



Kevin Hebner, PhD

Directeur général et stratège en placements mondiaux, TD Epoch

L'IA va (peut-être) doper la productivité et les profits

- Les dépenses en immobilisations liées à l'intelligence artificielle (IA) sont estimées à 600 milliards de dollars cette année aux États-Unis. Mais quand en verra-t-on les gains de productivité et les profits? Et comment les marchés réagiront-ils si cela prend plus de temps qu'il n'est communément admis?
- Nous sommes confiants en ce qui a trait aux prévisions à long terme sur l'IA. Toutefois, la diffusion technologique et le succès commercial prennent toujours, non pas des années, mais des décennies, comme le démontre cet article.
- Taux d'adoption et rendement du capital investi : des sondages récents soulignent un écart important entre l'expérimentation et les répercussions. Bien que de nombreuses entreprises aient lancé des projets pilotes sur l'IA, la grande majorité d'entre elles n'observe aucun rendement mesurable en retour. Pourquoi? L'harmonisation avec les flux de travail actuels est insuffisante et la technologie n'est tout simplement pas encore assez solide.

- La croissance de la productivité atteint en moyenne 1,9 % depuis 1870, parfois un peu plus faible (Grande Dépression), parfois un peu plus élevée (Deuxième Guerre mondiale, 1986 – 2007), sans jamais s'approcher de quelque prévision des techno-optimistes que ce soit. Nous prévoyons une impulsion modérée de 0,4 point de pourcentage dans la croissance tendancielle de la productivité au cours de la prochaine décennie.
- Investissements technologiques, du chemin de fer à l'Internet : plusieurs thèmes récurrents se dessinent, en particulier le fait que les révolutions technologiques se mesurent en décennies et non en années. Passer d'une impressionnante démonstration à une adoption généralisée est un processus par essence long et imprévisible.
- Substitution du capital à la main-d'œuvre : grâce à l'automatisation, nous sommes plus riches que nos grands-parents. La majeure partie de la création de richesse provient du transfert d'une production de tâches réalisées par une main-d'œuvre humaine qui progresse lentement à la production de tâches effectuées par des machines qui s'améliorent rapidement. C'est toutefois un processus long. L'élasticité observée n'est que de 0,5, ce qui signifie que la substitution est fastidieuse et chronophage.
- Obstacles en matière d'ingénierie et « marche des neuf » : atteindre une fiabilité de 90 % ne constitue que 20 % du parcours. Pour les applications critiques comme les véhicules autonomes, la robotique ou la radiologie, la voie vers une fiabilité de 99,999 % nécessite des dizaines d'années de dur labeur à considérer des millions de cas marginaux.
- L'architecture actuelle des grands modèles de langage (GML) est une « impasse » pour l'intelligence artificielle générale (IAG) véritable : des chercheurs de premier plan dans le domaine de l'IA, comme Yann LeCun, Fei-Fei Li et Demis Hassabis, soutiennent que la véritable intelligence nécessite une intelligence spatiale et une modélisation tridimensionnelle du monde; des capacités encore à des années de la commercialisation.
- Conséquences pour les investisseurs : a) la croissance des dépenses en immobilisations liées à l'IA va ralentir pour suivre une trajectoire plus durable; b) il faudra miser davantage sur des sociétés technologiques de qualité, c'est-à-dire des sociétés qui produisent des flux de trésorerie disponibles (FTD) durables et dont la base d'utilisateurs est établie, plutôt que sur des entreprises en démarrage qui reposent sur la spéculation; c) il faudra diversifier le portefeuille et aller parier plus loin qu'autour des entreprises technologiques américaines (bien que nous demeurions optimistes à l'égard des actions américaines), ce qui inclut les produits de base et les infrastructures; et d) l'IA va stimuler un processus de destruction créatrice et amplifier le dilemme de l'innovateur. Les révolutions technologiques entraînent toujours des bouleversements massifs parmi les entreprises chefs de file.
- Où pourrions-nous nous tromper? Tout d'abord, le monde des bits se transforme plus rapidement que le monde des atomes, de sorte que le calendrier pourrait être resserré au cours de ce cycle. Ensuite, certaines technologies perturbatrices, au lieu d'afficher « cinq neuf », réussissent au début en étant « suffisantes » pour les énormes marchés où les enjeux sont faibles. Troisièmement, la crainte obsessionnelle de manquer à l'appel (COMA), à laquelle s'ajoutent des liquidités abondantes, pourrait se traduire par un surinvestissement des entreprises sur des durées plus longues que ce que les modèles « rationnels » suggèrent. La course américaine et chinoise à la superpuissance pourrait également favoriser un cycle prolongé des dépenses en immobilisations liées à l'IA.

- **Quatre raisons pour expliquer la différence avec la bulle Internet : 1. Les évaluations sont excessives sans être aussi extrêmes qu'en 1999 (ce qui reflète l'énorme rentabilité des fournisseurs de services à très grande échelle et le peu de titres de créance ou de titres de participation à avoir été émis cette fois-ci). 2. Les capitaux disponibles sont abondants et cette tendance s'accroît (par rapport au resserrement musclé de 1999 – 2000). 3. La capacité du point de vue des infrastructures (p. ex. les centres de données) est à la traîne de la demande actuelle (contrairement à 1999 où 97 % des nouveaux câbles à fibre optique étaient encore inutilisés). 4. La course à la superpuissance est en marche, avec l'IA qui tient une place centrale dans les trois domaines de la puissance (la force économique, les prouesses technologiques et les capacités de défense).**

Serons-nous bientôt éclipsés par les robots, compte tenu d'une productivité et de bénéfices qui augmentent toujours plus?

Depuis le lancement public de ChatGPT à la fin de 2022, nous avons été submergés de manchettes décrivant les progrès incroyables de l'IA, avec ses modèles améliorés et ses capacités époustouflantes.

Les hauts dirigeants l'ont décrite comme la percée la plus importante de l'histoire de l'humanité, dépassant même les répercussions de l'électricité ou du feu; comme une technologie capable de transformer ou de sauver le monde.

Cet article examine les aspects économiques des percées technologiques précédentes, du chemin

de fer à l'électricité en passant par les ordinateurs et l'Internet. De telles innovations prennent toujours des décennies pour arriver à maturité et empruntent des chemins tout à fait imprévisibles, même pour les Thomas Edison de ce monde. Nous sommes confiants quant au potentiel à long terme de l'IA, mais de notre point de vue, le scénario élaboré par les optimistes est tout à fait invraisemblable. Ainsi, il faudra plus de temps qu'il n'est communément admis pour que la dernière vague technologique dope la productivité et les profits. C'est toujours le cas.

