux appareils. La chaîne de valeur des semi-conducteurs et les principaux matériaux, logiciels et équipements utilisés sont présentés de façon générale dans la figure 1.

Figure 1. Chaîne de valeur générale des semi-conducteurs

Étape		Équipements, logiciels et matériaux
1	Conception	› Outils logiciels pour l'automatisation de la conception électronique › Langages de description de matériel (p. ex., Verilog, langage de description de matériel des circuits intégrés à très grande vitesse [VHDL]) › Architectures (p. ex., ARM, RISC-V, x86)
2	Fabrication	› Équipement de fabrication (p. ex., appareils de photolithographie) › Produits chimiques (p. ex., dopants, masque de résine photosensible, eau ultrapure)
3	Assemblage, test, emballage (ATE)	› Outils de test pour les plaquettes et les dispositifs finis › Découpage des plaquettes (traçoirs, scies à diamant, lasers, etc.) › Matériaux d'emballage (métaux, thermoplastiques et résines, céramiques, etc.) › Emballage avancé pouvant inclure des interconnexions et des composants spécialisés (p. ex., microcâblage, soudures, lasers, photodiodes)
Expédition aux clients en aval pour l'ajout dans les appareils électroniques et le matériel informatique.		

Source : Adapté de Center for Strategic & International Studies, 2023; Center for Security and Emerging Technology, 2021[13].

9 Bradley Ramsey, The Complicated (And Expensive) Process of Manufacturing Semiconductors, Supplyframe, consulté le 16 mai 2025, https://intelligence.supplyframe.com/complex-expensive-manufacturing-semiconductors/.

10 Anton Shilov, « ASML's High-NA chipmaking tool will cost $380 million — the company already has orders for '10 to 20' machines and is ramping up production », Tom's Hardware, 13 février 2024, https://www.tomshardware.com/tech-industry/manufacturing/asmls-high-na-chipmaking-tool-will-cost-dollar380-million-the-company-already-has-orders-for-10-to-20-machines-and-is-ramping-up-production.

11 Brian Potter, « How to Build a $20 Billion Semiconductor Fab », Construction Physics, 3 mai 2024, https://www.construction-physics.com/p/how-to-build-a-20-billion-semiconductor.

12 Joseph Fitzgerald, et coll., Advanced Packaging Is Radically Reshaping the Chip Ecosystem, Boston Consulting Group, 20 mai 2024, https://www.bcg.com/publications/2024/advanced-packaging-is-reshaping-the-chip-industry.

13 Akhil Thadani et Gregory C. Allen, Mapping the Semiconductor Supply Chain: The Critical Role of the Indo-Pacific Region, Center for Strategic & International Studies, mai 2023, https://www.csis.org/analysis/mapping-semiconductor-supply-chain-critical-role-indo-pacific-region, figure 2; Saif M. Khan, Dahlia Peterson et Alexander Mann, The Semiconductor Supply Chain: Assessing National Competitiveness, Center for Security and Emerging Technology, janvier 2021, https://cset.georgetown.edu/publication/the-semiconductor-supply-chain/, figure 1.

PARTIE I :

L'INDUSTRIE CANADIENNE DES SEMI-CONDUCTEURS

Le Canada abrite de nombreuses entreprises en démarrage, de petites ou moyennes entreprises (PME), de grandes multinationales et un écosystème favorable d'incubateurs technologiques, de groupes industriels et de réseaux de recherche universitaire qui stimulent le progrès et l'innovation dans l'industrie canadienne des semi-conducteurs. Les entretiens avec les experts de l'industrie ont mis en évidence la nature mondialisée de cette industrie, les entreprises au pays faisant régulièrement des affaires avec leurs homologues du monde entier, notamment à Taïwan, aux États-Unis et en Europe.

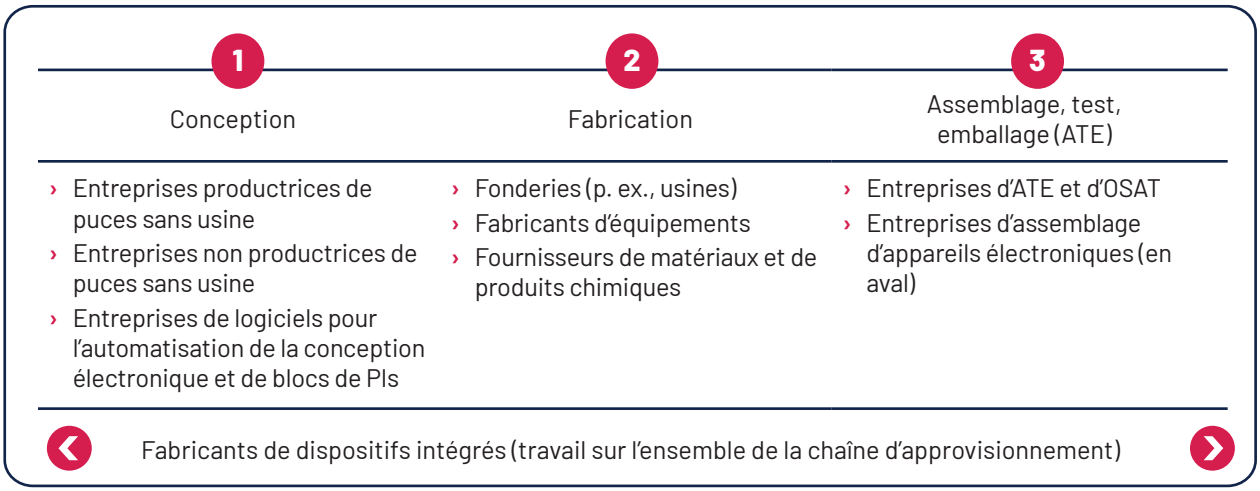
ENTREPRISES AU CANADA ET CHAÎNE DE VALEUR DES SEMI-CONDUCTEURS

Dans la chaîne d'approvisionnement mondiale des semi-conducteurs, on compte des entreprises productrices de puces sans usine, qui se concentrent sur la R-D et la conception de nouvelles puces; des entreprises de logiciels pour l'automatisation de la conception électronique et de blocs de PI; et des entreprises non productrices de puces sans usine, qui conçoivent des semi-conducteurs personnalisés destinés à être utilisés dans leurs propres produits et services.

Les fonderies de semi-conducteurs (p. ex., usines) sont au cœur de la fabrication des semi-conducteurs. Les plus grandes usines de fabrication de semi-conducteurs, dont Taïwan Semiconductor Manufacturing Company Limited (TSMC), produisent des puces pour des clients de partout dans le monde à une échelle immense et à un niveau de sophistication technologique de premier plan. Les fournisseurs d'équipements de fabrication de semi-conducteurs, tels que ASML et Carl Zeiss SMT, et les fournisseurs de matériaux, tels que DuPont, constituent la chaîne d'approvisionnement mondiale de la production de semi-conducteurs. Les entreprises d'ATE et d'assemblage et de test externalisés de semi-conducteurs (OSAT) fournissent des services d'emballage, d'assemblage et de test.

Les grandes entreprises peuvent englober de multiples activités tout au long de la chaîne de valeur. Par exemple, les grandes multinationales comme Texas Instruments, souvent décrites comme des fabricants de dispositifs intégrés, franchissent de multiples étapes tout au long de la chaîne de valeur des semi-conducteurs, menant souvent leurs activités verticalement intégrées à l'échelle mondiale. L'ensemble de la chaîne d'approvisionnement des semi-conducteurs est complexe et de portée mondiale; les connaissances, les matériaux, la main-d'œuvre qualifiée et les produits finis traversent fréquemment les frontières. Les différents types d'entreprises qui participent à la chaîne de valeur mondiale des semi-conducteurs sont présentés dans la figure 2.

Figure 2. Vue d'ensemble des types d'entreprises de semi-conducteurs tout au long de la chaîne de valeur



Source: Adapted from Generative Value, 2023.[14]

Selon les experts de l'industrie canadienne, une part importante des activités relatives aux semi-conducteurs au pays se déroule dans les segments de la R-D et de la conception, principalement par l'intermédiaire d'entreprises productrices de puces sans usine. Parmi les entreprises canadiennes productrices de puces sans usine les plus importantes, on peut citer Alphawave Semi, Peraso et Untether AI . Les entreprises produisent également des logiciels pour l'automatisation de la conception électronique et d'autres outils logiciels utilisés dans la conception de semi-conducteurs. Par exemple, Siemens EDA exploite un important centre de R-D à Saskatoon, axé sur les solutions avancées d'automatisation de la conception électronique, à la suite de l'acquisition de Solido Design Automation, une entreprise canadienne en démarrage située à l'origine à côté de l'Université de Saskatchewan[16].

Une petite quantité de semi-conducteurs spécialisés sont fabriqués au Canada, principalement dans des technologies de niche, notamment les semi-conducteurs composés, les MEMS, les puces photoniques et la microélectronique optique. Parmi les installations qui soutiennent cette activité, citons Teledyne DALSA, qui exploite une fonderie de MEMS et de capteurs d'images en Ontario; le Centre de fabrication pour la photonique du Canada (CFPC) du Conseil national de recherches, qui se concentre sur les semi-conducteurs composés; et nanoFAB, une installation de nanofabrication à l'Université de l'Alberta[17]. Le Canada abrite également un petit nombre d'entreprises d'ATE et d'OSAT dans le domaine des semi-conducteurs, notamment l'installation d'emballage avancé d'IBM à Bromont, au Québec, l'une des plus grandes de ce type en Amérique du Nord[18].

Outre les principales entreprises de semi-conducteurs évoquées ci-dessus, il existe de nombreuses entreprises de soutien, comme les fournisseurs de matières premières et d'équipements de fabrication spécialisés, ainsi que des entreprises qui offrent des services professionnels et commerciaux spécialisés à l'industrie. De plus, les organisations à but non lucratif, dont les associations industrielles et les incubateurs technologiques, jouent un rôle important dans le soutien et le développement de l'écosystème technologique des semi-conducteurs au Canada, notamment CSC, CMC Microsystems, SECTR et ventureLAB, qui soutiennent grandement l'industrie des semi-conducteurs[19]. Les différents types d'entreprises dont le soutien est essentiel sont présentés dans la figure 3.

14 Eric Flaningam, An Overview of the Semiconductor Industry, Generative Value, 16 novembre 2023, https://www.generativevalue.com/p/an-overview-of-the-semiconductor.

15 Alphawave Semi, About Us: Company, consulté le 31 juillet 2025, https://awavesemi.com/company/; Peraso, About Peraso, consulté le 31 juillet 2025, https://perasoinc.com/about-peraso/; Untether AI, Company: About, consulté le 31 juillet 2025, https://www.untether.ai/about/.

16 « Saskatoon tech company Siemens EDA expects continued growth », Saskatoon StarPhoenix, 13 février 2025, https://thestarphoenix.com/news/local-news/saskatoon-tech-company-siemens-eda-expects-continued-growth.

17 Teledyne DALSA, consulté le 1er mai 2025, https://www.teledynedalsa.com/fr/accueil/; Centre de fabrication pour la photonique du Canada, Conseil national de recherches du Canada (gouvernement du Canada), dernière mise à jour le 13 mars 2025, https://nrc.canada.ca/fr/recherche-developpement/installations-cnrc/centre-fabrication-photonique-canada; nanoFAB, Université de l'Alberta, consulté le 1er mai 2025, https://www.nanofab.ualberta.ca/.

18 IBM, Chiplets semi-conducteurs et conditionnement avancé par IBM, consulté le 19 mars 2025, https://www.ibm.com/fr-fr/services/semiconductor-assembly-test.

19 Conseil des semi-conducteurs du Canada (CSC), Our Purpose, consulté le 1er mai 2025, https://www.canadassemiconductorcouncil.com/about; CMC Microsystems, À propos de CMC, consulté le 1er mai 2025, https://www.cmc.ca/fr/a-propos-de-cmc/; Semiconductor Ecosystem & Centre for Talent & Research (SECTR), SECTR, consulté le 1er mai 2025, https://sectr.ca/; ventureLAB, About Us, consulté le 1er mai 2025, https://www.venturelab.ca/about.

Figure 3. Vue d'ensemble des entreprises de soutien et secondaires de l'industrie canadienne des semi-conducteurs

Types d'entreprises	Fournisseurs d'équipements et de matériaux	Services professionnels et commerciaux spécialisés	Autres acteurs de soutien de l'écosystème
Exemples	› Équipements de fabrication et automatisation de la fabrication de puces › Services de réparation d'équipements de fabrication › Fournisseurs de matériaux › Fournisseurs spécialisés de composants semi-conducteurs ou microélectroniques	› Distributeurs spécialisés de composants semi-conducteurs ou microélectroniques › Représentants des fabricants › Services d'études de marché et d'ingénierie inverse › Sociétés de services professionnels spécialisés dans l'industrie des semi-conducteurs (services juridiques, brevets, ressources humaines)	› Associations professionnelles › Incubateurs technologiques et centres d'innovation en semi-conducteurs › Fournisseurs de formation de l'industrie

Source des données : Ensemble de données du CTIC sur les entreprises de semi-conducteurs au Canada, 2025.

Qu'est-ce qu'une usine de fabrication de semi-conducteurs ?

En clair, les usines de fabrication de semi-conducteurs sont des installations industrielles à grande échelle où sont produits des semi-conducteurs, comme des microprocesseurs et des puces mémoire. L'entreprise technologique Lenovo décrit une usine de fabrication comme « un atelier high-tech où les matières premières sont transformées en puces de tout petit format qui propulsent nos appareils électroniques modernes »[20]. Les usines de semi-conducteurs sont des environnements de fabrication de précision où des facteurs comme la température, l'humidité, la poussière et même les vibrations extérieures sont strictement contrôlés pour éviter d'endommager les puces sensibles au cours de la fabrication. Les usines doivent donc comprendre d'immenses salles blanches où se déroule la fabrication des semi-conducteurs.

La production de semi-conducteurs à grande échelle nécessite d'énormes usines, dont la construction, l'équipement et l'entretien requièrent des capitaux considérables. Selon Intel, pour une série d'usines de fabrication qu'elle construit actuellement aux États-Unis, en Israël et en Irlande, la construction de chacune prend de trois à cinq ans et coûte plus de 10 milliards de dollars[21], en plus des appareils, des outils et d'autres équipements d'une valeur de 1,2 milliard de dollars[22] pour chaque usine.

Les appareils de photolithographie à UV extrêmes de pointe, comme les scanneurs UV extrêmes d'ASML, qui sont utilisés pour produire les puces les plus avancées, peuvent coûter des centaines de millions de dollars chacun et devenir obsolètes en l'espace de quelques années seulement[23]. Même pour les plus grandes multinationales de fabrication de semi-conducteurs, l'investissement dans une nouvelle usine est déterminant pour la suite des choses.

Alors que les anciennes usines peuvent produire des semi-conducteurs de base de manière économique pendant des dizaines d'années, pour produire des puces à la fine pointe de la technologie de 3 nm (nanomètres) et de 5 nm (les puces de 2 nm devraient entrer en production régulière en 2025), les usines de semi-conducteurs les plus avancées doivent produire de manière fiable des puces haut de gamme à un volume important sur une courte période pour couvrir l'investissement initial massif et rester rentables.

Les usines les plus grandes et les plus avancées, comme celles de Taïwan, peuvent chacune employer directement plusieurs milliers de personnes, tout en servant de point d'ancrage économique pour les fournisseurs qui les soutiennent, ainsi que pour les établissements d'enseignement supérieur et les instituts de recherche, qui s'installent à proximité des grandes usines.

20 Lenovo, « Glossaire : Qu'est-ce qu'un fab ? », consulté le 22 mars 2024, https://canada.lenovo.com/fr/ca/en/glossary/what-is-a-fab/.

21 Voir : Intel, Global Manufacturing at Intel (communiqué de presse), dernière mise à jour le 8 août 2024, https://newsroom.intel.com/press-kit/global-manufacturing.

22 How a Semiconductor Factory Works, Intel, consulté le 22 avril 2025, https://www.intel.com/content/www/us/en/newsroom/tech101/manufacturing-101-how-semiconductor-factory-works.html.

23 Anton Shilov, « ASML's High-NA chipmaking tool will cost $380 million — the company already has orders for '10 to 20' machines and is ramping up production », Tom's Hardware, 13 février 2024, https://www.tomshardware.com/tech-industry/manufacturing/asmls-high-na-chipmaking-tool-will-cost-dollar380-million-the-company-already-has-orders-for-10-to-20-machines-and-is-ramping-up-production.

Une usine de semi-conducteurs au Canada ?

Malgré ses capacités de fabrication de semi-conducteurs à petite échelle pour les MEMS et les appareils semi-conducteurs photoniques, le Canada ne dispose pas d'usines à grande échelle comparables à celles de Taïwan et des États-Unis, entre autres. Constatant cette lacune dans les capacités, l'industrie canadienne des semi-conducteurs et les responsables de l'élaboration des politiques ont longuement débattu pour évaluer si le pays devait, par le biais d'une action majeure de politique industrielle, construire sa propre usine de fabrication à grande échelle[24].

Dans un rapport sur la feuille de route de l'industrie pour 2021, le CSC note que le Canada possède un grand nombre des attributs clés nécessaires pour être un endroit attrayant pour l'implantation d'une grande usine, notamment une main-d'œuvre qualifiée, un système d'éducation et de formation, l'accès à de grandes quantités d'eau douce, des infrastructures fiables et un secteur technologique dynamique et innovant. Le CSC observe également que pour attirer les usines de fabrication, il faut « des incitatifs et des politiques gouvernementales ciblées et solides[25] ».

Une usine nationale pourrait aider à renforcer la sécurité de la chaîne d'approvisionnement des semi-conducteurs et mettre l'industrie canadienne à l'abri des pénuries de puces provoquées par les problèmes d'approvisionnement et les chocs géopolitiques. Une telle usine pourrait également créer des milliers d'emplois bien rémunérés, tant directs qu'indirects, tout en servant de plaque tournante pour les fournisseurs et les autres entreprises de soutien, en plus de développer la base scientifique, technologique et industrielle du pays, l'aidant à suivre le rythme des progrès réalisés dans la technologie des puces dans d'autres économies avancées des régions de l'Asie et du Pacifique, d'Europe et de l'autre côté de la frontière, aux États-Unis.

L'implantation d'une usine de semi-conducteurs de premier plan au Canada pourrait renforcer la souveraineté numérique du pays, compte tenu du rôle important que jouent les semi-conducteurs en tant qu'intrants dans toutes les technologies numériques.

Par contre, la construction d'une usine de semi-conducteurs de pointe représenterait un investissement astronomique, de l'ordre de plusieurs dizaines de milliards de dollars, et nécessiterait une politique industrielle solide pour amener une grande entreprise de semi-conducteurs à construire une usine ultramoderne au pays. Les risques économiques d'une telle politique seraient importants. À titre de comparaison, l'investissement public total pour la mise en place de la chaîne d'approvisionnement des véhicules électriques au Canada, qui comprend plusieurs usines de fabrication de batteries, est estimé à 52,5 milliards de dollars, selon le Bureau du directeur parlementaire du budget[26].

Certains experts de l'industrie consultés dans le cadre de cette étude notent que le Canada, dont le secteur du matériel informatique et de l'électronique grand public est relativement petit, pourrait ne pas avoir une demande intérieure suffisante pour produire la quantité de puces qu'une usine à grande échelle devrait produire pour rester économiquement viable. Ainsi, la plupart des puces produites dans une telle usine devraient être exportées à l'international et entrer en concurrence avec des puces semblables, à la fine pointe de la technologie, produites dans des pays comme Taïwan.

Les personnes interrogées ont fait remarquer que si le pays investissait plutôt dans une usine pour produire des puces de silicium à un nœud technologique inférieur, il pourrait tout de même avoir des difficultés à rentabiliser un tel investissement. Une usine de semi-conducteurs bas de gamme, capable de fabriquer des puces de base d'ancienne génération, serait moins gourmande en capital au départ. Cependant, elle aurait également du mal à rivaliser avec les usines établies de longue date à l'étranger, qui ont depuis longtemps amorti leurs coûts en capital et peuvent donc produire des puces de base de manière plus économique.