Les nouvelles technologies mettent toujours plusieurs décennies à se diffuser à l'ensemble de l'économie et l'IA ne sera pas différente.

L'IA dispose d'un énorme potentiel à long terme et pourrait avoir autant d'impact que le chemin de fer et l'électricité à l'époque. Toutefois, ces gains ne se diffusent à l'ensemble de l'économie qu'après que des dizaines d'innovations complémentaires sont introduites, qu'une vaste nouvelle infrastructure est construite, que le cap entre l'impressionnant projet pilote et le produit commercial est franchi, que les flux de travail sont refondus, et que la main-d'œuvre acquiert un ensemble de compétences entièrement nouvelles. La destruction créatrice prend du temps, mais elle s'en vient et se traduit toujours par le remplacement de puissantes organisations bien en place par des entreprises en démarrage audacieuses.

L'histoire des innovations nous a rendus plus riches que ne l'étaient nos grands-parents.

Cet enrichissement est en grande partie le reflet de l'automatisation, qui implique le transfert d'une production de tâches réalisées par une main-d'œuvre humaine qui progresse lentement vers la production de tâches effectuées par des machines qui s'améliorent rapidement. Cela ne se produit pas du jour au lendemain; cela prend des décennies, au cours desquelles la majeure partie de la valeur ajoutée provient de produits, de services et même de secteurs entièrement nouveaux. Personne n'est suffisamment astucieux pour prévoir la façon dont une vague technologique va déferler. Même si certaines personnes, comme James Watt, Thomas Edison, Alexander Graham Bell, Guglielmo Marconi, Henry Ford, Steve Jobs, Bill Gates, Jeff Bezos et Elon Musk, voient un peu plus loin que d'autres.

Environ 20 % des entreprises ont utilisé l'IA en 2025, mais peu d'entre elles ont enregistré un rendement mesurable.

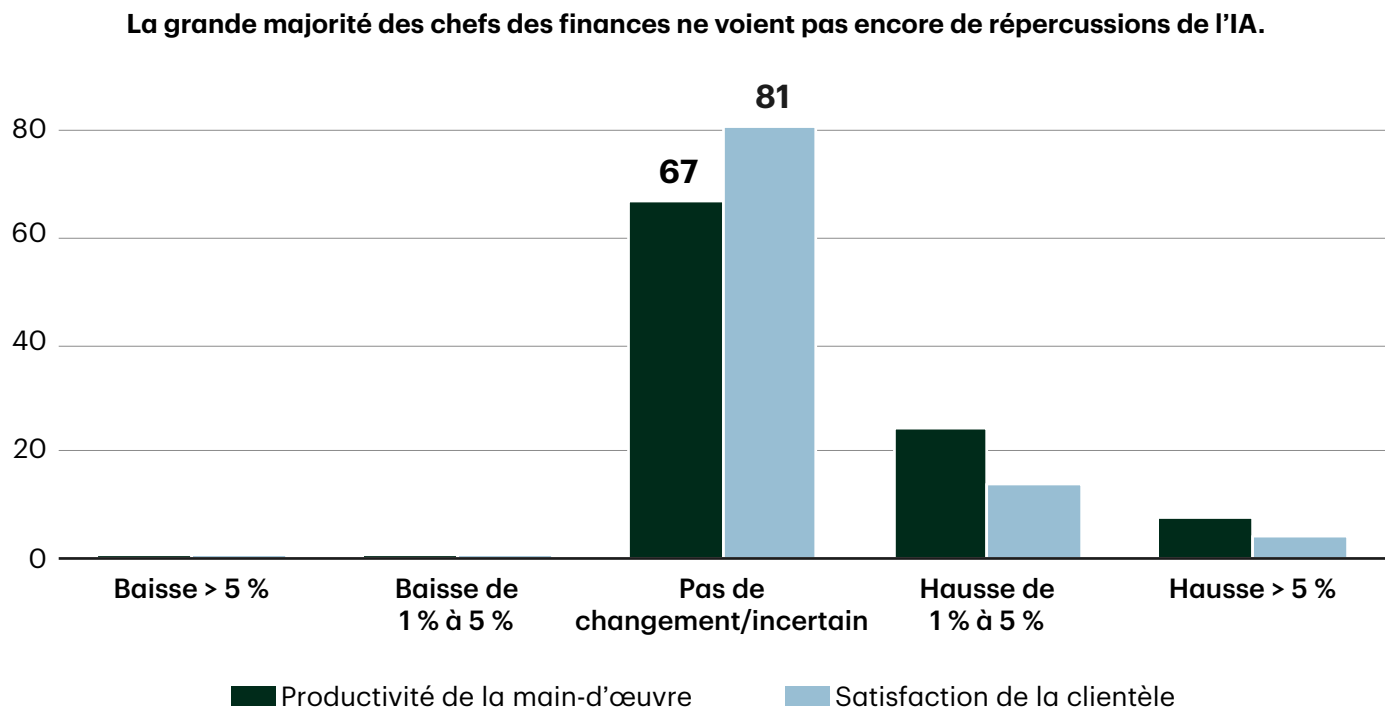
Avant de plonger dans l'histoire de la productivité et des vagues technologiques, abordons dans cette section cinq sondages qui nous permettent de comprendre où nous en sommes aujourd'hui, en commençant par un sondage de McKinsey¹. Celui-ci révèle que la majorité des entreprises commencent à utiliser la technologie, y compris l'IA agentique. Toutefois, la plupart d'entre elles en sont encore aux étapes préliminaires; elles expérimentent et mènent des projets pilotes, et sont peu nombreuses à tirer un rendement important de leur investissement. L'étude souligne que réussir à introduire l'IA nécessite de repenser les flux de travail, un processus à la fois difficile et chronophage.

Un deuxième sondage, réalisé cette fois par le Massachusetts Institute of Technology (MIT)², montre que 95 % des organisations n'observent

aucun rendement mesurable sur leur investissement dans des projets pilotes d'IA. L'article souligne que la plupart d'entre elles échouent en raison d'une harmonisation insuffisante avec les flux de travail quotidiens et pointe l'absence de personnalisation comme un obstacle fondamental à la réussite. Les secteurs qui ont récolté les fruits les plus juteux de leurs investissements sont les technologies, les médias et les finances.