---

24 Par exemple, voir : 'Embarrassingly behind': Is Canada doing enough on semiconductors?, Global News, 26 juin 2023, https://globalnews.ca/news/9787308/canada-semiconductors-taiwan-china/; Canadian Chip Manufacturing Needs Industrial Policy, EE Times, 12 novembre 2024, https://www.eetimes.com/canadian-chip-manufacturing-needs-industrial-policy/.

25 Conseil des semi-conducteurs du Canada (CSC), Roadmap to 2050: Canada's Semiconductor Action Plan, novembre 2021, https://irp.cdn-website.com/e5abb5aa/files/uploaded/Canadas-Semiconductor-Action-Plan.pdf, p. 17-18.

26 Bureau du directeur parlementaire du budget, Bilan de l'aide gouvernementale à l'investissement dans les VE au Canada, 18 juin 2024, https://www.pbo-dpb.ca/fr/additional-analyses—analyses-complementaires/BLOG-2425-004—tallying-government-support-ev-investment-in-canada—bilan-aide-gouvernementale-investissement-dans-ve-canada.

Certaines personnes interrogées ont suggéré que, plutôt que de se concentrer sur la construction d'une usine de puces de silicium ultramoderne pour produire des puces de pointe aux nœuds technologiques les plus élevés, le Canada pourrait s'appuyer sur ses forces existantes dans le domaine des semi-conducteurs composés et photoniques. Les semi-conducteurs composés utilisent plusieurs éléments chimiques (contrairement aux semi-conducteurs faits uniquement de silicium), ce qui leur confère des propriétés différentes de celles des semi-conducteurs à élément unique. Les semi-conducteurs photoniques sont généralement composés et sont spécifiquement conçus pour des applications dans des dispositifs optiques. Plusieurs personnes interrogées ont suggéré que le pays pourrait construire une usine fonctionnelle, mais beaucoup moins coûteuse, qui produirait ces technologies.

Les semi-conducteurs composés et photoniques sont largement utilisés dans des secteurs comme les télécommunications et les centres de données, l'automobile, l'électronique de puissance, la défense et l'aérospatiale, ainsi que l'informatique de pointe. Le Yole Group prévoit que le marché mondial des semi-conducteurs composés pourrait représenter 25 milliards de dollars américains d'ici 2030[27]. McKinsey & Company estime quant à lui que le marché mondial des technologies photoniques est actuellement évalué à environ 2 billions de dollars américains[28]. Les États-Unis, le Japon, la Chine et l'Union européenne possèdent des forces technologiques comparables à celles du Canada dans le domaine des semi-conducteurs composés et photoniques.

La technologie des semi-conducteurs photoniques et composés n'exige pas le même niveau de miniaturisation que les puces en silicium de pointe. En effet, la technologie des semi-conducteurs composés donne la priorité aux caractéristiques de performance comme la mobilité élevée des électrons, la conductivité thermique et l'efficacité énergétique, plutôt qu'à la densité des transistors et à la miniaturisation.

Les experts consultés dans le cadre de cette étude ont noté que la pénurie d'infrastructures de fabrication locales entrave le perfectionnement de la main-d'œuvre, car les étudiants n'ont pas accès à du vrai matériel informatique. En outre, elle soumet les entreprises canadiennes à de longs cycles de formation, leurs cycles de R-D étant ralentis par l'attente inévitable de l'expédition des produits depuis l'Asie ou l'Europe et vers ces régions. Par ailleurs, les petites entreprises qui passent de la R-D au prototypage, mais qui ne sont pas encore engagées dans la production de masse, sont souvent incapables de travailler avec des usines à haut volume à Taïwan, notamment.

Entre-temps, l'industrie canadienne des semi-conducteurs perd des talents hautement qualifiés : les professionnels s'installent souvent à l'étranger pour se rapprocher d'écosystèmes de fabrication de semi-conducteurs innovants qui peuvent les faire entrer sur le marché du travail et leur offrir des perspectives de carrière prometteuses. Une usine nationale pourrait attirer les talents canadiens hautement qualifiés dans la conception et la fabrication de semi-conducteurs.

L'augmentation de la capacité nationale de production de puces composées ou photoniques permettrait donc au Canada de conserver son avance technologique et sa capacité dans ces autres technologies de semi-conducteurs qui demeurent essentielles. Le pays éviterait ainsi de mettre en place une usine de fabrication de puces de silicium risquée et d'un coût exorbitant et de rivaliser avec des concurrents étrangers bien établis.

---

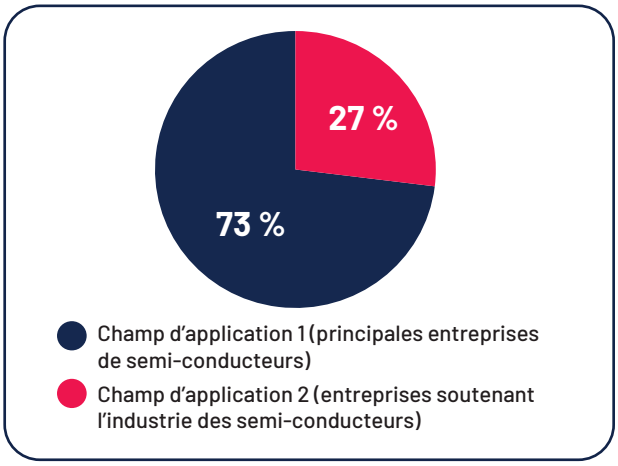
27 Yole Group, Compound semiconductors: strategic moves & collaborations in a nutshell, 26 février 2025, https://www.yolegroup.com/press-release/compound-semiconductors-strategic-moves-collaborations-in-a-nutshell/.

28 Ryan Fletcher, et coll., Imperatives for photonics companies in the next wave of growth, McKinsey & Company, 20 janvier 2023, https://www.mckinsey.com/industries/semiconductors/our-insights/imperatives-for-photonics-companies-in-the-next-wave-of-growth.

Cartographie de la chaîne de valeur des semi-conducteurs au Canada par activités des entreprises

Le CTIC a élaboré une carte de 248 entreprises de l'industrie canadienne des semi-conducteurs, y compris les entreprises qui ont une présence marquée en tant que fournisseurs d'équipements et de matériaux, les entreprises de soutien offrant des services commerciaux et professionnels spécialisés, et d'autres organisations de l'écosystème, dont les associations professionnelles et les incubateurs technologiques. La plupart des entreprises répertoriées pour cette étude font partie de plus d'un segment de la chaîne de valeur des semi-conducteurs.

Figure 4. Principales entreprises de semi-conducteurs (champ d'application 1) et entreprises de soutien (champ d'application 2) au Canada

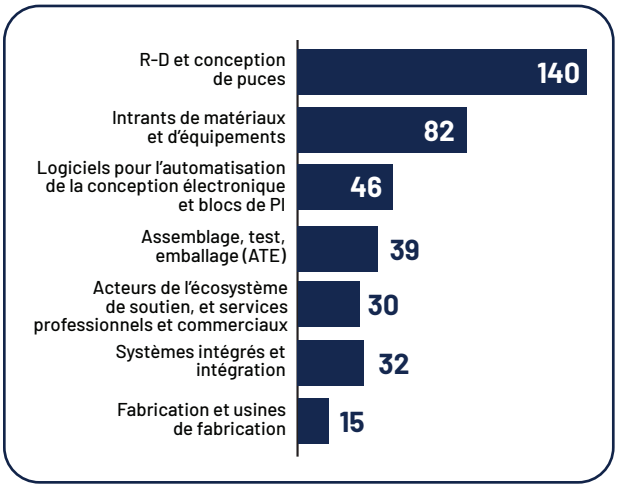


Source des données : Ensemble de données du CTIC sur les entreprises de semi-conducteurs au Canada, 2025 (n = 248 entreprises).

Dans la figure 4 sont présentées les entreprises cartographiées qui participent aux principales activités liées aux semi-conducteurs (champ d'application 1), soit la R-D et la conception, la production de logiciels pour l'automatisation de la conception électronique et les blocs de PI, la fabrication ainsi que l'ATE et l'OSAT. On y voit également les entreprises de soutien (champ d'application 2), impliquées dans des activités comme les intrants de matériaux et d'équipements, les services commerciaux et professionnels, et d'autres activités de soutien de l'écosystème. Sur les 248 entreprises, 182 (73 %) faisaient partie du champ d'application 1 et étaient impliquées dans les principales activités liées aux semi-conducteurs, tandis que 66 (27 %) exerçaient des activités de soutien du champ d'application 2. Dans certains cas, les entreprises de semi-conducteurs du champ d'application 1 participaient également à des activités du champ d'application 2, par exemple en tant que fournisseurs de matériaux ou d'équipements. Dans ces cas, elles sont restées classées dans la catégorie des entreprises du champ d'application 1.

Sur les 248 entreprises cartographiées qui participent à la chaîne de valeur des semi-conducteurs au Canada, 140 (56 %) étaient impliquées dans des activités de R-D et de conception de semi-conducteurs, tandis que 46 (19 %) étaient impliquées dans la création d'outils pour l'automatisation de la conception électronique et d'autres logiciels de conception de semi-conducteurs, ainsi que dans la conception de blocs de PI pouvant être concédés sous licence par les fournisseurs. Seules 15 entreprises (6 %) étaient directement impliquées dans la fabrication de semi-conducteurs au Canada, bien que de nombreuses grandes multinationales présentes au pays exploitent des usines de fabrication à l'étranger. Un total de 39 entreprises (16 %) étaient impliquées dans des activités d'ATE et d'OSAT, principalement d'OSAT, tandis que 32 autres (13 %) possédaient également une expertise en intégration de systèmes et de développement de logiciels intégrés directement liés aux semi-conducteurs.

Figure 5. Entreprises de semi-conducteurs dans l'industrie canadienne des semi-conducteurs par segment de la chaîne de valeur



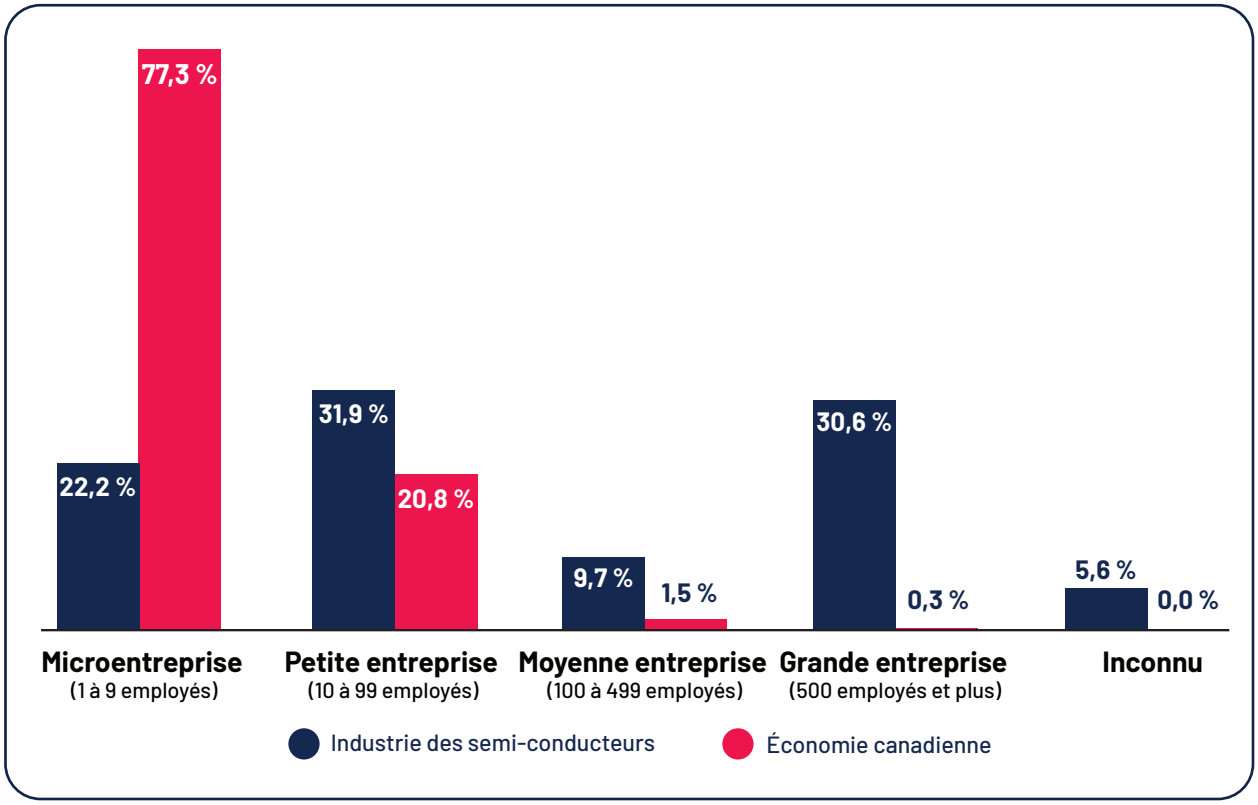
Source des données : Ensemble de données du CTIC sur les entreprises de semi-conducteurs au Canada, 2025. Remarque : Les entreprises répertoriées peuvent participer à des activités commerciales dans plusieurs segments de la chaîne de valeur des semi-conducteurs, de sorte que certaines entreprises peuvent être comptées plus d'une fois dans ce graphique (n = 248 entreprises).

Enfin, 82 entreprises (33 %) participaient à la chaîne de valeur des semi-conducteurs en tant que fournisseurs de matériaux et d'équipements de fabrication, et 30 (12 %) étaient composées de distributeurs spécialisés, de responsables d'études de marché et d'organisations à but non lucratif, notamment des associations professionnelles et des incubateurs technologiques. La répartition des entreprises de semi-conducteurs au Canada entre les différents segments de la chaîne de valeur des semi-conducteurs est présentée à la figure 5.

ENTREPRISES DE L'INDUSTRIE CANADIENNE DES SEMI-CONDUCTEURS PAR TAILLE

L'industrie canadienne des semi-conducteurs compte une part beaucoup plus importante de moyennes et grandes entreprises que les autres secteurs de l'économie (figure 6)[29]. En effet, près d'un tiers (31,9 %) sont des grandes entreprises comptant plus de 500 employés, et près d'une sur dix (9,7 %) sont des moyennes entreprises comptant de 100 à 499 employés. Bien que certaines entreprises canadiennes, comme Alphawave Semi[30], aient pris de l'ampleur au fil du temps, la forte présence de grandes entreprises de semi-conducteurs au Canada est principalement due à de grandes multinationales comme Marvell, Microchip Technology et Advanced Micro Devices (AMD). Les petites entreprises de l'industrie (31,9 % de petites entreprises, 22,2 % de microentreprises) comprennent souvent des bureaux de recherche, de développement et de conception. Dans la figure 6, on présente les entreprises de semi-conducteurs par taille (nombre d'employés) par rapport aux entreprises canadiennes en général.

Figure 6. Entreprises de l'industrie canadienne des semi-conducteurs par taille



Source des données : Ensemble de données du CTIC sur les entreprises de semi-conducteurs au Canada, 2025; ISDE, Principales statistiques relatives aux petites entreprises, 2024[31] (n = 248 entreprises).

29 Innovation, Sciences et Développement économique Canada (gouvernement du Canada), Principales statistiques relatives aux petites entreprises 2024, dernière mise à jour le 1er avril 2025, https://ised-isde.canada.ca/site/recherche-statistique-pme/fr/principales-statistiques-relatives-aux-petites-entreprises/principales-statistiques-relatives-aux-petites-entreprises-2024.

30 En juin 2025, la multinationale des semi-conducteurs Qualcomm a annoncé l'acquisition d'Alphawave Semi pour un montant de 2,4 milliards de dollars; voir : Qualcomm to Acquire Alphawave Semi (communiqué de presse), Business Wire, 9 juin 2025, https://www.businesswire.com/news/home/20250609911615/en/Qualcomm-to-Acquire-Alphawave-Semi.

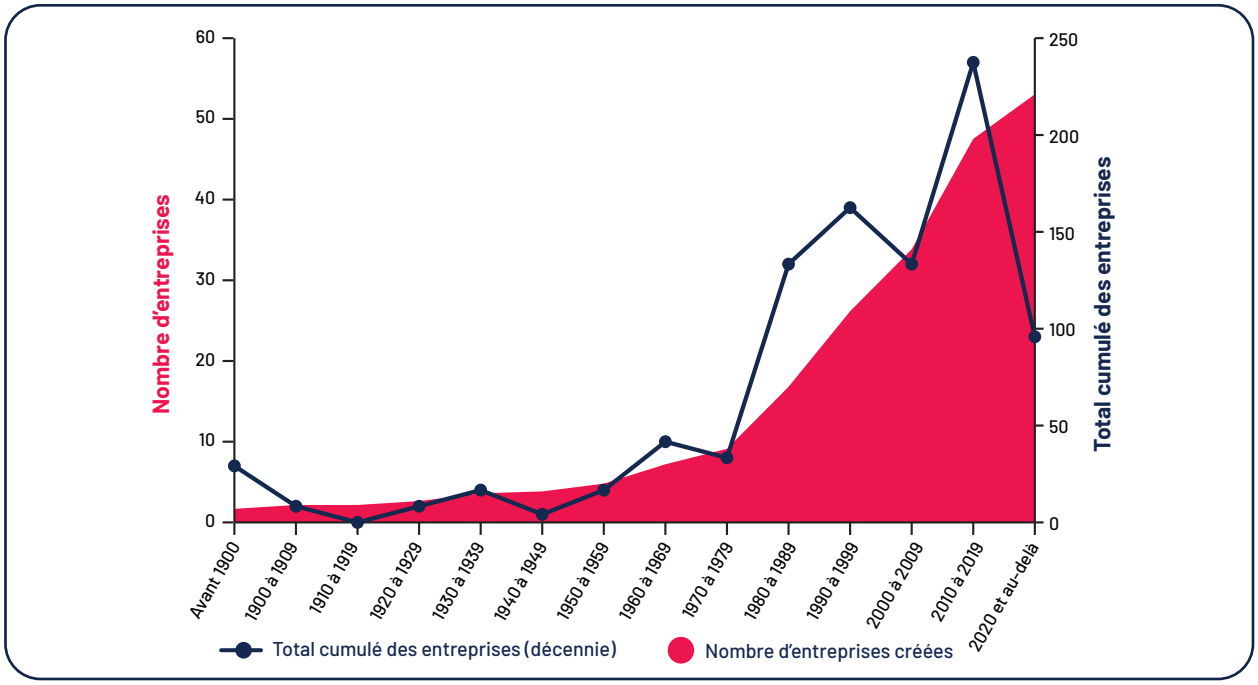
31 Innovation, Sciences et Développement économique Canada (gouvernement du Canada), Principales statistiques relatives aux petites entreprises, dernière mise à jour le 5 mars 2025, https://ised-isde.canada.ca/site/recherche-statistique-pme/fr/principales-statistiques-relatives-aux-petites-entreprises.

ENTREPRISES DE L'INDUSTRIE CANADIENNE DES SEMI-CONDUCTEURS PAR ANNÉE DE CRÉATION

Les entreprises actuellement actives dans l'industrie canadienne des semi-conducteurs ont été créées sur une longue période. Par exemple, la multinationale de produits chimiques DuPont, fondée en 1802, est toujours active aujourd'hui en tant que fournisseur de matériaux pour l'industrie canadienne des semi-conducteurs. Les entreprises les plus anciennes et les plus chargées d'histoire actives dans cette industrie sont généralement de grandes sociétés diversifiées qui y sont entrées longtemps après leur création, souvent par le biais de fusions et d'acquisitions, de diversification, d'essaimage ou d'évolution interne; leur parcours commercial n'a pas commencé dans l'industrie des semi-conducteurs.