Le sondage suivant, à l'occasion duquel environ 500 chefs des finances ont été interrogés, émane de l'Université Duke, en collaboration avec la Réserve fédérale des États-Unis³ (**figure 1**). Tout comme le soulignent McKinsey et le MIT, ce sondage révèle que l'IA a de répercussions négligeables au niveau de l'entreprise⁴.

Figure 1 : Au cours des 12 derniers mois, comment l'utilisation de l'IA par votre entreprise a-t-elle touché la productivité et la satisfaction de la clientèle?



Source : CFO Outlook for 2026 : Tariffs, Hiring, Prices, and AI Impact. Université Duke, Réserve fédérale de Richmond et Réserve fédérale d'Atlanta. Sondage auprès des chefs des finances – T4 2025 (11 novembre au 1er décembre 2025).

¹ « The state of AI in 2025 : Agents, innovation, and transformation », par McKinsey & Company, en 2025.

² « The GenAI Divide : State of AI in Business, 2025 », A. Challapally et coll., MIT, en 2025.

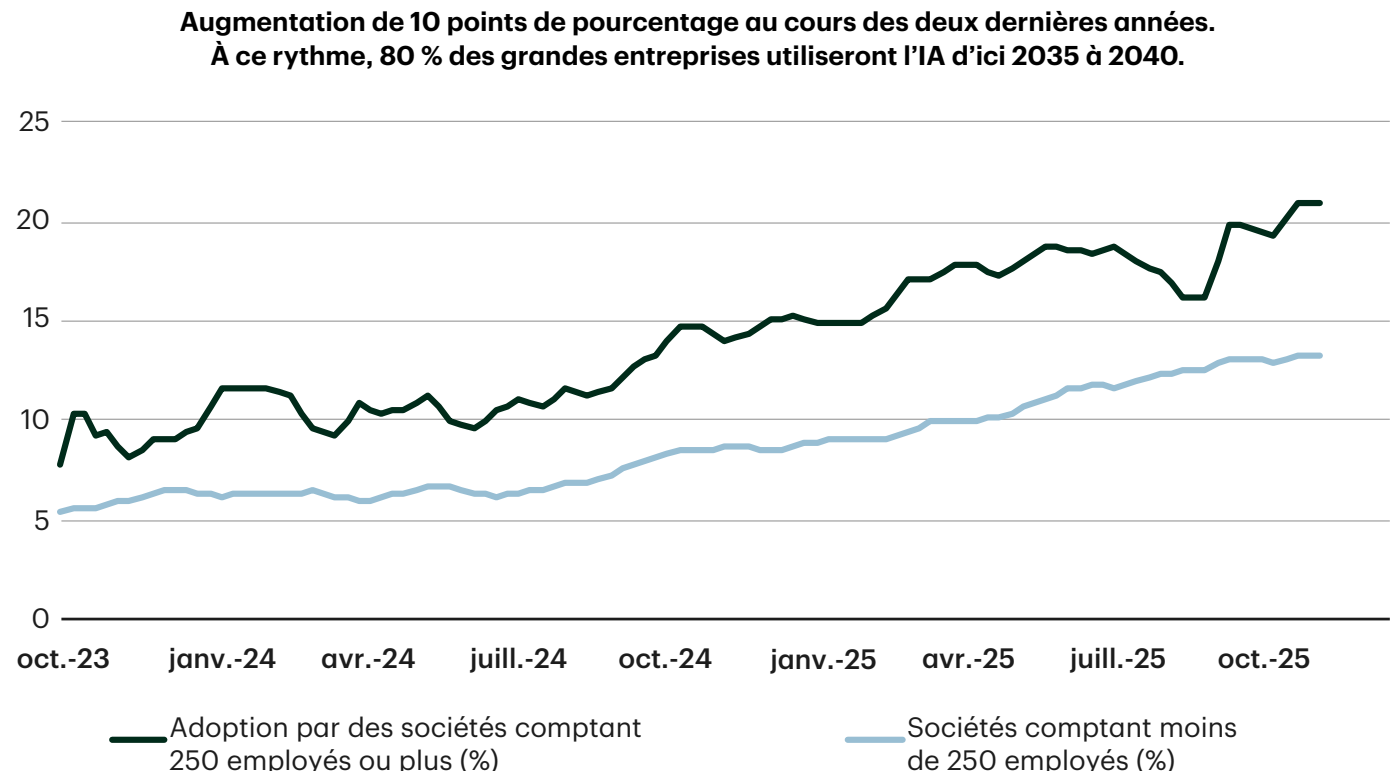
³ « CFO Outlook for 2026 : Tariffs, Hiring, Prices, and AI Impact », Université Duke, en 2025.

⁴ « Artificial Intelligence in the Firm », par F. Chen (Harvard) et coll., 2026, obtient un résultat similaire. Au terme de l'analyse d'un ensemble de données qui couvre 100 000 ingénieurs dans 500 sociétés, les auteurs concluent que « l'adoption de l'IA engendre une augmentation modérée de la productivité... Toutefois, ces gains de productivité ne se répercutent pas sur le résultat, la composition des tâches ou l'emploi. » Ainsi, les améliorations au niveau des employés ne se traduisent pas encore par des gains à l'échelle de la société.

Quatrièmement, un sondage de l'Université de Chicago⁵ a demandé à un grand groupe d'économistes d'évaluer l'énoncé suivant : « L'adoption de l'IA entraînera une augmentation importante du taux de croissance du revenu réel par habitant au cours des dix prochaines années. » La réponse la plus courante a été « incertain ». Les participants ont insisté sur les remarques suivantes : a) il y a beaucoup d'incertitudes quant au calendrier et à l'impulsion nette donnée à la croissance; et b) l'IA devrait s'avérer plus positive pour les profits des sociétés que pour le revenu des individus, ce qui exacerberait l'économie en forme de K.

Enfin, le U.S. Census Bureau effectue toutes les deux semaines un sondage qui regroupe 1,2 million d'entreprises (**figure 2**). Il convient de noter que la part des entreprises qui adoptent l'IA augmente, mais que le rythme de cette hausse est beaucoup plus faible que ce que bon nombre de manchettes trop enthousiastes aimeraient faire croire.

Figure 2 : Taux d'adoption de l'IA attendu au cours des six prochains mois (en % d'entreprises)



Source : Bloomberg, U.S. Census Bureau. Au 31 décembre 2025.

flux de travail

⁵ « AI and growth », Université de Chicago, en 2025.

Que nous enseigne l'histoire à propos des probables répercussions de l'IA sur la productivité?

Bien que beaucoup de choses se déroulent sous la surface, les progrès de l'IA à l'échelle de l'entreprise ont été modestes, du moins jusqu'à maintenant, comme le démontre la section précédente. Pour autant, les techno-optimistes demeurent fidèles à la théorie d'une « croissance explosive », qui prédit un âge d'or imminent accompagné d'un doublement, voire plus, de la croissance de la productivité par rapport à la tendance historique.

Nous rejetons résolument ce point de vue et croyons que l'impulsion de l'IA devrait se situer entre 0,2 et 0,6 point de pourcentage, avec une prévision médiane de 0,4 point de pourcentage⁶. Nous soulignons également que, bien que 0,4 point de pourcentage de croissance supplémentaire puisse sembler faible, si cette tendance se maintient pendant une décennie ou plus, cela représente une immense création de valeur; probablement la plus grande impulsion de l'histoire donnée à la richesse à l'échelle mondiale.

Notre prévision d'une impulsion de 0,4 point de pourcentage repose principalement sur l'historique de croissance de la productivité (**figure 3**). Depuis 1870, cette croissance s'est établie en moyenne à 1,9 %, avec un épisode particulier observé en

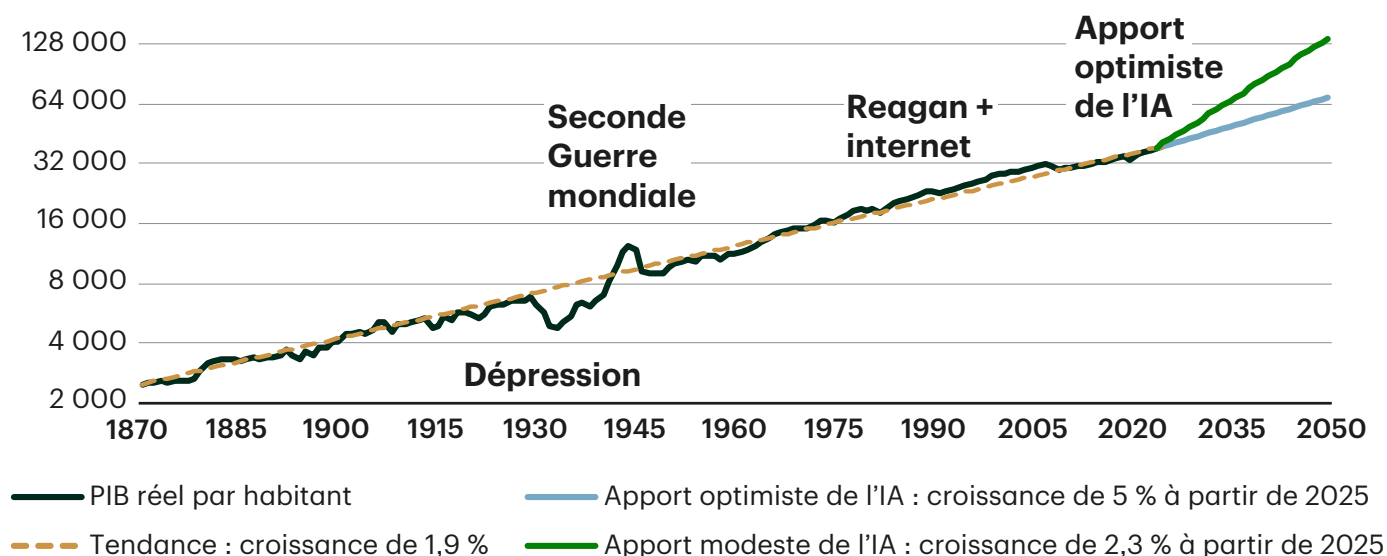
deçà de cette tendance (la Grande Dépression) et des périodes occasionnelles situées au-dessus (la Deuxième Guerre mondiale, 1986 – 2007).

Aujourd'hui, la croissance se situe exactement à 1,9 % et à aucun moment de l'histoire on ne s'est approchés d'une situation semblable à ce que les techno-optimistes prévoient. À titre d'exemple, nous avons ajouté à la figure 3 un scénario « Apport optimiste de l'IA » (impulsion de 3,1 points de pourcentage qui porterait la croissance de la productivité à 5 % à compter de 2025).

La période depuis 1870 a été marquée par plus de vagues technologiques qu'il n'en a jamais été enregistré auparavant dans l'histoire, et pourtant, aucune n'a le moins du monde suscité une situation semblable à celle en laquelle les optimistes de l'IA croient. Sir John Templeton avertissait que l'idée la plus dangereuse dans le domaine des placements est : « Cette fois, c'est différent ». On peut concevoir qu'une croissance explosive pourrait se produire, mais cela n'a jamais été le cas dans l'histoire vieille de 300 000 ans de notre espèce, alors je ne parierais pas ma chemise là-dessus.

Figure 3 : La tendance à long terme de la croissance réelle est de 1,9 %, avec de faibles écarts lors des guerres et des récessions.

Les gigantesques vagues technologiques survenues au cours des 155 dernières années sont à peine visibles.



Source : Réserve fédérale de Dallas et TD Epoch. Au 31 mars 2025.

⁶ Parmi les dizaines de projections publiées, les plus crédibles proviennent de l'OCDE, de la BCE, de McKinsey & Company, du McKinsey Global Institute, du Penn Wharton Budget Model et du Peterson Institute, ainsi que d'universitaires comme Daron Acemoglu (MIT), Ricardo Reis (LSE) et Tyler Cowen (GMU). Nous écartons les points de vue trop optimistes, comme ceux d'Anthropic et d'Epoch AI, que nous considérons comme historiquement invraisemblables.

Investissements technologiques, du chemin de fer à l'Internet : conclusions concernant le cycle de l'IA.