À l'inverse, la plupart des entreprises de semi-conducteurs fondées depuis la fin des années 1960 et le début des années 1970 ont commencé dans le domaine des semi-conducteurs de base ou dans des domaines adjacents, se concentrant sur des technologies comme les circuits intégrés et les microprocesseurs[32]. Parmi les premiers exemples mondiaux, on peut citer Analog Devices, Intel et AMD. Parmi les exemples canadiens, on peut citer Nortel. Dans les années 1980 et 1990, un groupe de nouvelles entreprises est apparu, caractérisé par une demande croissante de produits de consommation informatisés, notamment des appareils ménagers, des thermostats, des magnétoscopes, des téléphones et des ordinateurs personnels[33]. À la fin des années 1990 et au début des années 2000, des entreprises sont apparues parallèlement à la bulle Internet. Un autre groupe d'entreprises actives a été fondé de 2015 à 2021, une période caractérisée par des taux d'intérêt bas, des investissements records en capital de risque dans les entreprises en démarrage du domaine des technologies et une demande mondiale croissante pour les technologies numériques telles que l'IA, l'IDO, l'infonuagique et les centres de données, ainsi que les appareils mobiles. Les entreprises de semi-conducteurs (champ d'application 1 et champ d'application 2) actuellement en activité au Canada sont présentées dans la figure 7 par année de création.

Figure 7. Entreprises actives de l'industrie canadienne des semi-conducteurs par année de création



Remarque : Cette analyse n'inclut pas les entreprises qui ont cessé leurs activités ou qui ne sont plus actives au Canada. Les entreprises acquises se sont vu attribuer la date de création de leur société mère. Voir l'annexe pour la méthodologie complète. Source des données : Ensemble de données du CTIC sur les entreprises de semi-conducteurs au Canada, 2025 (n = 248 entreprises).

32 Robert Scace, The Semiconductor Revolution, 17 avril 2025, Britannica, https://www.britannica.com/technology/electronics/The-semiconductor-revolution.

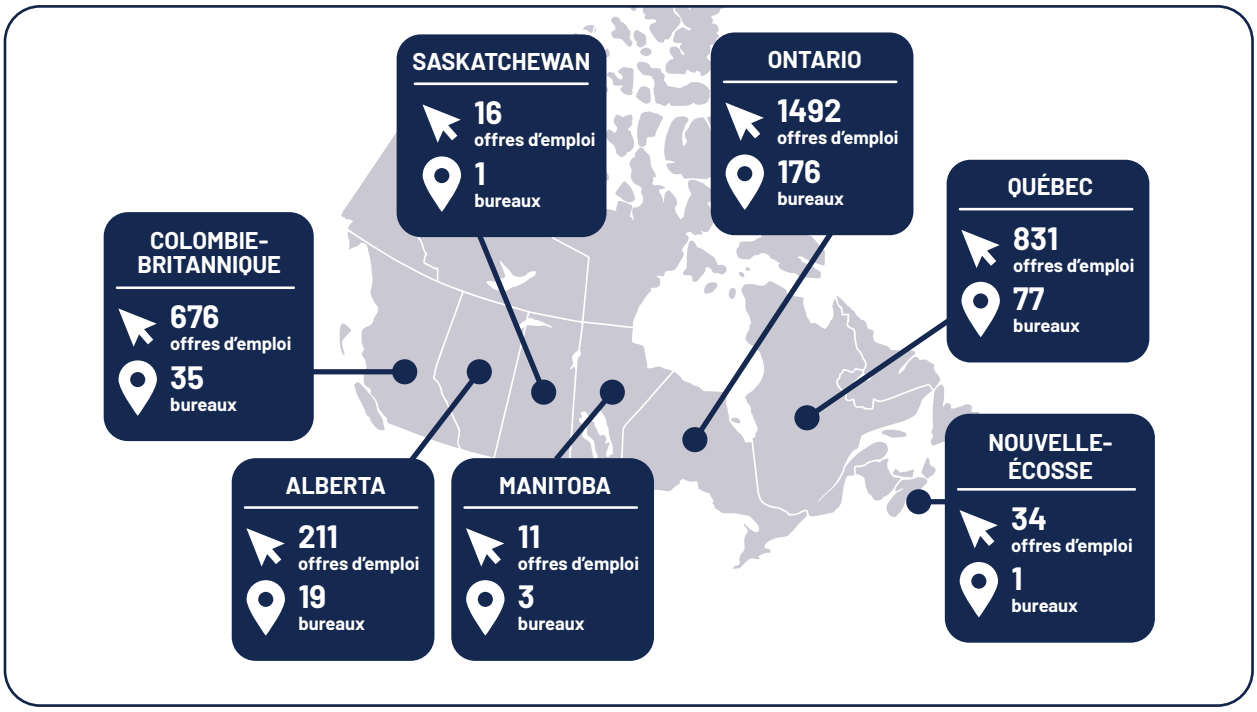
33 Ibid.

ENTREPRISES DE L'INDUSTRIE CANADIENNE DES SEMI-CONDUCTEURS PAR RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE

L'industrie canadienne des semi-conducteurs est principalement concentrée en Ontario, où l'on trouve plus de la moitié (56,6 %) des succursales ou bureaux locaux appartenant à des entreprises de semi-conducteurs et qui comptait 44,7 % des offres d'emploi entre le 1er janvier 2022 et le 31 mars 2025[34]. Les forces de l'Ontario dans l'industrie des semi-conducteurs sont ancrées dans des entreprises historiques comme Nortel Networks et Mitel Networks, qui ont eu leur siège à Ottawa de la fin des années 1970 au début des années 2000. Bien que nombre de ces entreprises aient depuis cessé leurs activités ou aient été rachetées, leur influence a contribué à créer un vaste bassin de talents dans le domaine des semi-conducteurs dans la province. De nombreux anciens employés de ces entreprises ont ensuite fondé des entreprises ou contribué à leur création à Ottawa et à Toronto, entre autres[35].

Ces deux villes accueillent diverses entreprises canadiennes et multinationales de semi-conducteurs. Ottawa abrite également le CFPC, une installation non diversifiée de fabrication de plaquettes de semi-conducteurs composés axée sur la fabrication de dispositifs photoniques et située au Conseil national de recherches. L'entreprise canadienne de semi-conducteurs Ranovus s'apprête également à inaugurer un agrandissement de 100 millions de dollars de ses installations à Ottawa[36].

Figure 8. Répartition géographique de l'industrie canadienne des semi-conducteurs par provinces



Étant donné que certaines entreprises actives dans l'industrie des semi-conducteurs ne se concentrent pas uniquement sur les produits semi-conducteurs, les données relatives aux offres d'emploi peuvent inclure quelques offres non pertinentes pour l'industrie des semi-conducteurs, bien qu'elles soient publiées par des entreprises qui en produisent. Les données sur les offres d'emploi ont été collectées entre le 1er janvier 2022 et le 31 mars 2025. De nombreuses grandes entreprises de semi-conducteurs exercent leurs activités dans plusieurs sites, de sorte que le nombre total de bureaux est plus élevé que le nombre total d'entreprises de semi-conducteurs cartographiées. Source des données : Ensemble de données du CTIC sur les entreprises de semi-conducteurs au Canada, 2025; Vicinity Jobs, 2025 (n = 248 entreprises).

34 Les données sur les offres d'emploi ont été recueillies auprès de Vicinity Jobs pour les offres d'emploi liées aux semi-conducteurs publiées entre le 1er janvier 2022 et le 31 mars 2025 (voir l'annexe A pour plus de détails sur la méthodologie).

35 Daniel Munro et Creig Lamb, « Chip Shot: A Semiconductor Strategy for Canada », Centre de politique publique du Groupe CSA, Groupe CSA, https://www.csagroup.org/article/public-policy/chip-shot-a-semiconductor-strategy-for-canada/, p. 16.

36 Gouvernement de l'Ontario, L'Ontario se félicite de l'investissement de plus de 100 millions de dollars dans le secteur des technologies critiques (communiqué de presse), 20 août 2025, https://news.ontario.ca/fr/release/1006340/lontario-se-felicite-de-linvestissement-de-plus-de-100-millions-de-dollars-dans-le-secteur-des-technologies-critiques.

Les personnes interrogées dans le cadre de cette étude ont souligné que Toronto, Ottawa et la région de Kitchener-Waterloo possédaient les bons ingrédients pour réussir : un groupe de talents combinant des vétérans expérimentés de l'industrie et des jeunes talents émergents, une expertise dans des domaines de l'industrie des semi-conducteurs ne nécessitant pas d'investissements importants, et un réseau local d'entreprises de semi-conducteurs et de clients constituant un groupe industriel robuste.

Ces villes sont principalement impliquées dans la conception de semi-conducteurs; alors que les points forts d'Ottawa sont les semi-conducteurs composés et photoniques, Toronto se spécialise dans les semi-conducteurs analogiques, à signaux mixtes et photoniques. La région de Kitchener-Waterloo tire parti de son écosystème dynamique d'incubation d'entreprises en démarrage et de technologies, ancré autour d'établissements d'enseignement supérieur comme l'Université de Waterloo, et peut compter sur des atouts émergents dans les domaines de l'IA et de la technologie des puces quantiques, ainsi que sur des atouts existants dans la conception de puces pour les MEMS et de puces analogiques et photoniques. Plusieurs experts de l'industrie consultés dans le cadre de cette étude ont souligné que les universités et les grandes entreprises de semi-conducteurs peuvent servir de points d'ancrage autour desquels des entreprises plus petites peuvent s'installer, créant ainsi des grappes industrielles régionales cruciales.

Le Québec suit l'Ontario en matière de semi-conducteurs au Canada, représentant près d'un quart des succursales ou bureaux locaux (24,5 %) et des offres d'emploi (24,9 %). Bromont est connue pour Teledyne MEMS, une installation de microfabrication spécialisée dans le développement et la production de MEMS[37], ainsi que l'usine d'IBM, la plus grande installation d'OSAT en Amérique du Nord, qui fabrique plus de 433 000 modules de puces avancées par mois[38]. La province abrite également le Centre de Collaboration MiQro Innovation (C2MI), le plus grand centre de R-D en microélectronique du Canada, qui assemble les puces électroniques de prochaine génération et constitue un lien essentiel entre les chercheurs universitaires et industriels[39].

La Colombie-Britannique représente 11 % des succursales ou bureaux locaux et 20,1 % des offres d'emploi. La région de la vallée du bas Fraser est spécialisée dans les technologies de réseau avancées et la conception de puces, et abrite un mélange d'entreprises canadiennes et multinationales. Il s'agit notamment de Daanaa, qui propose une nouvelle puce-système haute efficacité[40], de Bonsai Micro, une entreprise de semi-conducteurs sans usine qui associe la technologie sans fil à l'apprentissage automatique[41], et de Microchip Technology, qui a acquis l'entreprise de semi-conducteurs PMC-Sierra, à Vancouver, par l'intermédiaire de Microsemi en 2016[42].

L'Alberta représente 6,1 % des succursales ou bureaux locaux et 6,3 % des offres d'emploi[43]. Edmonton accueille nanoFAB, un centre de nanofabrication et de caractérisation en libre accès, hébergé par l'Université de l'Alberta, qui dessert les acteurs universitaires et industriels du secteur des semi-conducteurs et constitue une plaque tournante pour la collaboration entre l'industrie et l'université[44]. L'Alberta accueille également des entreprises comme Teledyne Micralyne, une fonderie de MEMS située à Edmonton[45], et Applied Quantum Materials, qui conçoit, développe et fabrique des nanomatériaux de silicium[46].

En ce qui concerne les centres régionaux, Toronto est le plus grand centre de l'industrie des semi-conducteurs au Canada, abritant 83 succursales ou bureaux locaux. Viennent ensuite Montréal, qui compte 61 succursales ou bureaux locaux, Ottawa-Gatineau, qui en a 55, Vancouver, qui en a 30, et Kitchener-Cambridge-Waterloo, qui en a 24.

---

37 Teledyne MEMS, « Teledyne acquires Micralyne MEMS foundry », 3 septembre 2019, https://www.teledynemems.com/en-150/company/news-center/teledyne-acquires-micralyne/.

38 IBM, Chiplets semi-conducteurs et conditionnement avancé par IBM, consulté le 19 mars 2025, https://www.ibm.com/fr-fr/services/semiconductor-assembly-test.

39 Centre de Collaboration MiQro Innovation (C2MI), Université de Sherbrooke, consulté le 30 avril 2025, https://www.usherbrooke.ca/recherche/fr/udes/caractere-distinctif/infrastructures-uniques/c2mi.

40 One Power Electronics Architecture for All, Daanaa, consulté le 30 avril 2025, https://daanaa.com/technology/.

41 Meagan Simpson, « BDC, Vanedge invest in semidcondutor startup Bonsai Micro to create advanced wireless networks », 11 mai 2023, Betakit, https://betakit.com/bdc-vanedge-invest-in-semiconductor-startup-bonsai-micro-to-create-advanced-wireless-networks/.

42 Microsemi Corporation, Microchip, consulté le 30 avril 2025, https://www.microchip.com/en-us/about/corporate-overview/acquisitions/microsemi.

43 Étant donné que certaines entreprises actives dans l'industrie des semi-conducteurs ne se concentrent pas uniquement sur les produits semi-conducteurs, les données relatives aux offres d'emploi peuvent inclure quelques offres non pertinentes pour l'industrie des semi-conducteurs, bien qu'elles soient publiées par des entreprises qui en produisent. Cela peut expliquer pourquoi la Colombie-Britannique a un pourcentage nettement plus élevé d'offres d'emploi que de bureaux locaux.

44 The nanoFAB, Université de l'Alberta, consulté le 20 avril 2025, https://www.nanofab.ualberta.ca/.

45 Contact Us, Teledyne MEMS, consulté le 30 avril 2025, https://www.teledynemems.com/contact-us/.

46 Corporate, Applied Quantum Materials, consulté le 30 avril 2025, https://www.aqmaterials.com/aqm-company-profile.

Figure 9. Répartition géographique de l'industrie canadienne des semi-conducteurs par régions métropolitaines de recensement et subdivisions



Étant donné que certaines entreprises actives dans l'industrie des semi-conducteurs ne se concentrent pas uniquement sur les produits semi-conducteurs, les données relatives aux offres d'emploi peuvent inclure quelques offres non pertinentes pour l'industrie des semi-conducteurs, bien qu'elles soient publiées par des entreprises qui en produisent. Cela peut expliquer pourquoi le nombre d'offres d'emploi à Vancouver est inhabituellement élevé. Les données sur les offres d'emploi ont été collectées entre le 1er janvier 2022 et le 31 mars 2025. Source des données : Ensemble de données du CTIC sur les entreprises de semi-conducteurs au Canada, 2025; Vicinity Jobs, 2025 (n = 248 entreprises).

POINTS FORTS DES TECHNOLOGIES CANADIENNES DANS LE DOMAINE DES SEMI-CONDUCTEURS

Les experts de l'industrie ont noté que, bien que le Canada ne dispose pas d'une capacité de fabrication de dispositifs à semi-conducteurs importante en ce qui concerne le volume de production, les entreprises canadiennes se distinguent par une production de plus petit volume et à forte marge dans des domaines de niche. En outre, les centres de R-D sur les semi-conducteurs sans usine de fabrication et les entreprises de conception du Canada peuvent se prévaloir d'une expérience considérable dans des domaines technologiques de niche.

Les experts de l'industrie interrogés dans le cadre de cette étude ont souligné les forces du Canada dans plusieurs technologies de semi-conducteurs, notamment l'emballage avancé; les semi-conducteurs analogiques et à signaux mixtes; la conception de circuits intégrés spécifiques à une application (ASIC) et de puces de matrice prédiffusée programmable par l'utilisateur (FPGA) pour des applications informatiques avancées telles que l'IA et l'informatique quantique; les systèmes microélectromécaniques (MEMS); la photonique des semi-conducteurs et les communications optiques; ainsi que les semi-conducteurs composés[47].

Plusieurs de ces créneaux technologiques peuvent avoir des applications considérables dans le matériel spécialisé optimisé pour l'IA et d'autres applications informatiques avancées, ainsi que dans les dispositifs de capteurs pertinents pour les applications d'IDO et d'IDO industriel. C'est pourquoi l'industrie canadienne des semi-conducteurs, malgré une capacité de production limitée, a une importance à la fois nationale et mondiale.

La figure 10 présente les principaux points forts des technologies dans le domaine des semi-conducteurs au Canada, sur la base d'entretiens menés par le CTIC avec des experts de l'industrie canadienne des semi-conducteurs consultés dans le cadre de la présente étude.

47 L'étude de 2024 du Groupe CSA sur l'industrie canadienne des semi-conducteurs a également souligné les forces technologiques du Canada en ce qui concerne les « semi-conducteurs composés, la photonique et l'emballage avancé »; voir : Daniel Munro et Creig Lamb, « Chip Shot: A Semiconductor Strategy for Canada », Centre de politique publique du Groupe CSA, Groupe CSA, https://www.csagroup.org/article/public-policy/chip-shot-a-semiconductor-strategy-for-canada/, p. 21.

Figure 10. Principaux points forts des technologies canadiennes dans le domaine des semi-conducteurs (en ordre alphabétique)

Technologie dans le domaine des semi-conducteurs	Description
Emballage avancé	Une fois qu'une plaquette de semi-conducteur est divisée en puces individuelles, celles-ci doivent être emballées dans un boîtier protecteur avant d'être incorporées dans du matériel informatique et électronique. Cet emballage assure la sécurité et la fiabilité des puces, tout en leur permettant de communiquer avec le monde extérieur. Les matériaux d'emballage courants comprennent les métaux comme le cuivre, les thermoplastiques et les résines, ainsi que les céramiques[48]. Alors que les conceptions de puces complexes, telles que les puces fragmentées et les systèmes sur puce, deviennent de plus en plus courantes, une technologie d'emballage avancé est utilisée pour intégrer des piles de puces aux capacités différentes dans des modules puissants et performants. Les technologies d'emballage avancé, telles que les boîtiers 2,5-D et 3-D, permettent aux puces de transférer des données à l'intérieur et entre les modules, tout en gérant la chaleur et en augmentant la vitesse de l'appareil[49]. L'intégration hétérogène permet de produire des semi-conducteurs à partir de composés constitués de différents types de matériaux (p. ex., silicium ou nitrure de gallium)[50]. La technologie d'emballage avancé présente un potentiel important dans les applications informatiques avancées telles que l'IA et l'informatique quantique, l'IDO et l'Internet industriel, l'électronique grand public et le matériel informatique, ainsi que pour le secteur automobile.
Photonique, communication optique et optoélectronique	La photonique, la communication optique et l'optoélectronique utilisent la lumière pour communiquer à l'intérieur des puces ou entre elles à l'aide de technologies telles que les diodes laser, les DEL et les fibres optiques. La photonique présente un potentiel important pour le transfert de données à grande vitesse dans les domaines de l'informatique et des télécommunications, de la détection et de l'imagerie, ainsi que pour la réduction de la consommation d'énergie et de l'excès de chaleur dans les serveurs des centres de données et d'autres infrastructures informatiques. La vitesse et la réduction de la chaleur promises par la photonique ont des implications considérables pour l'infrastructure infonuagique et les fournisseurs de services infonuagiques à très grande échelle. La technologie émergente de l'informatique photonique a le potentiel de remplacer les circuits électriques par des circuits optoélectroniques, ce qui a des applications importantes dans le domaine de l'informatique avancée[51].
Puces d'IA (ASIC et FPGA)	Les technologies d'IA exigeant de plus en plus de puissance de calcul, des puces d'IA spécifiques sont développées pour les centres de données d'IA et optimisées pour les tâches d'entraînement et d'inférence de l'IA. Ces puces peuvent traiter les charges de travail d'IA plus rapidement, produisent moins de chaleur et sont plus économes en énergie[52]. Les technologies courantes utilisées par les entreprises canadiennes pour développer des puces d'IA comprennent les ASIC et les FPGA. Les ASIC sont des semi-conducteurs conçus et optimisés pour effectuer une tâche précise, plutôt qu'à des fins générales[53]. Les ASIC sont actuellement conçus sur mesure pour des applications informatiques avancées, telles que le remplacement des UTG dans les centres de données d'IA, car ils peuvent être conçus dès le départ et optimisés pour des applications informatiques d'IA précises. Cependant, les ASIC ne peuvent pas être reprogrammés et sont donc inflexibles et bloqués à une fin précise une fois fabriqués[54]. Les FPGA sont des semi-conducteurs à usage général qui peuvent être reprogrammés après la production pour effectuer diverses tâches et même être reconfigurés pour effectuer de nouvelles tâches. Il peut s'agir de configurations précises pour des tâches informatiques liées à l'IA. Bien que les FPGA ne soient pas aussi optimisées qu'un ASIC spécialement conçu pour l'informatique de l'IA, elles sont flexibles et idéales pour le prototypage, en plus de permettre d'éviter le risque et le travail de conception initial requis pour produire un ASIC[55].