Passons maintenant à l'histoire des vagues technologiques, qui constitue un guide indispensable, à défaut d'exact, pour comprendre la révolution de l'IA. D'après notre analyse des innovations depuis 1870⁷, voici cinq points qu'il convient de souligner. Nous les résumons dans cette section, tous les détails croustillants étant fournis à l'annexe A (Quatre points à retenir des deux derniers siècles d'innovation technologique) et à l'annexe B (Innovations complémentaires – Il faut tout un village).

Le premier point à retenir concerne l'incertitude commerciale. Il est beaucoup plus difficile d'atteindre une durabilité des affaires et une réussite financière que de trouver l'invention initiale, aussi brillante soit-elle. L'histoire est remplie de personnes surdouées, de James Watt à Guglielmo Marconi en passant par Bill Gates, qui ont notoirement mal perçu l'ampleur et l'évolution potentielles de percées comme la machine à vapeur, la radio, le PC et l'Internet.

Le deuxième thème est la longue lutte qui se livre pour la viabilité et la durabilité des FTD. La plupart des pionniers, y compris Thomas Edison, Alexander Graham Bell et Henry Ford, ont traversé des décennies de difficultés financières et de scepticisme avant d'atteindre la rentabilité. Le besoin constant de capital-risque encourage la « surpromotion » et les déclarations extravagantes, qui ont historiquement alimenté l'exubérance dans les domaines du chemin de fer, de la radio et, dans les années 90, de l'Internet. Elon Musk et Sam Altman ne sont que les plus récents hommes de spectacle d'une longue lignée.

Ensuite, le chemin qui sépare une impressionnante démonstration d'une adoption généralisée est par essence imprévisible et terriblement long. Il a fallu par exemple attendre près de 50 ans après l'invention de l'ampoule pour voir la majorité des foyers aux États-Unis bénéficier de l'électrification. Plus récemment, l'Internet a mis plus d'une décennie à voir émerger de vraies entreprises en son sein.

Ceci offre une précieuse leçon si on fait l'analogie entre ce qu'est ChatGPT (lancé en novembre 2022) pour l'IA et ce qu'a été Netscape Navigator (lancé en décembre 1994) pour l'Internet⁸ : à ce stade de l'essor d'Internet (début 1998), Google n'avait pas encore été constituée en société, Mark Zuckerberg et Daniel Elk (fondateur de Spotify) étaient à l'école intermédiaire et les créateurs d'Airbnb étaient à l'école secondaire. Par conséquent, 2026 représente un point extrêmement précoce dans la vague de l'IA.

Quatrièmement, la domination du marché et la dynamique du « gagnant rafle la mise » ne sont pas nouvelles (on peut prendre pour exemple Western Union dans le secteur du télégraphe ou le monopole détenu pendant longtemps par AT&T). Toutefois, l'avantage du premier arrivé semble plus fragile à l'ère des technologies numériques, comme le montrent des entreprises qui ont été remplacées, comme Netscape (navigateurs), Yahoo! (recherche), Napster (musique), Friendster (médias sociaux) et Nokia (téléphones intelligents). Les géants technologiques d'aujourd'hui sont probablement plus vulnérables qu'il n'est communément reconnu.

Le dernier point à retenir concerne les innovations complémentaires. Le fort décalage entre une impressionnante démonstration technologique et le succès commercial est largement attribuable aux nécessaires innovations complémentaires. Une seule percée ne suffit jamais à créer une industrie viable et durable; elle a besoin d'un écosystème d'inventions secondaires. On peut citer à titre d'exemples, l'acier Bessemer pour le chemin de fer, le courant alternatif pour l'électricité et les pneumatiques gonflables pour les automobiles. Pour la robotique moderne, des progrès devront être accomplis en matière de modèles multimodaux du monde, d'intelligence spatiale, d'actionneurs à couple élevé, de détection tactile, de batteries tout-solide et de connectivité sémantique. Peu importe les promesses d'Elon Musk, cela prendra au moins une décennie, et probablement plus.

⁷ Quelques-unes des sources utilisées : « Engines that move markets : Technology investing from railroads to the internet and beyond », par A. Nairn, en 2018, et « How the internet happened : From Netscape to the iPhone », par B. McCullough, en 2018, ainsi que « The rise and fall of American growth : The U.S. standard of living since the Civil War », par R. Gordon, Northwestern, en 2016, et « Power and Progress : Our Thousand-Year Struggle Over Technology and Prosperity », par D. Acemoglu (MIT) et coll., en 2023.

⁸ Voir « Nvidia v. Google, Scaling Laws, and the Economics of AI » de Gavin Baker, dans le balado « Invest like the best », en 2025.

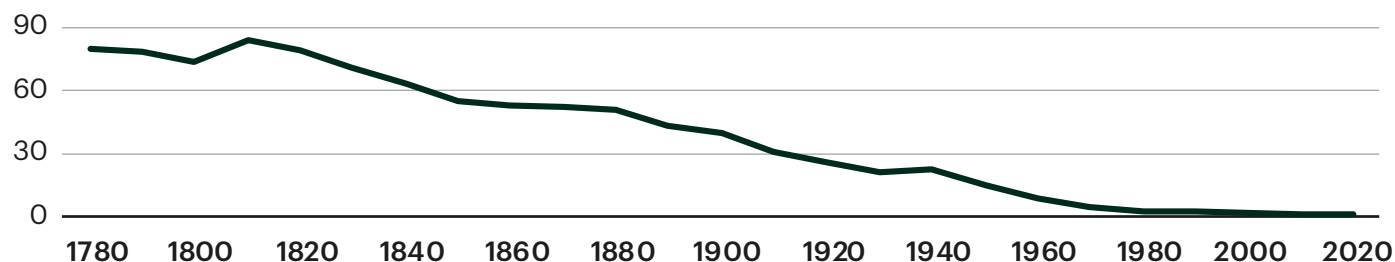
L'IA n'est rien de plus que la forme d'automatisation la plus récente : un processus qui se poursuit depuis des siècles.

Après avoir examiné les deux derniers siècles d'innovation technologique, tournons-nous vers les aspects économiques du progrès, qui consistent en grande partie à substituer du capital à la main-d'œuvre. Une telle automatisation s'est produite de façon relativement constante depuis au moins 1780 et l'IA en représente la dernière mouture.

Autrefois, les agriculteurs battaient le grain à la main; maintenant, un seul moissonneur combinant plusieurs fonctions remplace des dizaines de travailleurs et la productivité agricole s'est envolée (**figure 4**). De même, les opérateurs téléphoniques, les dactylographes et les agents de voyages étaient autrefois omniprésents; aujourd'hui, les logiciels s'occupent de la plupart de ces tâches. Dans les usines automobiles, le soudage et la peinture ne sont plus confiés à des travailleurs humains, mais à des robots industriels. Plus en lien avec notre sujet, les GML sont de plus en plus capables d'écrire du code pour remplacer certaines des tâches des ingénieurs en logiciels. Si on va plus loin, les agents d'IA remplacent progressivement les représentants en service à la clientèle et peut-être, un jour, remplaceront-ils même les radiologistes.

Figure 4 : Part de l'agriculture dans l'emploi aux États-Unis (%). La tendance n'est pas due au fait que nous mangeons moins.

Imaginez un agriculteur en 1800 à qui on annonce que la part de son secteur dans l'emploi va s'écrouler de 80 % à 1 %. Nous serions tout aussi stupéfaits aujourd'hui si notre boule de cristal révélait à quoi ressemblera le marché de l'emploi en 2050.



Source : Bureau of the Census, Historical Statistics of the U.S. Au 31 janvier 2020.

Grâce à l'automatisation, nous sommes plus riches que nos grands-parents, mais ce processus est lent.

Le secteur agricole illustre le fait que, au fil des siècles, la majeure partie de la création de richesse est venue du transfert d'une production de tâches réalisées par une main-d'œuvre humaine qui progresse lentement vers la production de tâches effectuées par des machines qui s'améliorent rapidement. Autrement dit, la croissance de la productivité a été alimentée par l'efficacité accrue avec laquelle le capital effectue des tâches dans divers secteurs. Depuis 1950, la croissance de la productivité du capital a été en moyenne de 5 % par année, soit environ 10 fois le taux de croissance de la productivité de la main-d'œuvre.

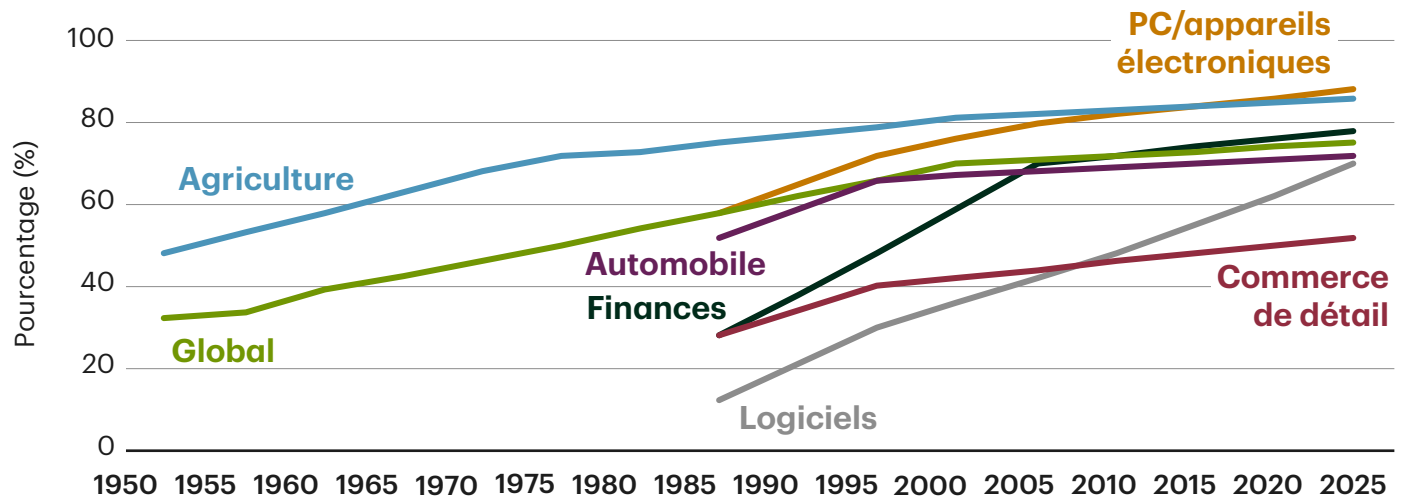
Une étude récente a examiné le processus d'automatisation dans six secteurs et dans l'ensemble de l'économie américaine⁹ (**figure 5**). Elle a relevé

que le rythme de substitution était lent, ce qui peut être attribué à divers goulots d'étranglement ou à des maillons faibles. Pour les économistes, le rythme est mesuré par l'élasticité de la substitution, une valeur de 1 désignant un rythme rapide (le capital et la main-d'œuvre sont des substituts proches, donc une diminution de 10 % du coût du capital se traduit par une réduction de 10 % de la main-d'œuvre par les entreprises). De façon empirique, toutefois, l'élasticité est d'environ 0,5, ce qui signifie que la substitution est relativement lente. Ceci veut dire que le capital et la main-d'œuvre sont complémentaires; ainsi, la main-d'œuvre a été réduite de seulement 5 %, car une main-d'œuvre importante est nécessaire pour réaliser les gains de productivité issus du nouveau capital amélioré.

⁹ « Past Automation and Future AI : How Weak Links Tame the Growth Explosion », par C. Jones (Stanford) et coll., en 2026.

Figure 5 : Part des tâches automatisées depuis 1950 (%).

L'automatisation se développe lentement et a existé bien avant l'IA. À l'heure actuelle, le rythme d'automatisation le plus rapide se situe dans les secteurs des logiciels, de l'électronique et des finances, tandis que le plus lent peut être observé dans les secteurs du commerce de détail, de l'automobile et de l'agriculture.



Source : « Past Automation and Future AI : How Weak Links Tame the Growth Explosion », par C. Jones (Stanford) et coll., en 2026. Au 31 décembre 2025.

Les goulots d'étranglement ou les maillons faibles expliquent pourquoi la diffusion des nouvelles technologies prend autant de temps. Ceci reste vrai même si le modèle de l'étude, qui est calibré en fonction de l'élasticité historique de la substitution, tient compte des grands avantages induits par l'IA : le résultat ainsi produit n'est que de 4 % supérieur à celui du scénario de base d'ici 2040 (0,3 point de pourcentage par année) et, d'ici

2060, le gain n'est toujours que de 19 % (0,6 point de pourcentage par année). Ainsi, même lorsque les progrès en matière d'IA impliquent une amélioration rapide du capital et que de nombreuses tâches peuvent être de plus en plus automatisées, les gains de production sont toujours limités par le rythme graduel de substitution d'une main-d'œuvre qui progresse lentement. Le sujet était ardu ! Passons à quelque chose d'un peu plus facile.