48 IBM, « What is chip packaging », 27 novembre 2023, https://research.ibm.com/blog/what-is-computer-chip-packaging.
49 Ansys, « What Is Advanced Semiconductor Packaging? », consulté le 20 mars 2025, https://www.ansys.com/simulation-topics/what-is-advanced-semiconductor-packaging.
50 Voir : « Gallium Nitride on Silicon », Lincoln Laboratory, Massachusetts Institute of Technology, consulté le 2 mai 2025, https://www.ll.mit.edu/research-and-development/advanced-technology/microsystems-prototyping-foundry/gallium-nitride.
51 Synopsys, « What is Photonics? », consulté le 19 mars 2025, https://www.synopsys.com/glossary/what-is-photonics.html.
52 Voir : Saif M. Khan et Alexander Mann, « AI Chips: What They Are and Why They Matter », Center for Security and Emerging Technology (CSET), avril 2020, https://cset.georgetown.edu/publication/ai-chips-what-they-are-and-why-they-matter/, p. 5.
53 Arm, « Glossary: What is ASIC? », consulté le 19 mars 2025, https://www.arm.com/glossary/asic.
54 IBM, « What is an AI chip? », 6 juin 2024, https://www.ibm.com/think/topics/ai-chip.
55 Arm, « Glossary: What is an FPGA? », consulté le 16 juin 2025, https://www.arm.com/glossary/fpga.

Semi-conducteurs analogiques et à signaux mixtes	Les semi-conducteurs analogiques et à signaux mixtes sont des puces conçues pour traiter des signaux analogiques, par opposition aux signaux numériques. Les semi-conducteurs analogiques sont utilisés pour des applications telles que la gestion de l'énergie et les télécommunications, ainsi que pour le traitement du son, de la température, de la pression, des vibrations et de la lumière[56]. C'est pourquoi ils jouent un rôle important pour plusieurs capteurs, dispositifs d'IDO et applications informatiques de périphérie[57]. Il existe également des applications potentielles pour les puces analogiques utilisées dans les applications informatiques d'IA de pointe à faible consommation d'énergie[58]. Les semi-conducteurs à signaux mixtes, tels que les convertisseurs analogiques-numériques (CAN ou CNA), convertissent les signaux analogiques en informations numériques et vice versa, ce qui en fait une technologie essentielle pour permettre aux mondes numérique et analogique d'interagir[59]. La technologie complexe des semi-conducteurs, comme les systèmes sur puce et les puces fragmentées, peut inclure des composants analogiques et numériques sur une seule puce[60].
Semi-conducteurs composés (nitrure de gallium, phosphure d'indium, éléments du groupe III-V, etc.)	Les semi-conducteurs composés sont créés à l'aide d'un composé d'éléments, plutôt qu'uniquement avec du silicium. Les semi-conducteurs III-V sont des semi-conducteurs composés basés sur les groupes III et V du tableau périodique, tels que le gallium et l'arsenic. Le nitrure de gallium (GaN), qui n'est pas à base de silicium, est souvent utilisé pour des plaquettes de semi-conducteurs, tandis que le carbure de silicium (SiC) est utilisé pour l'électronique de puissance[61] et le phosphure d'indium (InP), pour des applications telles que l'optoélectronique[62]. En utilisant les propriétés fournies par différents éléments, les semi-conducteurs composés présentent des caractéristiques utiles qui ne sont pas possibles avec les conceptions traditionnelles à base de silicium, telles qu'un transfert de données et des vitesses de commutation plus rapides, de meilleures capacités de traitement de la chaleur, des tensions plus élevées, ainsi que la détection et la production de lumière (photonique). Ces propriétés confèrent aux semi-conducteurs composés du groupe III-V un potentiel important dans des applications telles que l'informatique de pointe[63]. Toutefois, ces éléments sont plus difficiles à travailler et il est plus complexe de produire des plaquettes dans les quantités requises.
Systèmes micro-électromécaniques (MEMS)	Les MEMS sont des dispositifs électriques et mécaniques de très petite taille produits à l'aide de techniques de fabrication de semi-conducteurs. Les MEMS peuvent être utilisés pour détecter des changements dans des éléments tels que la pression, la température, l'élan ou la chimie et créer des signaux électriques qui peuvent être traités dans un ordinateur ou un autre système électrique. Ils sont utilisés dans toute une série d'applications, notamment dans le secteur automobile, où ils servent de détecteurs de décélération pour déclencher le déploiement des coussins de sécurité gonflables[64].

Source : Entretiens du CTIC avec des experts de l'industrie canadienne des semi-conducteurs et recherches secondaires corroborantes.

56 Ansys, « What is an Analog Integrated Circuit (IC) and How is it Designed? », consulté le 2 mai 2025, https://www.ansys.com/simulation-topics/what-is-analog-integrated-circuit.

57 Majeed Ahmad, « Analog's critical role in the IoT », Embedded, 12 janvier 2023, https://www.embedded.com/analogs-critical-role-in-the-iot/.

58 IBM, « IBM Research's newest prototype chips use drastically less power to solve AI tasks », 23 août 2023, https://research.ibm.com/blog/analog-ai-chip-low-power.

59 Ansys, « What Is a Mixed-Signal Integrated Circuit? », consulté le 2 mai 2025, https://www.ansys.com/simulation-topics/what-is-mixed-signal-integrated-circuit.

60 Synopsys, « Understanding SoC Chips: Components, Construction, & Capabilities », 14 novembre 2022, https://www.synopsys.com/blogs/chip-design/system-on-chip.html.

61 Synopsys, « Beyond Silicon: A Look at Alternative Semiconductor Materials », 20 février 2024, https://www.synopsys.com/blogs/chip-design/alternative-semiconductor-materials.html.

62 PhotonDelta, « What Is Indium Phosphide and What Can It Do More Than Other PIC Platforms? », 2 octobre 2022, https://www.photondelta.com/news/what-is-indium-phosphide-and-what-can-it-do-more-than-other-pic-platforms/.

63 Conseil national de recherches (Gouvernement du Canada), « Un avenir fertile pour le Canada : l'importance des semi-conducteurs composés », dernière mise à jour le 8 juillet 2024, https://nrc.canada.ca/fr/histoires/avenir-fertile-canada-limportance-semi-conducteurs-composes; Sumitomo Electric Industries, « Compound Semiconductor », consulté le 19 mars 2025, https://global-sei.com/sc/com_semi_e/; Compound Semiconductor Applications Catapult, « What are compound semiconductors? », consulté le 19 mars 2025, https://csa.catapult.org.uk/what-we-do/what-are-compound-semiconductors/.

64 Arrow Electronics, « MEMS overview: MEMS devices & uses in IoT », 13 février 2019, https://www.arrow.com/en/research-and-events/articles/mems-and-iot-applications; Bosch, « MEMS — Micro-Electro-Mechanical Systems », consulté le 19 mars 2025, https://www.bosch.com/stories/topics/mems-micro-electro-mechanical-systems/; Jim Turley, The Essential Guide to Semiconductors, (Hoboken, NJ: Person Education, 2003), p. 24-25.

Technologies émergentes de semi-conducteurs au Canada

Outre les forces existantes de l'industrie mentionnées ci-dessus, des entreprises canadiennes innovantes dans le domaine des semi-conducteurs, y compris des entreprises en démarrage, des entreprises établies appartenant à des Canadiens et des multinationales exploitant des centres de R-D et d'innovation au pays, travaillent sur de nouvelles technologies émergentes. Plusieurs de ces technologies émergentes ont des implications importantes pour l'avenir de l'industrie des semi-conducteurs, des appareils électroniques, du matériel informatique et de l'économie numérique au sens large.

Les technologies émergentes de semi-conducteurs en cours de développement au Canada comprennent le développement de logiciels et de modules d'extension compatibles avec l'IA pour l'automatisation de la conception électronique, les supraconducteurs et les puces d'informatique quantique. La figure 11 décrit les technologies émergentes de semi-conducteurs actuellement explorées par des entreprises canadiennes.

Figure 11. Principales technologies émergentes de semi-conducteurs au Canada (en ordre alphabétique)

Technologie dans le domaine des semi-conducteurs	Description
Logiciels et modules d'extension compatibles avec l'IA pour l'automatisation de la conception électronique	Les technologies d'IA sont de plus en plus déployées dans les logiciels pour l'automatisation de la conception électronique et d'autres outils de conception de semi-conducteurs. Les outils d'IA générative et d'apprentissage automatique sont couramment proposés sous forme de modules d'extension logiciels par d'importantes sociétés d'automatisation de la conception électronique[65]. Le recours à l'IA pour faciliter la conception des semi-conducteurs peut aider les concepteurs de puces à concevoir rapidement et efficacement des puces de plus en plus complexes et performantes, à optimiser la disposition des puces (c.-à-d. les plans de masse), à accroître l'efficacité, à vérifier la conception des puces et à utiliser les données des anciennes puces pour améliorer le processus de conception[66].
Puces quantiques	Un certain nombre de technologies de semi-conducteurs existantes et émergentes ont des applications considérables dans l'informatique quantique et le développement en cours de puces quantiques[67]. Les technologies de semi-conducteurs potentiellement pertinentes comprennent l'utilisation de GaN et d'autres matériaux du groupe III-V pour les points quantiques, l'incorporation de matériaux supraconducteurs dans les puces quantiques, la photonique sur silicium et d'autres technologies photoniques pour les processeurs quantiques[68], et les semi-conducteurs analogiques et à signaux mixtes pour le contrôle des processeurs quantiques[69]. Les solutions d'emballage avancés sont également essentielles au développement de la technologie des puces quantiques[70]. La Stratégie quantique nationale de 2022 du gouvernement fédéral fait du Canada un chef de file dans le domaine de la technologie quantique, y compris l'informatique quantique. Le document de la stratégie souligne l'importance des progrès de la science quantique pour faire avancer l'innovation dans le domaine des semi-conducteurs[71].

65 Par exemple, voir : Ansys, « Ansys AI », consulté le 2 mai 2025, https://www.ansys.com/ai; Cadence, « Accelerating the AI Transformation with Cadence », consulté le 2 mai 2025, https://www.cadence.com/en_US/home/ai/overview.html; Siemens, « Siemens EDA AI », consulté le 2 mai 2025, https://eda.sw.siemens.com/en-US/trending-technologies/eda-ai-page/; Synopsys, « AI & Machine Learning Solutions », consulté le 2 mai 2025, https://www.synopsys.com/ai.html.

66 Institute of Electrical and Electronics Engineers, « Transformative Effect: AI in Semiconductor Design », IEEE Innovation at Work, consulté le 2 mai 2025, https://innovationatwork.ieee.org/transformative-effect-ai-in-semiconductor-design/.

67 Voir : Siemens, « Quantum semiconductor research forges ahead with steady breakthroughs », Siemens Digital Industries Software, 2 février 2024, https://blogs.sw.siemens.com/cicv/2024/02/02/quantum-semiconductor-research-forges-ahead-with-steady-breakthroughs/.

68 Diana James, « Photonics and Quantum Computing: A Radiant Revolution », IEEE Computer Society, 19 décembre 2024, https://www.computer.org/publications/tech-news/trends/photonics-and-quantum-computing-revolution; Cierra Choucair, « Xanadu Announces Aurora, A Universal Photonic Quantum Computer », Quantum Insider, 22 janvier 2025, https://thequantuminsider.com/2025/01/22/xanadu-announces-aurora-a-universal-photonic-quantum-computer/.

69 Joseph C. Bardin, « Analog/Mixed-Signal Integrated Circuits for Quantum Computing », IEEE BiCMOS and Compound Semiconductor Integrated Circuits and Technology Symposium, Institute of Electrical and Electronics Engineers, 16-19 novembre 2020. DOI : 10.1109/BCICTS48439.2020.9392973.

70 Applied Materials, « Materials Innovations Can Help Make Quantum Computing a Reality », 1er juillet 2024, https://www.appliedmaterials.com/us/en/blog/blog-posts/materials-innovations-can-help-make-quantum-computing-a-reality.html.

71 Innovation, Sciences et Développement économique Canada (gouvernement du Canada), « Stratégie quantique nationale du Canada », 2022, https://ised-isde.canada.ca/site/strategie-quantique-nationale/fr/strategie-quantique-nationale-canada, p. 4.

Sécurité des puces et cryptographie	Comme les logiciels et d'autres types de matériel informatique, la technologie des semi-conducteurs est sujette à des failles de sécurité[72]. Les puces complexes telles que les microprocesseurs et les conceptions de système sur puce nécessitent des micrologiciels et des microprogrammes intégrés pour fonctionner, ce qui les rendent vulnérables à certains types de logiciels malveillants[73]. Les chaînes d'approvisionnement des semi-conducteurs sont également vulnérables à l'altération : par exemple, la conception de puces complexes pourrait inclure secrètement des fonctionnalités non autorisées, créant ainsi des portes dérobées pour les auteurs de menaces ingénieux afin qu'ils puissent les exploiter plus tard (on parle parfois de chevaux de Troie)[74]. En outre, la protection de la PI contre le vol et la duplication est une considération importante pour les concepteurs de circuits intégrés. Les puces avancées peuvent comprendre des blocs de PI de sécurité, comme des modules cryptographiques, dans leur conception[75].
Supraconducteurs	Selon l'Organisation européenne pour la recherche nucléaire (CERN), certains matériaux, lorsqu'ils tombent en dessous d'une certaine température, deviennent des supraconducteurs qui n'offrent aucune résistance au courant électrique et repoussent les champs magnétiques suffisamment faxbles; c'est ce qu'on appelle l'effet Meissner[76]. Ces propriétés innovantes offrent un potentiel important pour l'utilisation de supraconducteurs dans les industries de la microélectronique et des semi-conducteurs, dans les puces hybrides à semi-conducteur et supraconducteur. Elles sont aussi pertinentes pour les applications informatiques avancées telles que l'informatique quantique[77]. Les supraconducteurs peuvent également servir à exploiter les effets quantiques pour la miniaturisation des semi-conducteurs.

Source : Entretiens du CTIC avec des experts de l'industrie canadienne des semi-conducteurs et recherches secondaires corroborantes.

Cartographie de l'industrie canadienne des semi-conducteurs par orientation technologique

Les entreprises de semi-conducteurs qui mènent leurs activités au Canada mettent fortement l'accent sur les technologies avancées de semi-conducteurs telles que l'emballage avancé, la photonique, les puces optiques et les puces analogiques. Elles mettent également l'accent sur la technologie des puces d'IA, les semi-conducteurs composés, les puces radiofréquences (RF), les semi-conducteurs pour les capteurs et les applications de l'IDO, les MEMS et les puces fragmentées.

Le Canada compte aussi des entreprises de semi-conducteurs qui travaillent dans des domaines technologiques émergents tels que l'informatique quantique, la sécurité et la cryptographie des puces, les supraconducteurs et le développement de logiciels compatibles avec l'IA pour l'automatisation de la conception électronique et d'autres logiciels pour la conception de semi-conducteurs. La figure 12 présente les entreprises canadiennes de semi-conducteurs en fonction de leur offre technologique de base.

Comme le montre la figure 12, sur les 248 entreprises de semi-conducteurs répertoriées par le CTIC, 69 d'entre elles (28 %) se concentrent sur l'application de la photonique, y compris la photonique sur silicium et la technologie de communication optique, aux semi-conducteurs, tandis que 44 (18 %) se concentrent sur les puces d'IA, y compris les technologies telles que les ASIC et les FPGA. Les technologies d'emballage avancé sont une priorité pour 37 entreprises (15 %).

En outre, 36 entreprises (15 %) se concentrent sur les semi-conducteurs composés (y compris le GaN et les autres puces III-V), 32 (13 %), sur les puces pour capteurs et l'IDO, et 29 (12 %), sur les puces RF. De plus, 29 entreprises (12 %) ont des capacités en matière de puces CAN et CNA, 28 (11 %) ont des capacités dans d'autres technologies de puces analogiques (intensité, puissance, commutateur, etc.), et 27 (11 %) se concentrent sur les MEMS.

72 Voir : Satya S. Sahu, « A Survey of Chip-Based Hardware Backdoors », Takshashila Discussion Document No. 2024-06, The Takshashila Institution, mai 2024, https://takshashila.org.in/research/a-survey-of-chip-based-hardware-backdoors.

73 Aman Mishra, « Threat Actors Launch Active Attacks on Semiconductor Firms Using Zero-Day Exploits », GBHackers on Security, 11 avril 2025, https://gbhackers.com/threat-actors-launch-active-attacks-on-semiconductor-firms/.

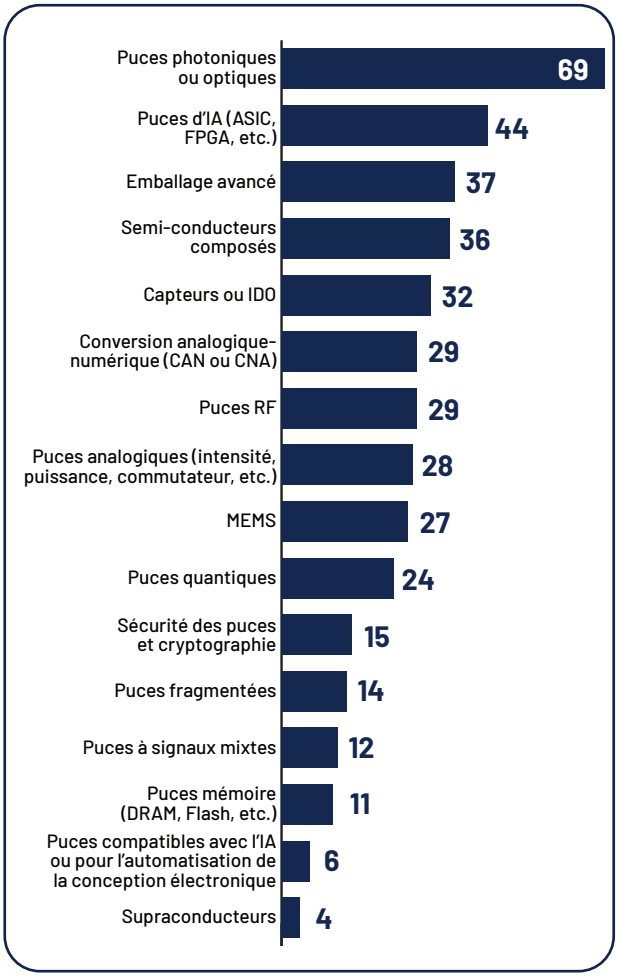
74 Jeff Goldman, « Chip Backdoors: Assessing the Threat », Semiconductor Engineering, 4 août 2022, https://semiengineering.com/chip-backdoors-assessing-the-threat/; Tyler McGill, « Hardware Trojans and Supply Lines », U.S. Naval Institute, avril 2021, https://www.usni.org/magazines/proceedings/2021/april/hardware-trojans-and-supply-lines.

75 Any Silicon, « Security IP Cores: Ultimate Guide », consulté le 6 mai 2025, https://anysilicon.com/security-ip-cores-ultimate-guide/.

76 CERN, « Supraconductivité », consulté le 24 mars 2025, https://home.cern/fr/science/superconductivity.

77 QuTech, « Integrating a semiconducting quantum dot with a superconductor », 21 février 2025, https://qutech.nl/2025/02/21/integrating-a-semiconducting-quantum-dot-with-a-superconductor/.

Figure 12. Priorité technologique des entreprises de semi-conducteurs au Canada



Source des données : Ensemble de données du CTIC sur les entreprises de semi-conducteurs au Canada, 2025. Remarque : De nombreuses entreprises canadiennes se concentrent sur plus d'une technologie de semi-conducteurs de base (n = 248 entreprises).