La marche des neuf : le long chemin d'une épatante démonstration à une fiabilité de cinq neuf.¹⁰

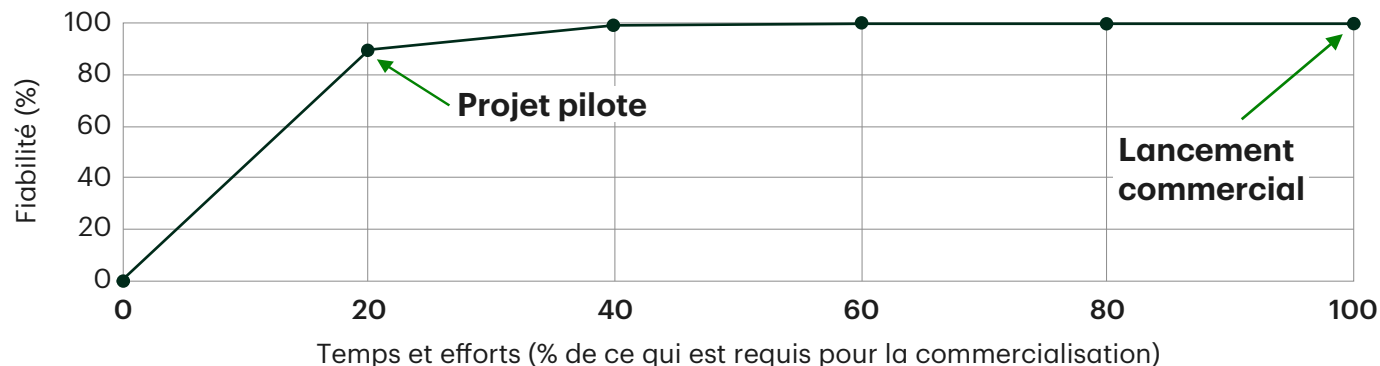
Après avoir discuté du point de vue des économistes sur la diffusion des technologies, tournons-nous maintenant vers le point de vue des ingénieurs. Il n'est pas suffisant qu'un agent d'IA réserve le vol approprié ou effectue la bonne réservation d'hôtel dans 90 % des cas. Un taux d'erreur de 10 % implique davantage de travail de vérification et de correction. Même si les modèles agentiques actuels possèdent des capacités de plus en plus sophistiquées à interagir avec des outils externes, nous sommes encore à des années des systèmes autonomes qui pourraient planifier de façon fiable vos prochaines vacances à Kyoto ou votre mariage en Espagne.

Une fiabilité de 90 % peut être acceptable pour rédiger du contenu de marketing ou des courriels de routine, à condition que le coût de l'échec soit relativement faible. Toutefois, la norme établie par la société est à de nombreuses fins beaucoup plus élevée, à 99,999 % (**figure 6**). Les véhicules autonomes sont peut-être déjà plus sûrs que les conducteurs humains, mais la longue liste des erreurs reflète des cas complexes et marginaux qui mettent au défi les meilleurs ingénieurs. Pour les véhicules autonomes, chaque « neuf » successif de fiabilité nécessite un travail constant, ce qui signifie que la période de dur labeur permettant d'atteindre la quasi-perfection est cinq fois plus longue que le travail ayant abouti à la percée initiale.

¹⁰ « À écouter : balado « Andrej Karpathy – AGI is still a decade away », en 2025. « La marche des neuf » correspond à ce qu'il se passe du côté des systèmes informatiques et s'applique à de nombreux domaines ; « un progrès linéaire requiert des ressources exponentielles. »

Figure 6 : La marche des neuf – Une fiabilité de 90 % (lancement pilote) ne vous mène qu'à 20 % du chemin vers un produit commercial efficace à 99,999 %.

Ce principe est caractéristique des véhicules autonomes et des drones, des robots industriels et domestiques, des applications de radiologie et de soins de santé, des services juridiques et financiers, des applications infonuagiques et des centrales nucléaires. Le monde est comme une courbe de probabilité à queue épaisse et les erreurs peuvent coûter très cher.



Source : Solutions de placement mondiales TD (SPMTD).

Les GML sont une « impasse » : modélisation du monde.

Les deux sections précédentes expliquaient pourquoi les économistes et les ingénieurs s'attendent à une diffusion relativement lente de l'IA. Examinons maintenant le point de vue de trois chercheurs en IA de premier plan qui, bien qu'extrêmement optimistes à moyen et à long terme, conviennent que l'architecture actuelle de l'IA est une « impasse » pour parvenir à une véritable IAG¹¹. Fei-Fei Li explique que la prochaine frontière de l'IA nécessite des systèmes qui peuvent voir, raisonner et agir dans le monde physique tridimensionnel. Selon elle, la modélisation du monde repose sur l'intelligence spatiale. Le langage est une composante du modèle du monde, mais ce dernier doit également inclure la perception visuelle consciente, les actions physiques et les lois physiques de la nature.

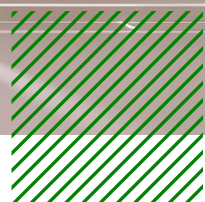
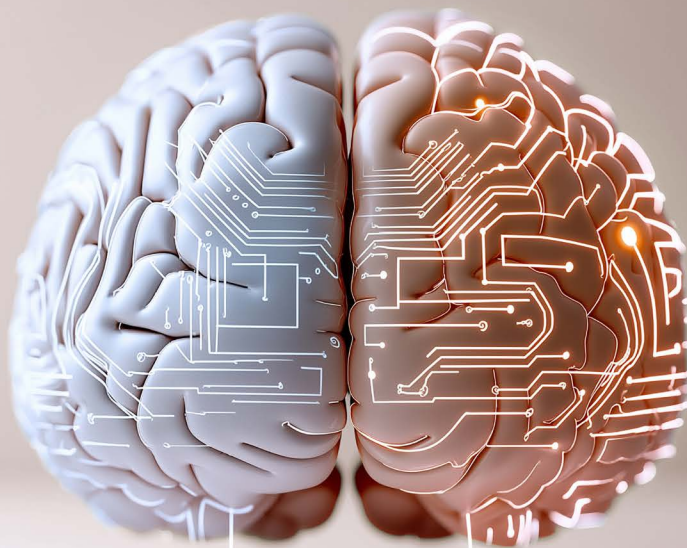
L'un des défis que soulève la création d'un modèle du monde est d'obtenir des données. Entraîner les GML est relativement facile, car les données linguistiques sont partout sur Internet. Les données vidéo sont nombreuses et utiles, mais le monde réel est multimodal. Il est spatial et contient des renseignements tridimensionnels fondamentaux, y compris géométriques, physiques et dynamiques. Ce type de données n'est pas facile à obtenir, mais il est essentiel à la réussite des robots, des drones et des véhicules autonomes. On peut en déduire que le parcours sera long pour commercialiser une IA physique.