Enfin, 24 entreprises (10 %) se concentrent sur les semi-conducteurs pour les applications informatiques quantiques, 14 (6 %), sur les puces fragmentées et autres technologies de semi-conducteurs non monolithiques, 15 (6 %), sur la sécurité des puces et la cryptographie, 12 (5 %), sur les puces à signaux mixtes, 11 (4 %), sur les puces mémoire (DRAM, Flash, etc.), 6 (2 %), sur les outils et les modules d'extension compatibles avec l'IA pour l'automatisation de la conception électronique, et 4 (2 %), sur la technologie supraconductrice appliquée aux semi-conducteurs[78]. Il convient de noter que de nombreuses entreprises se concentrent sur plus d'une de ces technologies, certaines se spécialisant dans des groupes entiers de technologies interdépendantes, de sorte que les statistiques présentées ci-dessus totalisent plus de 248 entreprises.

La variété des technologies établies et émergentes sur lesquelles les entreprises canadiennes de semi-conducteurs mettent l'accent démontre à la fois la diversité des compétences techniques présentes dans l'industrie canadienne des semi-conducteurs et la grande diversité des technologies de semi-conducteurs produites par les entreprises canadiennes, essentielles aux industries en aval.

Marchés des utilisateurs finaux de l'industrie canadienne des semi-conducteurs

Les entreprises canadiennes de semi-conducteurs fournissent des produits et des services à un large éventail d'industries essentielles à l'économie moderne, telles que les secteurs de l'automobile, de l'aérospatiale, de la défense et des télécommunications, et constituent des intrants essentiels dans les chaînes d'approvisionnement en aval de ces industries.

Pour comprendre les marchés d'utilisateurs finaux, les entreprises canadiennes de semi-conducteurs sont considérées comme des clients. Le CTIC a cartographié les entreprises de semi-conducteurs en fonction des segments du marché des utilisateurs finaux auxquels elles déclarent fournir des produits et des services. Le CTIC a déterminé les industries d'utilisateurs finaux pour chaque entreprise de semi-conducteurs en fonction des industries ou marchés que chacune d'elle déclare desservir, sur la base des renseignements contenus dans les sites Web, sous des rubriques telles que « Solutions », « Marchés » et « Industries ». La plupart des entreprises de semi-conducteurs cartographiées par le CTIC desservent plusieurs marchés d'utilisateurs finaux, car elles fournissent des produits et des services applicables à toute une série d'industries.

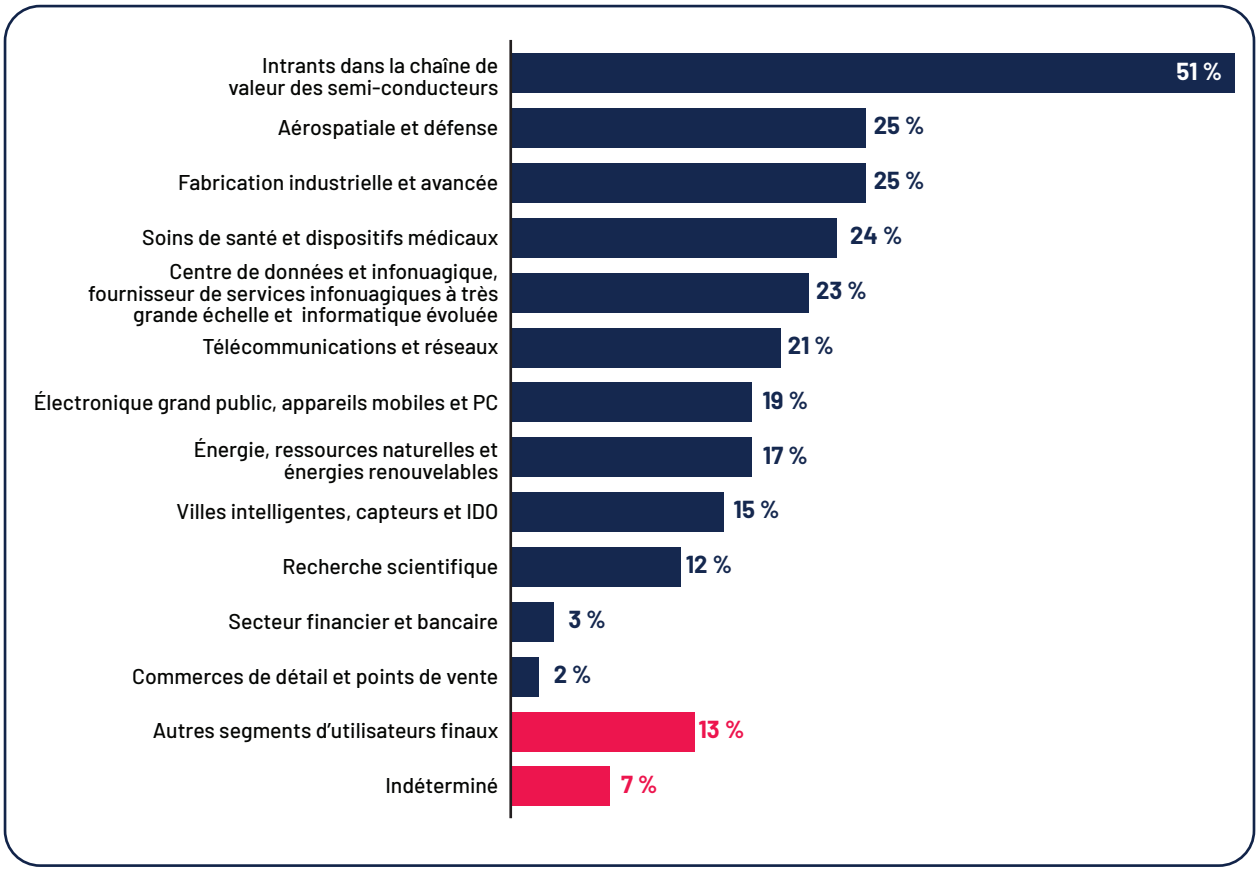
Sur les 248 entreprises de semi-conducteurs recensées par le CTIC dans le cadre de cette recherche, un peu plus de la moitié (51 %) ont déclaré que les principaux utilisateurs finaux de leurs produits ou services étaient d'autres entreprises de l'industrie des semi-conducteurs, ce qui démontre la complexité des chaînes de valeur et l'interdépendance entre les entreprises inhérentes à l'industrie canadienne des semi-conducteurs.

78 Les pourcentages indiqués ont été arrondis au chiffre le plus proche.

Les entreprises de semi-conducteurs proposent des produits et des services à de nombreux secteurs : secteur de l'aérospatiale et de la défense (25 %), secteur de l'industrie et de la fabrication de pointe (25 %), secteur de l'automobile (24 %)[79], et secteur de la médecine et des soins de santé, y compris les sciences de la vie (23 %). Les entreprises canadiennes de semi-conducteurs sont également très présentes dans le secteur des télécommunications et des centres de données : 21 % d'entre elles fournissent des produits et des services à des centres de données, des entreprises d'infonuagique, des fournisseurs de services infonuagiques à très grande échelle et des entreprises d'informatique avancée, et 19 % fournissent des produits et des services à l'industrie des télécommunications.

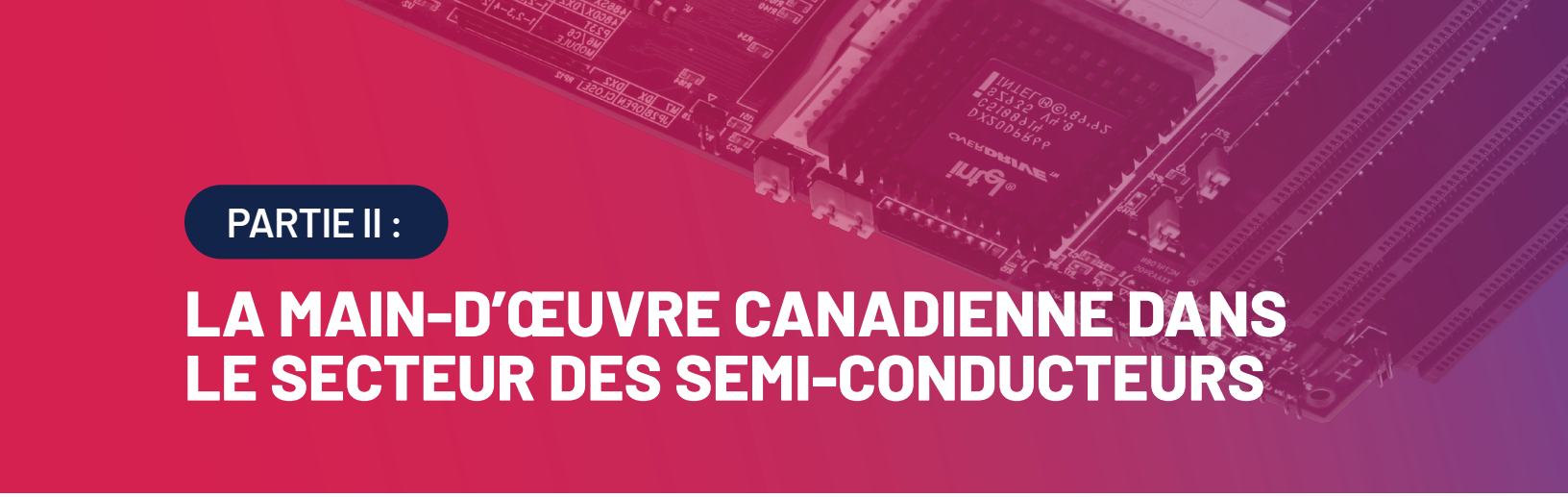
Parmi les autres secteurs importants dans lesquels les entreprises canadiennes de semi-conducteurs ont offert des produits et des services figurent l'électronique grand public, les appareils mobiles et les ordinateurs personnels (17 %); les ressources naturelles, l'énergie et les énergies renouvelables (17 %); les villes intelligentes, les capteurs et l'IDO (15 %); les applications de recherche scientifique (12 %); le secteur financier et bancaire (3 %); et le commerce de détail (2 %). La figure 13 présente les segments de l'industrie des utilisateurs finaux auxquels les entreprises canadiennes de semi-conducteurs offrent des produits ou des services.

Figure 13. Industrie canadienne des semi-conducteurs par segments de marché des utilisateurs finaux



Source des données : Ensemble de données du CTIC sur les entreprises de semi-conducteurs au Canada, 2025. Remarque : De nombreuses entreprises canadiennes de semi-conducteurs se concentrent souvent sur plus d'un marché d'utilisateurs finaux (n = 248 entreprises).

79 Une étude récente du groupe de travail sur les micropuces automobiles du CSC a toutefois révélé que les entreprises canadiennes de semi-conducteurs ne participent que peu ou pas du tout au secteur de la fabrication des véhicules électriques (VE), y compris aux composants clés tels que les batteries des VE, les groupes motopropulseurs et les autres systèmes d'alimentation; voir : Conseil des semi-conducteurs du Canada (CSC), « Automotive Microchips Working Group Report: Bridging the Gap in Canada's EV Supply Chain », CSC Automotive Microchips Working Group, 2024, https://www.canadassemiconductorcouncil.com/csc-automotive-microchips-report-landing-page.



PARTIE II :

LA MAIN-D'ŒUVRE CANADIENNE DANS LE SECTEUR DES SEMI-CONDUCTEURS

Une main-d'œuvre hautement qualifiée est essentielle pour permettre à l'industrie des semi-conducteurs d'innover, d'être compétitive et de prendre de l'expansion. La R-D, la conception, l'ingénierie et la production de semi-conducteurs sont des processus complexes qui requièrent une éducation et une formation approfondies. Le personnel hautement qualifié possédant les connaissances, les compétences et l'expérience nécessaires à l'exécution de ces tâches constitue l'épine dorsale de l'industrie contemporaine des semi-conducteurs au Canada. Dans un rapport publié en 2023, Statistique Canada indiquait que le personnel hautement qualifié (p. ex., scientifiques, ingénieurs et autres chercheurs travaillant dans l'industrie des semi-conducteurs) représentait environ 6,5 % de l'ensemble du personnel de R-D employé au Canada, ce qui souligne le rôle essentiel de l'industrie des semi-conducteurs dans l'innovation canadienne[80].

L'accès à un vaste bassin de talents peut permettre aux entreprises d'accélérer la R-D, de prendre de l'expansion rapidement et de répondre avec agilité à l'évolution de la demande mondiale, ce qui fait de l'accès à des bassins de talents fiables et évolutifs un facteur clé lorsqu'il s'agit de déterminer où implanter des usines de semi-conducteurs. Si elles n'ont pas accès aux talents, les entreprises risquent de perdre des revenus, de prendre du retard par rapport à leurs concurrents et de laisser passer de nouvelles occasions et de nouveaux clients. À l'échelle nationale, le Canada risque de perdre son avantage concurrentiel et sa souveraineté économique dans un secteur hautement stratégique.

La main-d'œuvre canadienne dans le domaine des semi-conducteurs repose sur une base solide d'innovation, d'excellence universitaire et de leadership industriel, avec des racines historiques profondes. Au cœur de cet héritage se trouve Nortel Networks, qui a joué un rôle transformateur en faisant du Canada un leader mondial de la photonique et des télécommunications dans les années 1980 et 1990. Les experts de l'industrie interrogés dans le cadre de cette étude ont expliqué comment Nortel a joué le rôle d'entreprise d'ancrage national pour le Canada, favorisant l'émergence de toute une génération d'ingénieurs, de technologues et de chercheurs dotés d'une grande expertise dans la conception et la fabrication de semi-conducteurs. Nortel a soutenu un écosystème dense de fournisseurs, d'entreprises en démarrage et de sociétés détachées qui continuent à façonner le secteur technologique canadien.

Aujourd'hui, le Canada dispose d'une main-d'œuvre de taille modeste composée de personnel hautement qualifié possédant une grande expertise dans la recherche, le développement, la conception et l'ingénierie des semi-conducteurs, ainsi que de petites poches de talents spécialisés dans la fabrication, l'emballage et la mise à l'essai des semi-conducteurs. En effet, des entreprises de premier plan du monde entier ont établi des succursales dans des villes comme Toronto, Ottawa, Bromont, Montréal et Vancouver afin d'accéder à cette expertise approfondie en matière de semi-conducteurs. Lors des entretiens, les représentants de plusieurs multinationales ont indiqué que le Canada disposait d'une base solide de talents en pleine croissance et ont souligné qu'ils avaient récemment embauché un grand nombre de nouveaux travailleurs ou qu'ils avaient l'intention de prendre de l'expansion au Canada dans un avenir proche.

80 Thomas Wood, Greg Maloney et Charlene Lonmo, « Croissance économique, emplois, produit intérieur brut et recherche dans l'industrie des semi-conducteurs », Statistique Canada (gouvernement du Canada), novembre 2023, https://www150.statcan.gc.ca/n1/pub/11-621-m/11-621-m2023016-fra.htm.

DÉFIS EN MATIÈRE DE MAIN-D'ŒUVRE

En dépit de ces atouts, des problèmes critiques de main-d'œuvre menacent le potentiel de l'industrie canadienne des semi-conducteurs. Les entreprises de semi-conducteurs sont soumises à une pression croissante pour répondre à la demande mondiale et pourraient choisir d'investir ailleurs si l'offre de talents au Canada n'est pas à la hauteur. Comme l'a fait remarquer le directeur général d'une grande entreprise canadienne de semi-conducteurs interrogé dans le cadre de l'étude : « L'industrie va continuer à se développer. La question qui se pose est la suivante : lorsque des entreprises comme la mienne passeront du stade de petite entreprise en démarrage à celui de grande entreprise, grandiront-elles au Canada ou seront-elles obligées de grandir ailleurs en raison de contraintes liées aux talents ? Et si elles prennent de l'expansion ailleurs, seront-elles toujours considérées comme des entreprises canadiennes ? »

Dans cette étude, un certain nombre d'entreprises de semi-conducteurs opérant au Canada ont fait part de leur intention d'ouvrir leurs prochains bureaux de conception en Europe plutôt qu'au Canada en raison des limites de l'offre de talents. D'autres ont indiqué que le manque de personnel les a obligés à renoncer à des occasions commerciales, ce qui leur a fait perdre des clients et de nouveaux revenus.

Comme l'a déclaré l'une des personnes interrogées : « Nous ne disposons que d'un nombre limité d'employés. Lorsque de nouvelles occasions s'offrent à nous, nous devons peser nos options et déterminer dans quels domaines nous devons investir notre réserve limitée de talents. » Une autre personne interrogée a indiqué que les problèmes de main-d'œuvre l'ont obligée à faire appel à des tiers au lieu de recruter en interne, afin de pouvoir avancer au rythme attendu par ses investisseurs, ce qui lui a coûté le double de ce qu'elle aurait dû payer pour embaucher quelqu'un directement.

En ce qui concerne les défis particuliers, les répondants ont souligné plusieurs défis qui menacent la croissance potentielle de l'industrie canadienne des semi-conducteurs.

Offre de talents insuffisante :	l'offre de talents dans le domaine des semi-conducteurs est insuffisante au Canada pour répondre à la demande de l'industrie pour certains postes, notamment ceux liés à l'ingénierie analogique, au développement de micrologiciels ou à la nanofabrication. Des entreprises en pleine croissance font part de leur intention d'ouvrir leur prochain centre de conception à l'étranger ou d'embaucher des talents à distance dans des endroits comme le Texas, la Californie, les Pays-Bas et la France, en raison d'une offre insuffisante de talents locaux au Canada.

Forte concurrence pour les talents :	l'offre insuffisante de personnel hautement qualifié à l'échelle nationale entraîne une forte concurrence pour les talents disponibles. Les entreprises en démarrage et les PME canadiennes ont beaucoup de mal à attirer et à retenir les meilleurs talents, en particulier lorsqu'elles sont en concurrence avec de grandes multinationales, qui disposent généralement de ressources plus importantes et peuvent donc offrir des salaires plus élevés. Les représentants de l'industrie considèrent la forte concurrence pour les talents comme le principal obstacle au maintien de la main-d'œuvre, les concurrents débauchant souvent des employés clés pour pourvoir des postes.

Pression à la hausse sur les salaires :	la forte concurrence pour attirer les talents a fait grimper les salaires dans l'industrie, érodant l'avantage concurrentiel du Canada par rapport à d'autres territoires plus coûteux comme les États-Unis.

Vieillissement de la main-d'œuvre :	les personnes interrogées dans le cadre de cette étude ont indiqué qu'une grande partie de la main-d'œuvre du secteur canadien des semi-conducteurs devrait prendre sa retraite au cours de la prochaine décennie, ce qui signifie qu'il y a un créneau restreint pour transmettre à la prochaine génération l'expertise dans les technologies des semi-conducteurs, comme la photonique, les communications optiques, les semi-conducteurs composés et l'emballage avancé. Comme l'a fait remarquer un participant : « Il y a eu une vague de talents dans la région d'Ottawa qui a été générée il y a une vingtaine d'années par Nortel, et qui s'est propagée à un groupe d'entreprises qui ont rendu la scène d'Ottawa très dynamique, mais franchement, ces talents vieillissent et je ne vois pas de nouvelle vague frapper dans cette région. » Dans sa récente étude de 2025 sur les talents canadiens dans le domaine des semi-conducteurs, le CSC note que le départ imminent à la retraite de professionnels expérimentés dans l'industrie des semi-conducteurs constitue une menace importante pour la continuité de l'expertise technique et de la capacité opérationnelle, mettant en péril l'exécution de projets futurs et le succès global des entreprises canadiennes de semi-conducteurs[81]. L'étude du CSC prévoit que jusqu'à 20 % des travailleurs du secteur des semi-conducteurs au Canada pourraient prendre leur retraite dans les cinq à dix prochaines années[82].

Sous-représentation des jeunes professionnels :	les défis posés par le vieillissement de la main-d'œuvre de l'industrie des semi-conducteurs sont aggravés par le manque de nouveaux talents. Les personnes interrogées dans le cadre de cette étude ont indiqué qu'il peut être difficile d'attirer des étudiants et de nouveaux travailleurs dans l'industrie des semi-conducteurs, en particulier par rapport à d'autres domaines lucratifs tels que le développement de logiciels et la science des données. Si de nombreux postes dans l'industrie des semi-conducteurs exigent un diplôme d'études supérieures (maîtrise ou doctorat), les étudiants diplômés en informatique et en génie informatique peuvent gagner des salaires élevés dans l'industrie du logiciel avec seulement un diplôme de premier cycle. Les grandes multinationales intensifient ce défi en recrutant les diplômés des meilleurs programmes dès le début de leur cursus, par le biais du recrutement sur le campus et de programmes coopératifs. Comme l'a fait remarquer un cadre : « Certaines entreprises offraient un salaire de plus de 200 000 $ US aux concepteurs de puces ayant seulement un baccalauréat ou une maîtrise d'un an. Ces compétences font l'objet d'une demande constante, tant de la part des entreprises en démarrage et des sociétés en expansion canadiennes que des grandes entreprises étrangères de fabrication de puces électroniques, qui ont toutes des bureaux au Canada et tentent d'embaucher autant d'ingénieurs qu'elles le peuvent. »

81 Conseil des semi-conducteurs du Canada, « Strengthening Canada's Semiconductor Talent Pipeline for Global Competitiveness: Talent & Workforce Development Working Group Report 2025 », juin 2025, https://irp.cdn-website.com/e5abb5aa/files/uploaded/Talent+-+Workforce+Development+Working+Group+Report_final-1f758c22.pdf, p. 11.

82 Ibid., p. 11.

Difficulté à utiliser les voies d'immigration :	bien qu'un certain nombre de personnes interrogées aient déclaré avoir utilisé les voies d'immigration pour faire venir au Canada du personnel hautement qualifié de l'étranger, elles ont indiqué que les processus bureaucratiques tels que l'évaluation de l'impact sur le marché du travail (EIMT) sont longs; ces voies d'immigration ne sont donc pas une option pour l'embauche à grande échelle ou les projets ayant des délais serrés. Les nouvelles restrictions en matière de permis d'études pour les étudiants étrangers menacent encore davantage l'accès aux talents internationaux, une ressource essentielle. Un cadre s'en inquiète d'ailleurs : « Une bonne partie de nos embauches sont des étudiants qui ont un diplôme d'études supérieures (pas tous, mais beaucoup), et une proportion croissante de ces étudiants a un visa. Je m'inquiète donc de l'incidence qu'auront les récentes restrictions en matière de visas d'étudiants. »

Pénurie de fondateurs et de chefs d'entreprise :	certains participants se sont inquiétés de la diminution du nombre de fondateurs d'entreprises canadiennes en démarrage dans le domaine des semi-conducteurs. À l'instar d'autres industries technologiques canadiennes, la forte présence de multinationales dans l'industrie canadienne des semi-conducteurs peut entraver le développement des entreprises et des talents entrepreneuriaux, créant ainsi un cycle de dépendance à l'égard des succursales[83]. Un cadre a déclaré que lorsqu'une grande partie de la main-d'œuvre travaille pour des multinationales, « on a tendance à ne pas former des personnes ayant des compétences commerciales, ce qui se perpétue par la suite. Il y a beaucoup de gens qui sont de bons gestionnaires de sites, mais qui ne sont pas de bons développeurs d'affaires ou de bons entrepreneurs ». Les compétences techniques sont essentielles dans l'industrie canadienne des semi-conducteurs, mais les dirigeants et les fondateurs qui ont le sens des affaires sont également indispensables au dynamisme de l'industrie.

Le renforcement de la main-d'œuvre canadienne dans le domaine des semi-conducteurs est un objectif national important. À mesure que la demande de semi-conducteurs augmentera, les régions qui disposent d'un approvisionnement solide et durable en personnel hautement qualifié seront mieux placées pour réussir.

83 Voir : Mairead Matthews et Faun Rice, Le contexte est important : renforcement de l'impact de l'investissement étranger sur l'innovation au Canada, Conseil des technologies de l'information et des communications (CTIC), mai 2022, https://ictc-ctic.ca/fr/rapports/le-contexte-est-important.

APPROCHES EN MATIÈRE DE DÉVELOPPEMENT DE LA MAIN-D'ŒUVRE

Bien que l'embauche de professionnels expérimentés reste la pierre angulaire de l'acquisition de talents dans l'industrie canadienne des semi-conducteurs, en particulier dans les centres de talents tels que Toronto et Ottawa, la demande de talents dépasse largement l'offre. Les personnes interrogées dans le cadre de cette étude ont souligné la manière dont l'industrie des semi-conducteurs s'efforce de constituer une main-d'œuvre durable, notamment en procédant comme suit.

Établissement de partenariats avec des universités pour développer un futur bassin de talents :	les partenariats avec les universités offrent une solution essentielle à long terme en intégrant les étudiants dans des programmes de stage coopératif et les stagiaires dans le monde du travail. Des établissements tels que l'Université de Toronto et l'Université de Waterloo constituent des bassins importants. En effet, certaines entreprises interrogées dans le cadre de cette étude recrutent plus de la moitié de leurs employés dans les programmes de ces universités. Un dirigeant a souligné l'importance de ces collaborations, déclarant que « les entreprises les plus performantes coopèrent étroitement avec les universités en influençant les programmes d'études et en recrutant très tôt des étudiants dans le cadre de programmes coopératifs ». Toutefois, le maintien de ces partenariats nécessite un investissement soutenu et l'établissement de relations continues. Par exemple, la participation à des programmes de mentorat détourne les ingénieurs expérimentés du travail facturable, ce qui crée des difficultés financières et opérationnelles, en particulier pour les petites entreprises. Si les grandes entreprises atténuent ce problème en structurant des cycles de stages qui se chevauchent, les petites entreprises n'ont souvent pas les ressources nécessaires pour mettre en œuvre de tels modèles de manière efficace. En outre, alors que les universités fournissent une base théorique solide, les diplômés ont souvent besoin d'une formation complémentaire pour répondre aux besoins de l'industrie contemporaine, ce qui crée un fossé entre la préparation universitaire et l'application pratique dans l'industrie des semi-conducteurs.
Embauche de professionnels expérimentés par l'entremise des voies d'immigration :	lorsque les bassins de talents locaux sont insuffisants, les entreprises se tournent vers l'immigration en suivant le processus canadien d'EIMT pour faire venir des titulaires de doctorat et des ingénieurs de l'étranger. Toutefois, les entreprises interrogées dans le cadre de cette étude ont indiqué que ce processus était bureaucratiquement complexe et prenait beaucoup de temps. Une personne interrogée a raconté qu'il avait fallu plus d'un an pour trouver des candidats à l'embauche et les faire venir au Canada. Dans certains cas, cela a conduit les entreprises à transférer des talents dans des bureaux à l'étranger, par exemple au Texas ou en France, plutôt que d'attendre durant la procédure d'immigration canadienne. D'autres entreprises ont déclaré avoir établi des bureaux internationaux afin d'exploiter des bassins de talents plus vastes. Cela place toutefois les entreprises canadiennes dans une position concurrentielle désavantageuse par rapport à leurs rivales mondiales qui peuvent recruter et intégrer des talents avec moins de restrictions. En outre, les grands employeurs ont indiqué qu'ils avaient tendance à épuiser rapidement leur quota d'EIMT compte tenu de leur volume d'embauche et qu'ils devaient régulièrement demander des allocations supplémentaires.

Perfectionnement des compétences dans les industries adjacentes :	l'amélioration des compétences dans les industries adjacentes constitue une autre avenue pour le développement de la main-d'œuvre, les entreprises de semi-conducteurs recrutant des professionnels dans des secteurs tels que le pétrole et le gaz, la physique, les produits pharmaceutiques et la fabrication de pointe. Ces employés apportent souvent des compétences transférables, comme de l'expérience dans les salles blanches, une expertise en ingénierie ou des connaissances en science des matériaux, ce qui réduit le temps requis pour l'intégration. Toutefois, la période d'adaptation reste importante, généralement de l'ordre de six mois, même pour les personnes ayant une formation appropriée. Le bassin de talents possédant des compétences directement applicables est également limité, ce qui fait de cette stratégie une solution partielle au problème plus général de la main-d'œuvre. Inversement, les industries susmentionnées sont également en concurrence directe avec l'industrie des semi-conducteurs pour l'obtention de talents techniques hautement qualifiés.

Perfectionnement de la main-d'œuvre interne :	le perfectionnement de la main-d'œuvre interne est essentiel pour la formation des nouveaux employés et la requalification des employés existants, en particulier dans le domaine de la conception et de l'ingénierie des semi-conducteurs. De nombreuses entreprises investissent dans des programmes d'intégration complets pour aider les employés à maîtriser les outils spécifiques à l'industrie, tels que les logiciels pour l'automatisation de la conception électronique. Cependant, de nombreuses compétences nécessitent un mentorat à long terme. Dans le cas de la conception de puces analogiques, un cadre a estimé qu'« il faut un mentorat pendant probablement trois à cinq ans avant de commencer à concevoir quoi que ce soit par soi-même ». Les petites entreprises ont souvent du mal à proposer une formation structurée et se contentent d'un échange informel des connaissances ou d'ateliers de courte durée. En l'absence d'une infrastructure de formation particulière, le rythme de perfectionnement des compétences et de diffusion des connaissances reste lent, ce qui rend difficile l'expansion rapide de la main-d'œuvre. Un livre blanc de 2025 produit par Ranovus préconise des initiatives de perfectionnement de la main-d'œuvre tenant compte de l'âge, y compris des programmes de transfert de connaissances bidirectionnels entre les travailleurs expérimentés en semi-conducteurs et les nouveaux talents qui entrent dans le domaine, afin d'accélérer le développement de la main-d'œuvre interne[84].

Pour combler le déficit de main-d'œuvre dans le secteur des semi-conducteurs au Canada, il est nécessaire d'adopter une approche coordonnée et pluridimensionnelle qui concilie le recrutement de talents à court terme et le développement de capacités à long terme. Si les partenariats universitaires, les voies d'immigration et le perfectionnement intersectoriel jouent tous un rôle essentiel, l'investissement continu dans l'infrastructure de formation interne et les changements de politique visant à simplifier l'embauche internationale seront indispensables pour constituer et maintenir au Canada un bassin de talents dans le domaine des semi-conducteurs qui soit compétitif à l'échelle mondiale.

84 Hamid Arabzadeh et Anke Schuetze, Age-Inclusive Workforce Transformation in Tech : Why Retaining Baby Boomers Is a Strategic Imperative (Executive Brief), Ranovus, à paraître en 2025.

EMPLOIS ET COMPÉTENCES AU SERVICE DE L'INDUSTRIE CANADIENNE DES SEMI-CONDUCTEURS

Cette section présente les emplois et les compétences clés de l'industrie des semi-conducteurs au Canada. Elle se concentre sur les compétences et les emplois les plus demandés par les entreprises de semi-conducteurs du champ d'application 1, c'est-à-dire celles qui s'occupent de la R-D, de la conception, de la fabrication, de l'assemblage, de l'emballage et de la mise à l'essai, ainsi que les entreprises spécialisées dans les logiciels pour l'automatisation de la conception électronique et les blocs de PI. Les entreprises du champ d'application 2 ont été exclues afin de se concentrer sur les postes les plus directement liés aux activités de base de l'industrie des semi-conducteurs. L'analyse est basée sur 1593 offres d'emploi collectées entre le 1er janvier 2022 et le 31 mars 2025.

Postes clés dans l'industrie des semi-conducteurs

Pour déterminer et catégoriser ces postes, le CTIC a interrogé une base de données nationale d'offres d'emploi canadiennes en utilisant sa liste interne d'entreprises de premier plan dans l'industrie des semi-conducteurs au Canada. Une combinaison de traitement du langage naturel, d'apprentissage automatique et de classification manuelle a été utilisée pour classer les offres d'emploi en 4 catégories principales et 16 sous-catégories. Les quatre principales catégories d'emplois sont les suivantes :

- **Recherche, développement et conception :** par exemple, conception et ingénierie des semi-conducteurs, ingénierie du matériel informatique, ingénierie et développement des logiciels, informatique, gestion des produits, et ingénierie des microprogrammes et des logiciels intégrés.
- **Assemblage et test :** par exemple, vérification et test, assemblage et production, gestion de la chaîne d'approvisionnement, ingénierie industrielle et mécanique, et techniciens.
- **Activités :** par exemple, administration des affaires, ressources humaines et technologies de l'information de l'entreprise.
- **Service à la clientèle :** par exemple, développement commercial, marketing et ventes, service à la clientèle et assistance, rédaction et communication.

La figure 14 fournit une description de chacune de ces catégories ainsi que des exemples de titres d'emploi inclus dans chacune d'entre elles.

Figure 14. Emplois dans l'industrie canadienne des semi-conducteurs

Postes de recherche, de développement et de conception

Postes de conception et d'ingénierie des semi-conducteurs	Conception de la puce et disposition de circuits intégrés analogiques, numériques et à signaux mixtes	Exemples : ingénieur en circuits intégrés analogiques et à signaux mixtes, concepteur d'ASIC et de FPGA, ingénieur en conception de circuits intégrés ou concepteur de schémas d'implantation
Postes d'ingénierie du matériel informatique	Conception de matériel électronique physique à l'échelle du système et de la carte	Exemples : ingénieur en matériel informatique, ingénieur en mécatronique, ingénieur en électronique ou ingénieur en microélectronique
Postes d'ingénierie en logiciel et de développement de logiciels	Logiciels d'application et d'infrastructure, y compris les systèmes d'infonuagique, d'apprentissage automatique et de simulation	Exemples : spécialiste en processus de développement et d'exploitation, développeur de logiciel d'apprentissage automatique ou architecte logiciel
Postes en informatique	Conception et développement d'algorithmes, de modèles et d'infrastructures logicielles pour l'IA, la science des données et les applications de géométrie informatique	Exemples : ingénieur en apprentissage automatique, responsable du développement des réseaux neuronaux, spécialiste en géométrie informatique ou scientifique des données
Postes liés à la gestion des produits	Supervision stratégique et gestion du cycle de vie des produits	Exemples : chef de produit ou spécialiste du cycle de vie des produits
Postes d'ingénierie de micro-logiciels et de logiciels intégrés	Logiciel de bas niveau étroitement couplé aux systèmes de matériel informatique	Exemples : développeur de micrologiciels, responsable de logiciels intégrés ou ingénieur d'intégration de micrologiciels

Postes d'assemblage et de test

Postes de vérification et de test	Validation des performances de la puce et du système par rapport aux spécifications	Exemples : ingénieur en vérification de la conception, ingénieur d'essais ou ingénieur en vérification
Postes d'assemblage et de production	Postes pratiques dans les processus de fabrication, d'assemblage et de production	Exemples : opérateur de machine, assembleur ou technicien de fabrication
Postes de gestion de la chaîne d'approvisionnement	Gestion des achats, des stocks, de la logistique et du flux des matériaux	Exemples : acheteur, spécialiste de l'approvisionnement ou responsable de la logistique
Postes d'ingénierie industrielle et mécanique	Conception, entretien et optimisation des équipements, des installations et des systèmes mécaniques	Exemples : ingénieur en mécanique, ingénieur en procédés ou technicien d'installations

Postes liés aux activités

Postes administratifs	Opérations de bureau, finances et soutien administratif	Exemples : adjoint de direction, administrateur de bureau ou analyste financier
Postes liés aux ressources humaines	Gestion des talents, recrutement et développement organisationnel	Exemples : administrateur des ressources humaines, gestionnaire des personnes et de la culture, ou recruteur
Postes liés aux technologies de l'information de l'entreprise	Assistance technique interne, administration des systèmes et infrastructure des TI de l'entreprise	Exemples : technicien informatique, technicien du service d'assistance ou administrateur informatique

Postes en contact direct avec la clientèle

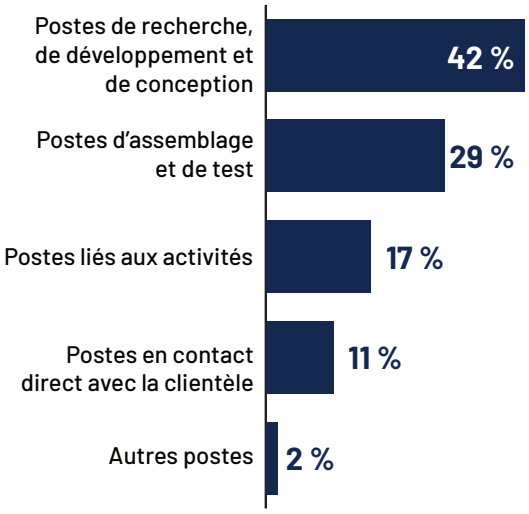
Postes liés au développement commercial, au marketing et aux ventes	Postes en contact avec les intervenants externes axés sur les ventes, les partenariats et la croissance du marché	Exemples : analyste commercial, spécialiste des ventes techniques, ingénieur en solutions ou responsable des ventes
Postes liés à la rédaction et à la communication	Création et gestion de la documentation technique, du contenu marketing et des communications internes	Exemples : rédacteur technique, rédacteur publicitaire ou concepteur graphique
Postes liés au service à la clientèle et à au soutien	Postes de soutien et de service en contact direct avec la clientèle pour assurer la satisfaction des clients	Exemples : gestionnaire de programme client ou gestionnaire des opérations client

Demande de postes dans l'industrie canadienne des semi-conducteurs

Bien que les données sur les offres d'emploi ne reflètent pas entièrement la demande de travailleurs, principalement en raison du recours important au recrutement direct dans les établissements d'enseignement supérieur et les réseaux personnels dans l'industrie des semi-conducteurs au Canada, elles fournissent néanmoins de précieux renseignements sur les postes qui sont autrement difficiles à cibler.

La figure 15 montre la proportion d'offres d'emploi dans le domaine des semi-conducteurs par principale catégorie d'emplois. Les postes de recherche, de développement et de conception représentent la plus grande part (42 %), suivies par les postes d'assemblage et de test (29 %). Les postes liées aux activités (17 %) et au service à la clientèle (11 %) représentent des fonctions vitales de soutien et d'interface, tandis qu'une petite partie (2 %) entre dans des catégories non catégorisées ou diverses. Ces résultats sont corroborés par les entretiens menés dans le cadre de cette étude, au cours desquels les participants ont systématiquement indiqué que la majeure partie de la main-d'œuvre canadienne du secteur des semi-conducteurs se spécialisait dans la recherche, le développement et la conception. Par ailleurs, un segment plus petit, mais considérable se concentre sur des activités en aval telles que l'assemblage et les tests.

Figure 15. Répartition des offres d'emploi par catégorie dans l'industrie canadienne des semi-conducteurs



Source des données : Ensemble de données du CTIC sur les entreprises de semi-conducteurs au Canada, 2025; Vicinity Jobs, 2025. Analyse du CTIC. Les données sur les offres d'emploi ont été collectées entre le 1er janvier 2022 et le 31 mars 2025.

La figure 16 montre la proportion d'offres d'emploi dans le domaine des semi-conducteurs par catégorie. Les postes liés à la conception et à l'ingénierie des semi-conducteurs dominent avec 19 % de toutes les offres d'emploi, ce qui souligne la forte demande du secteur pour des talents en conception de circuits intégrés et de puces, notamment des ingénieurs en circuits analogiques et à signaux mixtes, des concepteurs d'ASIC et de FPGA, des ingénieurs en conception de circuits intégrés et des concepteurs de schéma d'assemblage. Parmi les autres postes techniques d'importance, on trouve l'ingénierie du matériel informatique (11 %), la vérification et les tests (10 %) et l'administration des affaires (10 %), ce qui indique un équilibre entre l'expertise technique et le soutien opérationnel.

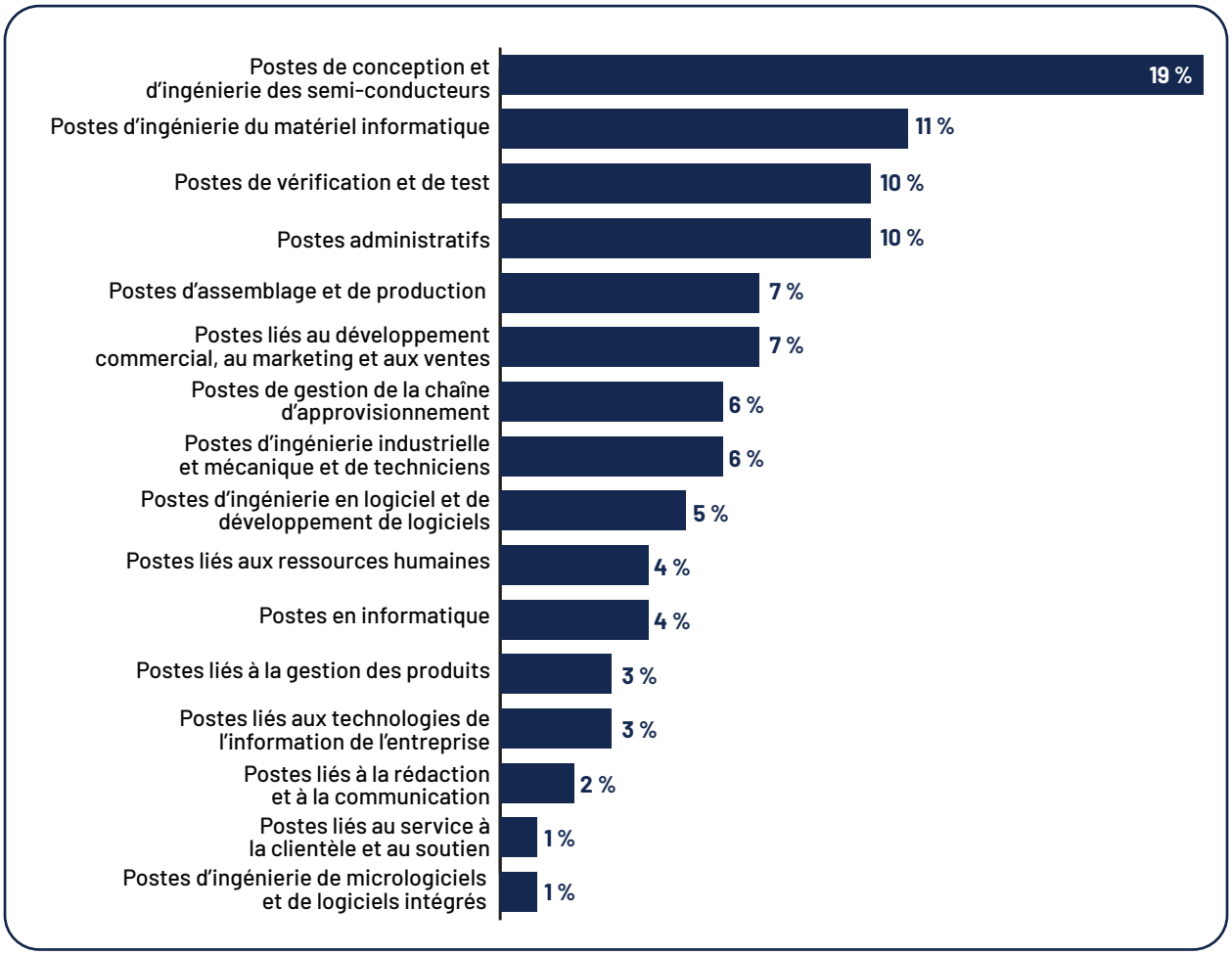
Les personnes interrogées ont également souligné que les postes de vérification et de test constituaient un élément essentiel de la main-d'œuvre canadienne dans le secteur des semi-conducteurs. Elles ont fait état d'une forte demande de talents capables de vérifier la conception des puces à l'aide d'outils de simulation, de caractériser les puces finies et de s'assurer que les puces respectent les normes de performance.

Les données relatives aux sous-catégories montrent également la répartition des rôles en matière d'assemblage et de test. Une proportion importante de postes axés sur la production de semi-conducteurs (p. ex., postes d'assemblage et de production et postes d'ingénieurs et de techniciens industriels et mécaniques), qui représentent ensemble 13 % de toutes les offres d'emploi, remet en question l'idée selon laquelle l'industrie canadienne des semi-conducteurs se spécialise principalement dans la conception, l'ingénierie et l'essai des semi-conducteurs.

L'ensemble des données relatives aux offres d'emploi comprend des postes comme ceux d'ingénieur mécanique, d'ingénieur des procédés, de technicien d'installations, d'opérateur de machine, d'assembleur et de technicien de fabrication. L'une des personnes interrogées, qui dirige une grande organisation spécialisée dans la fabrication de semi-conducteurs, a également commenté les types de postes les plus demandés au sein de son équipe, en soulignant les postes liés à l'entretien et à l'ingénierie des équipements, à l'ingénierie de la fabrication, à l'ingénierie des processus de développement et à la gestion de projet.

Les postes moins fréquents dans des domaines tels que les micrologiciels et les logiciels intégrés (1 %) et le service à la clientèle (1 %) sont un créneau, mais demeurent des éléments essentiels de la main-d'œuvre du secteur des semi-conducteurs.

Figure 16. Répartition des offres d'emploi par sous-catégorie dans l'industrie canadienne des semi-conducteurs



Source des données : Ensemble de données du CTIC sur les entreprises de semi-conducteurs au Canada, 2025; Vicinity Jobs, 2025. Analyse du CTIC. Les données sur les offres d'emploi ont été collectées entre le 1er janvier 2022 et le 31 mars 2025.

Demande de compétences dans l'industrie canadienne des semi-conducteurs

Cette section présente les compétences les plus recherchées dans l'industrie des semi-conducteurs au Canada. Pour déterminer ces compétences, le CTIC a interrogé une base de données nationale d'offres d'emploi canadiennes en utilisant sa liste interne d'entreprises de premier plan dans l'industrie des semi-conducteurs au Canada. Une combinaison de traitement du langage naturel, d'apprentissage automatique et de tri manuel des données a été utilisée pour classer les compétences en quatre catégories principales :

- **Compétences technologiques**
- **Compétences en matière de matériel et d'instrumentation**
- **Compétences organisationnelles et opérationnelles transférables**
- **Compétences socio-émotionnelles (compétences comportementales)**

Chacune de ces catégories est examinée plus en détail ci-dessous.

Compétences technologiques

La figure 17 présente les langages de programmation et les compétences techniques les plus fréquemment demandés dans les offres d'emploi de l'industrie canadienne des semi-conducteurs.

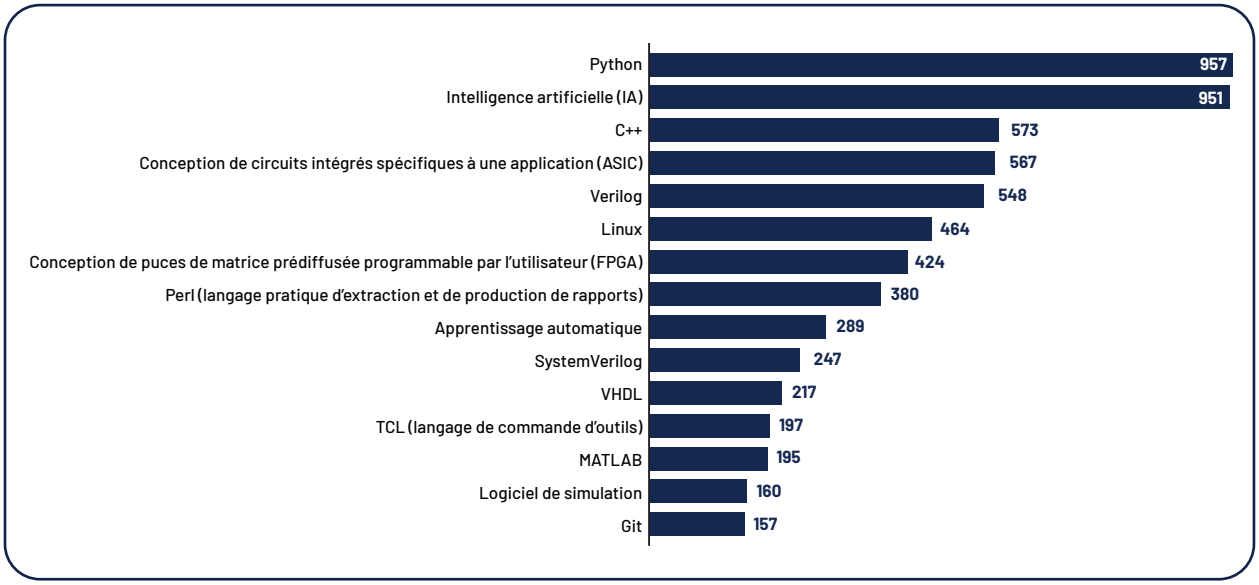
Python et l'IA sont en tête de liste, figurant dans plus de 950 offres d'emploi chacun. Python est largement utilisé pour les scripts, l'automatisation et les flux de travail d'apprentissage automatique dans les environnements de développement et de test de puces. Les langages tels que C++, Verilog, SystemVerilog et VHDL restent fondamentaux pour la conception numérique et la description du matériel informatique, en particulier pour le développement d'ASIC et de FPGA. Ces outils permettent un contrôle et une modélisation de bas niveau des circuits électroniques, une exigence essentielle dans les flux de travail de conception des puces.

La prédominance de Linux, Git et TCL montre l'importance des environnements de développement et des systèmes de contrôle des versions dans les flux de travail collaboratifs des semi-conducteurs. Par ailleurs, les logiciels MATLAB et de simulation reflètent la demande de modélisation à l'échelle du système, de traitement des signaux et de validation fonctionnelle.

Notamment, les FPGA, les ASIC et l'apprentissage automatique sont indiqués comme des compétences distinctes, ce qui illustre la double demande de connaissances en matière de conception de matériel spécifique et d'application de méthodes de calcul avancées, en particulier dans les domaines de l'IA et de l'informatique reconfigurable.

Collectivement, ce profil de compétences montre que la main-d'œuvre dans le domaine des semi-conducteurs doit posséder une expertise approfondie du matériel informatique, une bonne maîtrise des langages de conception de bas niveau et la capacité d'intégrer et d'optimiser des systèmes intelligents. À mesure que le secteur continue d'évoluer, les compétences hybrides qui mêlent l'ingénierie traditionnelle à l'IA et au développement de logiciels seront de plus en plus importantes.

Figure 17. Fréquence des compétences technologiques dans les offres d'emploi



Source des données : Ensemble de données du CTIC sur les entreprises de semi-conducteurs au Canada, 2025; Vicinity Jobs, 2025. Analyse du CTIC. Les données sur les offres d'emploi ont été collectées entre le 1er janvier 2022 et le 31 mars 2025.

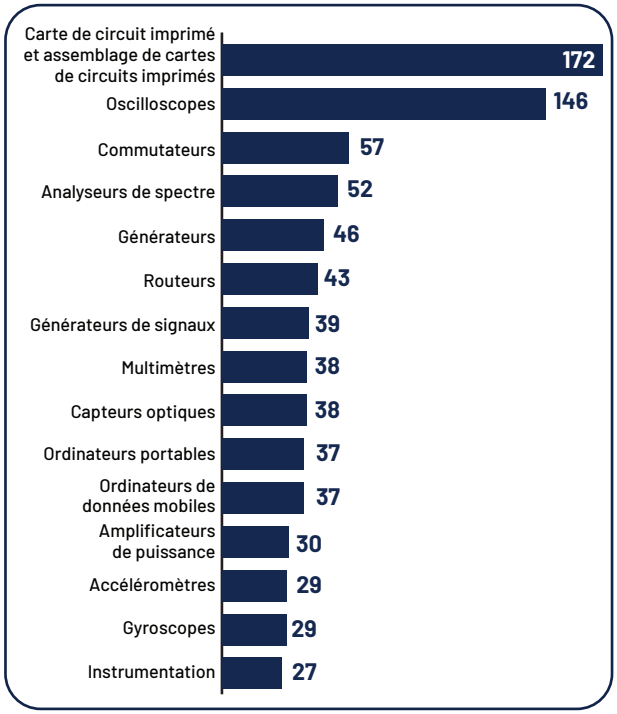
Compétences en matière de matériel et d'instrumentation

Comme le montre la figure 18, toutes les compétences les plus demandées en matière d'outils et d'instrumentation, citées dans les offres d'emploi liées aux semi-conducteurs dans l'ensemble du Canada, reflètent des compétences pratiques, basées sur le travail en laboratoire, requises pour des rôles dans la mise à l'essai du matériel informatique, le prototypage, l'assemblage et la validation des systèmes.

L'assemblage de cartes de circuits imprimés arrive en tête de liste, cité dans 172 offres d'emploi. Cela correspond à la demande de techniciens et d'ingénieurs spécialisés dans l'assemblage, le réusinage et la mise à l'essai de circuits sur mesure. Viennent ensuite les oscilloscopes, qui constituent un outil de diagnostic essentiel pour mesurer l'intégrité des signaux, la synchronisation et le comportement des circuits[85]. Parmi les autres équipements fréquemment cités figurent les analyseurs de spectre, les générateurs de signaux, les multimètres et les capteurs optiques.

L'inclusion de routeurs, d'ordinateurs portables et d'ordinateurs de données mobiles souligne le besoin croissant de compétences liées aux systèmes intégrés, aux dispositifs en réseau et au soutien électronique sur le terrain. En outre, les outils tels que les accéléromètres, les gyroscopes et les systèmes d'instrumentation indiquent la nécessité d'une bonne connaissance de l'intégration des capteurs, en particulier dans les applications automobiles, aérospatiales et d'IDO.

Figure 18. Fréquence des compétences en matière de matériel et d'instrumentation dans les offres d'emploi



Source des données : Ensemble de données du CTIC sur les entreprises de semi-conducteurs au Canada, 2025; Vicinity Jobs, 2025. Analyse du CTIC. Les données sur les offres d'emploi ont été collectées entre le 1er janvier 2022 et le 31 mars 2025.

85 Michelle Tate, « An Overview of Oscilloscopes and Their Industrial Uses », Keysight, 2024, https://www.keysight.com/blogs/en/tech/educ/2024/oscilloscopes.

Compétences organisationnelles et opérationnelles transférables

La figure 19 met en évidence les compétences organisationnelles et opérationnelles transférables les plus demandées, citées dans les offres d'emploi liées aux semi-conducteurs dans l'ensemble du Canada. Ces compétences s'appliquent aux projets et aux équipes de semi-conducteurs, mais sont également couramment utilisées dans l'ensemble de l'économie dans d'autres industries et applications.

La gestion de projet est la compétence la plus demandée, citée dans 441 offres d'emploi. La gestion de produit figure également parmi les 15 compétences les plus demandées, citée dans 136 offres d'emploi, tout comme la gestion de programmes, citée dans 97 offres d'emploi.

Ces compétences mettent en évidence le besoin de professionnels capables de superviser des programmes complexes de R-D, de diriger des projets de semi-conducteurs et de développer des produits pour l'industrie des semi-conducteurs. Les compétences analytiques en matière de données et d'analyse des données occupent les deuxième et troisième rangs, ce qui souligne la forte dépendance du secteur à l'égard de la prise de décisions fondées sur les données. Des compétences comme le service à la clientèle, le soutien technique et l'assurance de la qualité sont également présentes et démontrent la nécessité pour l'industrie de maintenir des relations très fiables avec les clients et d'assurer leur satisfaction.

Figure 19. Fréquence des compétences organisationnelles et opérationnelles transférables dans les offres d'emploi



Source des données : Ensemble de données du CTIC sur les entreprises de semi-conducteurs au Canada, 2025; Vicinity Jobs, 2025. Analyse du CTIC. Les données sur les offres d'emploi ont été collectées entre le 1er janvier 2022 et le 31 mars 2025.

Compétences socio-émotionnelles

Bien qu'il s'agisse d'une industrie très technique, les entreprises de semi-conducteurs accordent également une grande importance aux compétences interpersonnelles et socio-émotionnelles. La figure 20 montre les compétences interpersonnelles les plus fréquemment citées dans les offres d'emploi.

La compétence socio-émotionnelle la plus souvent citée est l'esprit d'équipe, ce qui reflète la nature intrinsèquement collaborative des projets de semi-conducteurs, qui impliquent des équipes complexes composées de talents aux spécialisations diverses, ainsi qu'une collaboration régulière avec des fournisseurs externes, des clients et des organisations partenaires. Les compétences en matière de communication, de leadership et de résolution de problèmes occupent également une place importante, soulignant le besoin de professionnels capables de diriger des équipes diversifiées, de gérer des situations complexes et d'exprimer clairement des idées techniques à un large éventail de parties prenantes.

D'autres compétences essentielles sont la rédaction, la planification et l'esprit d'initiative, des qualités particulièrement appréciées dans les domaines de la R-D, de la gestion de projet et du service à la clientèle. La présence de compétences en matière de prise de décisions, de dépannage et de supervision montre qu'il y a une demande pour des personnes qui peuvent prendre des initiatives, diriger des équipes et répondre efficacement aux défis techniques et organisationnels.

Dans l'ensemble, ces compétences montrent que le succès dans l'industrie des semi-conducteurs ne dépend pas seulement des connaissances techniques, mais aussi d'une forte collaboration, d'une grande capacité d'adaptation et d'un leadership fort, d'autant plus que les équipes deviennent de plus en plus mondiales, pluridisciplinaires et intégrées tout au long du cycle de vie du produit.

Figure 20. Fréquence des compétences socio-émotionnelles dans les offres d'emploi



Source des données : Ensemble de données du CTIC sur les entreprises de semi-conducteurs au Canada, 2025; Vicinity Jobs, 2025. Analyse du CTIC. Les données sur les offres d'emploi ont été collectées entre le 1er janvier 2022 et le 31 mars 2025.

CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS STRATÉGIQUES

L'économie numérique mondiale repose sur la technologie des semi-conducteurs. Sans ces dispositifs, le matériel informatique et l'électronique modernes ne pourraient tout simplement pas exister. Le Canada tire profit de son industrie des semi-conducteurs relativement petite, mais dynamique, qui participe aux chaînes de valeur mondiales des semi-conducteurs et qui est à l'origine de technologies microélectroniques novatrices, dont bon nombre sont appelées à jouer un rôle clé dans des domaines informatiques avancés comme l'IA et l'informatique quantique.

Les forces du Canada dans des technologies telles que l'emballage avancé, les semi-conducteurs analogiques et à signaux mixtes, les ASIC compatibles avec l'IA, les semi-conducteurs composés, les MEMS et la photonique constituent une base technologique solide sur laquelle le pays peut s'appuyer à court terme, mais des obstacles importants concernant l'accès aux talents, les défis en matière de perfectionnement de la main-d'œuvre et la capacité de l'industrie doivent être surmontés.

En effet, des défis tels que le vieillissement de la main-d'œuvre canadienne dans le secteur des semi-conducteurs, la concurrence féroce d'autres secteurs de l'économie numérique pour attirer des talents hautement qualifiés dans les domaines des STIM, la concurrence mondiale pour les spécialistes des semi-conducteurs formés au Canada et les lacunes du système canadien de formation et de perfectionnement de la main-d'œuvre menacent tous d'entraver la croissance de l'industrie des semi-conducteurs au pays. En outre, le manque de capacité nationale de fabrication de semi-conducteurs rend les entreprises canadiennes dépendantes de partenaires internationaux pour le prototypage et la fabrication.

Le Canada dispose d'une fenêtre de plus en plus étroite pour s'attaquer à ces problèmes et réaliser son potentiel commercial et technologique sous-estimé, mais important dans le domaine des semi-conducteurs. Ce besoin de changement est motivé par le vieillissement de la main-d'œuvre proche de la retraite, les pressions économiques et géopolitiques mondiales et les progrès technologiques rapides réalisés à l'étranger dans le domaine des semi-conducteurs.

RECOMMANDATIONS STRATÉGIQUES

Pour relever ces défis, le Canada pourrait grandement bénéficier des investissements stratégiques suivants dans l'industrie des semi-conducteurs[86].

1. **Stratégie nationale canadienne sur les semi-conducteurs :** élaborer et mettre en œuvre une stratégie nationale canadienne sur les semi-conducteurs qui harmonise les investissements publics fédéraux et provinciaux, les initiatives écosystémiques pancanadiennes et les programmes de formation postsecondaire et de perfectionnement de la main-d'œuvre. Cette stratégie devrait tirer parti des atouts industriels et technologiques existants du Canada dans le domaine des semi-conducteurs et fournir une feuille de route orientée vers l'avenir pour la politique industrielle nationale en matière de semi-conducteurs. La stratégie devrait également reconnaître le rôle unique du Canada dans les chaînes de valeur mondiales des semi-conducteurs et aborder des questions stratégiques telles que la PI, la sécurité de la chaîne d'approvisionnement et l'attraction des investissements directs étrangers[87]. Les économies comparables qui ont développé des industries des semi-conducteurs de calibre mondial au fil des décennies ont bénéficié de telles stratégies.

86 Voir également : Mémoire pour les consultations prébudgétaires en vue du prochain budget fédéral 2025-2026, Conseil des technologies de l'information et des communications (CTIC), Conseil des semi-conducteurs du Canada (CSC), CMC Microsystems (CMC), le Centre de formation et de recherche sur l'écosystème des semi-conducteurs (SECTR) et ventureLAB, 8 avril 2025, https://ictc-ctic.ca/fr/rapports/memoire-pour-les-consultations-prebudgetaires-en-vue-du-prochain-budget-federal-2025-2026.

87 Voir : Conseil des semi-conducteurs du Canada (CSC), CMC Microsystems (CMC), Conseil des technologies de l'information et des communications (CTIC) et ventureLAB, Submission for the Pre-Budget Consultations in Advance of the Fall 2025 Federal Budget, juillet 2025, https://www.canadassemiconductorcouncil.com/initiatives#BudgetProposals, p. 5.

2

Investissements publics dans le développement et la formation des talents dans le domaine des semi-conducteurs : orienter les investissements publics vers des initiatives de formation appliquée et de perfectionnement de la main-d'œuvre ciblées et informées par l'industrie afin de combler les lacunes en matière de talents dans les industries régionales des semi-conducteurs. Il pourrait s'agir de soutenir les stages d'AIT dans les principales entreprises canadiennes de semi-conducteurs et les entreprises en démarrage innovantes. On pourrait aussi améliorer les programmes de partage de logiciels pour les universités et les instituts polytechniques qui forment des talents dans le domaine des semi-conducteurs. En outre, des campagnes de sensibilisation pourraient encourager un plus grand nombre de diplômés dans les domaines des STIM à poursuivre des carrières dans le secteur des semi-conducteurs.

3

Soutien à la commercialisation nationale et à la protection stratégique de la PI en matière de technologie : affecter des investissements stratégiques à la commercialisation nationale de l'industrie canadienne des semi-conducteurs, y compris la protection de la PI de l'industrie, qui peut être vulnérable aux acheteurs étrangers en raison de la disponibilité limitée du capital national.

4

Investissements publics dans la R-D, la conception de puces et l'infrastructure de fabrication de semi-conducteurs : obtenir du financement public direct visant à améliorer les installations nationales de R-D, de conception de puces et de fabrication commerciale de semi-conducteurs afin de favoriser la collaboration avec les partenaires et de renforcer la chaîne d'approvisionnement locale de semi-conducteurs du Canada. Le développement de ces infrastructures attirera également des concepteurs et des fabricants de semi-conducteurs hautement qualifiés pour répondre à la demande mondiale croissante de produits semi-conducteurs canadiens.

5

Soutien aux pôles d'innovation régionaux dans le domaine des semi-conducteurs : mettre en œuvre des programmes régionaux de soutien financier pour compléter les investissements stratégiques nationaux dans l'infrastructure de fabrication de semi-conducteurs. Ces programmes de financement pourraient comprendre un soutien aux pôles d'innovation régionaux, l'intégration des établissements de recherche, des entreprises en démarrage, des entreprises phares, des investisseurs et d'autres intervenants de l'écosystème.

6

Politique d'approvisionnement du gouvernement et de l'industrie : relier les marchés publics stratégiques en matière de défense nationale, les systèmes souverains d'IA et les infrastructures essentielles aux chaînes d'approvisionnement nationales de semi-conducteurs et à la R-D produite au Canada. Il serait pertinent d'utiliser la politique de l'industrie dans des secteurs clés comme la défense, l'aérospatiale, les télécommunications et la fabrication automobile pour créer une demande de puces conçues et sécurisées à l'échelle nationale afin de renforcer les chaînes d'approvisionnement canadiennes pour les semi-conducteurs.

ANNEXE A :

MÉTHODES DE RECHERCHE

Le CTIC a utilisé une approche mixte pour cartographier l'industrie canadienne des semi-conducteurs et ses besoins en main-d'œuvre. Les méthodes mixtes de recherche fusionnent des méthodes qualitatives et quantitatives en un tout intégré, ce qui permet de saisir et de décrire les données d'une manière globale et nuancée[88]. La triangulation des données issues des méthodes de recherche qualitatives et quantitatives peut renforcer la confiance dans les résultats de la recherche[89].

I. Examen de la documentation et des données secondaires

Les chercheurs du CTIC ont examiné les publications existantes et les données secondaires sur l'industrie canadienne des semi-conducteurs. Cet examen a fourni des renseignements contextuels sur la dynamique technologique, économique et politique qui façonne l'industrie canadienne des semi-conducteurs actuelle. Cet examen a aidé les chercheurs du CTIC à définir la portée de l'étude et à dresser une première liste de personnes susceptibles d'être interrogées. En outre, l'examen a aidé les chercheurs à cartographier l'industrie canadienne des semi-conducteurs et à structurer l'analyse qui en a découlé.

II. Entretiens avec les témoins privilégiés

Les chercheurs du CTIC ont mené 27 entretiens semi-structurés avec des chefs d'entreprise, des ingénieurs et des technologues de haut niveau, des consultants et des experts en matière de politiques impliqués dans l'industrie canadienne des semi-conducteurs. Ces entretiens se sont déroulés virtuellement d'octobre 2024 à janvier 2025. L'objectif était d'aider les chercheurs du CTIC à comprendre les forces et les faiblesses de l'industrie, le contexte économique et historique, les défis et les développements en cours dans le secteur des semi-conducteurs au Canada. Les transcriptions des entretiens ont été codées et analysées dans NVivo en utilisant une approche à la fois inductive et déductive.

III. Analyse de documents primaires

Un certain nombre d'organisations influentes au sein de l'industrie canadienne des semi-conducteurs ont fourni une collection de documents commerciaux exclusifs, y compris des rapports internes, des propositions, des présentations, des notes de service, des courriels et des notes de réunion, qui décrivent les principales questions et évolutions de l'industrie contemporaine des semi-conducteurs au Canada. Les chercheurs du CTIC ont rassemblé ces documents et ont procédé à une analyse systématique afin de déterminer les questions et les thèmes pertinents. Les résultats de cette analyse ont aidé les chercheurs à approfondir et à contextualiser les résultats obtenus par d'autres méthodes de recherche, à combler les lacunes de compréhension et à valider leurs conclusions.

88 Voir : Harvard Catalyst, « Community Engagement Program: Mixed Methods Research », consulté le 22 août 2025, https://catalyst.harvard.edu/community-engagement/mmr/.

89 Voir : Emerald Publishing, « How to... Use mixed methods research », consulté le 22 août 2025, https://www.emeraldgrouppublishing.com/how-to/research-methods/using-mixed-methods-research.

IV. Cartographie des entreprises de semi-conducteurs

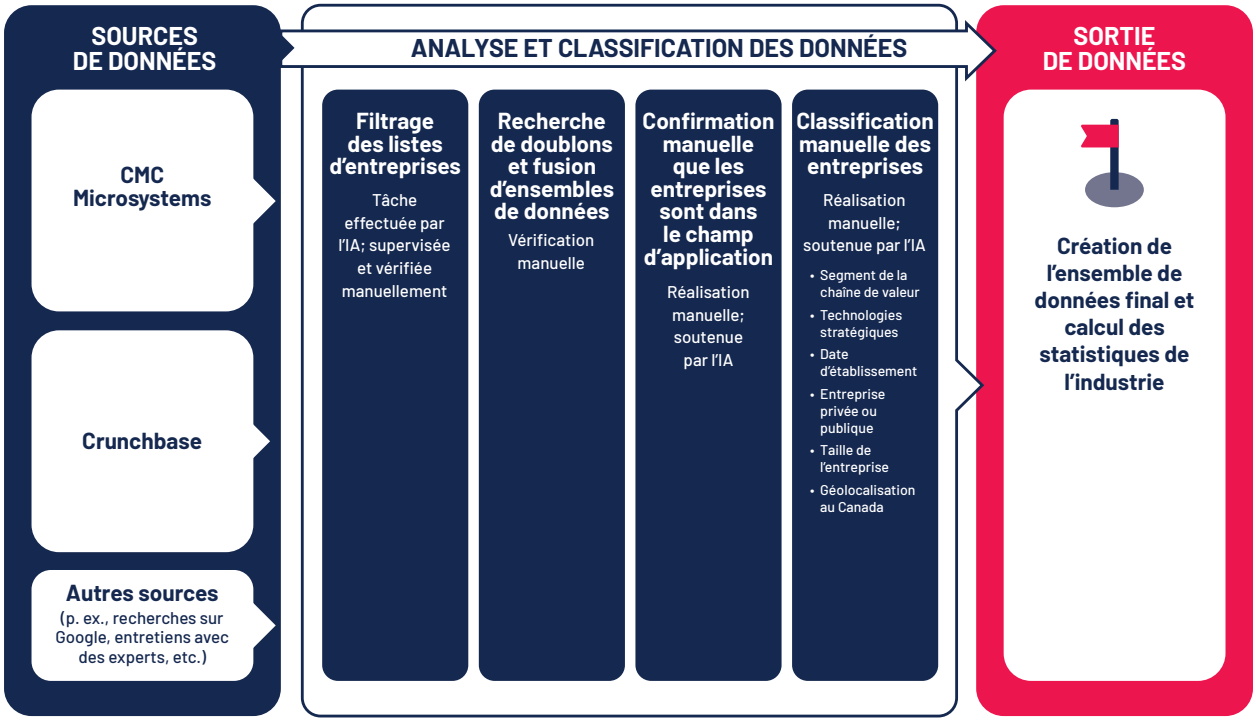
Pour mieux comprendre la portée de l'industrie canadienne des semi-conducteurs, les chercheurs du CTIC ont cartographié les entreprises de semi-conducteurs actives au Canada. La carte de l'industrie qui en résulte est basée sur les données fournies par CMC Microsystems et Crunchbase, ainsi que sur les données recueillies par les chercheurs du CTIC lors de l'analyse documentaire et des entretiens avec les informateurs clés. Au total, 248 entreprises ont été identifiées et cartographiées. Les entreprises de semi-conducteurs ont été cartographiées à l'aide des paramètres suivants :

- Évaluation visant à déterminer si l'entreprise opère dans le secteur des semi-conducteurs;
- Évaluation visant à déterminer si l'entreprise a des activités et un emplacement physique au Canada;
- Évaluation pour confirmer que l'entreprise est actuellement active;
- Année de création de l'entreprise (d'après le site Web de l'entreprise, la page LinkedIn ou le profil Crunchbase);
- Lieux d'activité de l'entreprise (classés par province et par RMR de Statistique Canada);
- Estimation de la taille de l'entreprise en fonction du nombre d'employés (microentreprise : 1 à 9 employés; petite entreprise : 10 à 99 employés; moyenne entreprise : 100 à 499 employés; et grande entreprise : 500 employés et plus), d'après les estimations de Crunchbase, LinkedIn, les sites Web des entreprises et les entretiens avec les informateurs clés;
- Cartographie des entreprises en fonction des segments de la chaîne de valeur des semi-conducteurs dans lesquels elles opèrent (p. ex., R-D et conception; logiciels d'automatisation de la conception électronique et blocs de PI; fabrication, équipements de fabrication et services de réparation; fournisseurs de matériaux; assemblage, test et emballage; intégration de systèmes et systèmes intégrés; distributeurs spécialisés de semi-conducteurs; fournisseurs de composants électroniques et de semi-conducteurs; et autres organisations de l'écosystème des semi-conducteurs);
- Cartographie des entreprises en fonction des technologies stratégiques dans lesquelles elles se spécialisent, sur la base des informations fournies par les sites Web des entreprises (p. ex., emballage avancé; puces d'IA; conception de puces et de modules d'extension compatibles avec l'IA; puces analogiques; CAN ou CNA; plateformes de puces fragmentées; sécurité des puces et cryptographie; semi-conducteurs composés; puces mémoire; MEMS; puces à signaux mixtes; puces photoniques, de silicium photoniques, à communications optiques, infrarouges ou RF; capteurs ou IDO; supraconducteurs; et puces quantiques);
- Cartographie des entreprises par segment de marché d'utilisateurs finaux auxquels elles déclarent fournir des produits et des services sur la base des informations fournies sur leurs sites Web, sous des rubriques telles que « Solutions », « Marchés » et « Industries ». Dans les cas où les chercheurs du CTIC n'ont pas pu déterminer avec certitude les marchés d'utilisateurs finaux d'une entreprise, le marché a été répertorié comme « Indéterminé » dans l'ensemble de données.

Utilisation de l'IA générative pour soutenir la cartographie de l'industrie

Les chercheurs du CTIC ont utilisé ChatGPT, un outil d'IA générative, pour faciliter le processus de cartographie de l'industrie. ChatGPT a été utilisé pour automatiser l'analyse des données des entreprises tierces. Cette tâche a été supervisée et vérifiée manuellement par les chercheurs du CTIC. En outre, ChatGPT a contribué à la prise de décisions en aidant les chercheurs du CTIC à vérifier manuellement les entreprises individuelles à inclure dans la carte de l'industrie des semi-conducteurs, à cartographier les entreprises dans les segments appropriés de la chaîne de valeur et à déterminer les technologies clés associées à chaque entreprise. Les outils d'IA générative n'ont pas été utilisés pour produire les contenus écrits inclus dans cette étude. La figure 21 illustre ce processus.

Figure 21. Utilisation de l'IA générative dans le processus de cartographie industrielle



V. Données relatives aux offres d'emploi dans le secteur des semi-conducteurs

Le CTIC a compilé un ensemble de données sur les offres d'emploi dans le secteur des semi-conducteurs publiées au Canada entre le 1er janvier 2022 et le 31 mars 2025, en interrogeant Vicinity Jobs, une base de données nationale sur les offres d'emploi au Canada, à l'aide de sa liste interne d'entreprises de premier plan dans le secteur des semi-conducteurs au Canada. Les entreprises du champ d'application 1 comprennent celles qui sont impliquées dans la R-D, la conception, la fabrication, l'assemblage, l'emballage et les essais, ainsi que les entreprises spécialisées dans les logiciels pour l'automatisation de la conception électronique et les blocs de PI. Les entreprises du champ d'application 2, qui travaillent dans des domaines tels que les matériaux et les équipements, les services commerciaux et professionnels et d'autres activités de soutien de l'écosystème, ont été exclues afin de se concentrer sur les emplois les plus directement liés aux fonctions de base des semi-conducteurs.

Les résultats de la recherche ont été filtrés afin d'éliminer les doublons et les offres d'emploi hors du champ d'application, ce qui a permis d'obtenir un ensemble de données final de 1593 offres d'emploi. Pour déterminer et classer ces postes, le CTIC a utilisé une combinaison de traitement du langage naturel, d'apprentissage automatique et de classification manuelle pour les regrouper en 4 catégories principales et 16 sous-catégories. En plus de classer les offres d'emploi par poste, le CTIC a appliqué des techniques de traitement du langage naturel et d'apprentissage automatique pour extraire des données sur les compétences à partir des offres d'emploi.

LIMITES DE L'ÉTUDE

Dans le cadre de cette étude, on a utilisé une approche mixte faisant appel à des méthodes de recherche primaires et secondaires, notamment un examen de la documentation et des données secondaires; une analyse des documents primaires; des entretiens avec des informateurs clés et des experts de l'industrie des semi-conducteurs; une cartographie des entreprises canadiennes de semi-conducteurs axée sur les technologies stratégiques des semi-conducteurs, les segments de la chaîne de valeur et l'emplacement des entreprises; ainsi que la collecte et l'analyse des données relatives aux offres d'emploi dans le secteur des semi-conducteurs.

Bien que l'approche décrite fournisse une vue d'ensemble riche de l'industrie canadienne des semi-conducteurs, y compris le perfectionnement de la main-d'œuvre et les tendances du marché du travail, les avantages de l'industrie et les principales forces technologiques, il est important de reconnaître les limites de l'étude.

I. Croissance rapide de l'industrie canadienne des semi-conducteurs : l'industrie canadienne des semi-conducteurs croît rapidement, avec l'arrivée constante de nouvelles entreprises sur le marché et la cessation d'activité ou le rachat d'entreprises établies. De grandes multinationales dans les domaines des semi-conducteurs, des technologies et des télécommunications peuvent également entrer sur le marché canadien et en sortir, ce qui a une incidence considérable sur la capacité technologique de l'industrie et sur le paysage de l'emploi. L'industrie canadienne des semi-conducteurs, tout comme l'économie en général, est également influencée par les changements économiques et géopolitiques mondiaux, qui peuvent rapidement modifier le positionnement de l'industrie. Par conséquent, les événements et les développements du secteur peuvent dépasser les données et les analyses fournies dans cette étude. En gardant ces dynamiques à l'esprit, cette étude doit être considérée comme un instantané dans le temps.

II. Cartographie de l'industrie : la cartographie du secteur s'est appuyée sur des données publiques concernant les caractéristiques des entreprises, telles que le statut commercial, la taille ou le nombre estimé de salariés, les lieux d'implantation, la date de création, les produits et services proposés et les technologies de base des semi-conducteurs. Ces caractéristiques sont susceptibles d'évoluer rapidement et, si elles sont fondées sur des renseignements accessibles au public comme les sites Web des entreprises, il se peut qu'elles ne reflètent pas entièrement les caractéristiques réelles et les capacités totales de certaines entreprises qui exercent leurs activités dans l'industrie canadienne des semi-conducteurs. Les renseignements exclusifs et non publics sur les entreprises n'ont pas été utilisés pour élaborer la carte de l'industrie des semi-conducteurs du CTIC.

III. Utilisation d'outils d'IA générative pour cartographier l'industrie : les chercheurs du CTIC ont utilisé ChatGPT pour automatiser partiellement l'élaboration de la carte de l'industrie des semi-conducteurs. ChatGPT a été utilisé pour rationaliser le filtrage et l'analyse des listes d'entreprises et a servi d'outil d'aide à la décision pour les chercheurs du CTIC lors de la classification des entreprises de semi-conducteurs par segment de la chaîne de valeur et de l'évaluation des technologies de base. Il est possible que des erreurs aient été introduites dans le processus de cartographie de l'industrie par des hallucinations d'IA générative ou en raison d'une mauvaise interprétation des résultats de ChatGPT par les chercheurs du CTIC. Pour minimiser le risque d'erreurs, les chercheurs du CTIC ont supervisé manuellement le processus de classification automatisé et ont vérifié les résultats de ChatGPT par rapport à d'autres sources, telles que la documentation secondaire, les données des entretiens avec les informateurs clés et les documents primaires.

IV. Données sur les offres d'emploi : si la collecte et l'analyse des offres d'emploi peuvent fournir des indications précieuses sur les tendances du marché du travail, elles ne tiennent pas compte de l'embauche informelle ou du marché caché de l'emploi, c'est-à-dire des offres d'emploi qui ne sont jamais publiées publiquement par les employeurs. En outre, l'analyse des données relatives aux offres d'emploi est un exercice rétrospectif qui ne reflète pas les tendances futures en matière d'embauche, comme les nouveaux titres de postes et les nouvelles exigences en matière de compétences.

V. Entretiens avec des experts de l'industrie : les entretiens avec les experts de l'industrie offrent un large éventail d'informations. Toutefois, ils ne reflètent que les opinions, les perspectives et les expériences des personnes interrogées par les chercheurs du CTIC. Par conséquent, les données agrégées provenant des entretiens avec les informateurs clés pourraient sous-représenter les points de vue et les perspectives de certains segments de l'industrie des semi-conducteurs au Canada.