Demis Hassabis souligne que les GML peuvent générer du texte, des images et même du code de façon brillante, mais qu'il manque à l'IA un modèle du monde. Celle-ci se borne à faire des prévisions de façon schématique; elle ne comprend pas véritablement. Pour pouvoir apporter un éclairage réel, l'IA a besoin d'un modèle interne sur le fonctionnement du monde, d'un apprentissage continu, d'une mémoire sélective, de capacités de raisonnement plus poussées et d'une capacité de planification à long terme.

Yann LeCun ne mâche pas ses mots quand il évoque le fait que tout le monde dans la Silicon Valley travaille sur la même chose : « le secteur de l'IA est complètement obnubilé par les GML »¹². La clé du progrès est de construire des machines qui comprennent le monde physique aussi bien que le ferait un chat ou un bambin. Un modèle du monde doit être une représentation du véritable fonctionnement du monde réel. Tout comme un bébé apprend en regardant une balle tomber, l'IA doit apprendre des données sensorielles, comme la vidéo, pour comprendre la gravité, la causalité et la permanence des objets. La barre est extrêmement haute et soulève une question presque philosophique sur la nature de l'intelligence, ce dont nous allons maintenant discuter.

¹¹ « From Words to Worlds : Spatial Intelligence is AI Next Frontier » par Fei-Fei Li, Stanford, en 2025, ainsi que « The Future of intelligence » par Demis Hassabis, chef de la direction de Google DeepMind, en 2025, et « The information bottleneck » par Yann LeCun, NYU, en 2025.

¹² « An A.I. Pioneer Warns the Tech 'Herd' Is Marching Into a Dead End », par C. Metz, NYT, en 2026.



Paradoxe de Moravec : les problèmes difficiles sont faciles et les problèmes faciles sont difficiles.

En 1988, Hans Moravec écrivait ceci : « Il est relativement simple de faire en sorte que les ordinateurs fassent preuve de performances du niveau d'un adulte, lors de tests d'intelligence ou de parties de dames, et difficile ou impossible de les doter des capacités d'un enfant d'un an pour ce qui touche à la perception et à la mobilité. »¹³

Ce qui est facile pour les humains est difficile pour les ordinateurs, et vice versa. C'est-à-dire que les tâches que les humains trouvent difficiles, comme jouer aux échecs, résoudre des problèmes de calcul, écrire du code ou analyser de grandes quantités de données financières, sont relativement faciles à maîtriser pour les ordinateurs. En revanche, il est extrêmement difficile pour les robots d'effectuer des tâches aisées pour un bambin, comme marcher dans une pièce encombrée ou prendre un verre d'eau, sans parler des tâches d'adultes, comme plier le linge, vider un lave-vaisselle ou faire un sandwich.¹⁴

Selon Moravec, on peut en trouver la raison dans l'histoire de l'évolution. Les compétences qui permettent la survie, comme la vision, le mouvement et la coordination physique, ont été « optimisées » par la sélection naturelle sur des millions d'années. La machinerie neuronale sous-jacente est vaste,

complexe et très efficace, même si nous n'avons pas conscience des efforts déployés. En revanche, des tâches comme le jeu d'échecs, le calcul, le raisonnement abstrait, le codage et l'étude du repliement des protéines sont relativement récentes. Puisqu'elles sont « nouvelles » pour notre cerveau, celui-ci les trouve difficiles, alors qu'elles nécessitent en fait des structures logiques beaucoup plus simples, dont l'encodage dans des logiciels est facile.

Pourquoi est-ce important? Il semble naturel de supposer que l'IA physique, comme les véhicules autonomes, les drones et la robotique, sera bientôt là, parce qu'elle n'a besoin que de maîtriser des tâches qui nous paraissent simples, des choses qu'on apprend rapidement quand on est enfant. Toutefois, Moravec suggère que cela prendra beaucoup plus de temps qu'il n'est communément admis. Les techno-optimistes s'attendent à ce que l'IAG fonctionne avec succès d'ici 2030 environ, tandis que la plupart des chercheurs sérieux dans le domaine de l'IA estiment que 2040 est plus probable. Quoi qu'il en soit, la large fourchette de ces estimations illustre la diversité des opinions, y compris en ce qui concerne ce qu'implique l'IAG.

¹³ « Mind Children », par Hans Moravec, CMU, en 1988.

¹⁴ La publication intitulée « A Gap In AI Adoption? Moravec And The AI Productivity Paradox », par A. Susarla (Michigan State University), en 2026, soutient que le paradoxe de Moravec explique pourquoi les hautes directions, qui traitent davantage de questions analytiques dans lesquelles l'IA excelle, sont constamment déçues par les lancements d'IA qui ne produisent pas de résultats à l'échelle de l'entreprise.

Pourquoi l'IA est si lente : les exemples de la radiologie, des véhicules autonomes et de la robotique.

Après la section précédente qui était très abstraite, nous allons maintenant aborder les choses de façon plus pratique, avec trois exemples concrets dans lesquels les progrès de l'IA ont pris des décennies. En 2016, Geoffrey Hinton avertissait que tous les radiologues seraient remplacés par l'IA dans 5 à 10 ans¹⁵. Non seulement cela ne s'est pas produit, mais le nombre de radiologues aux États-Unis a augmenté de 11 % et la pénurie est croissante. Pourquoi? Tout d'abord, l'IA ne lit pas parfaitement les images radiologiques (on est encore loin d'une fiabilité de cinq neuf). D'autre part, ceci n'est qu'une des tâches d'un radiologue, dont l'objectif global est de diagnostiquer les maladies et d'aider les patients. Et pour ces aspects-là, il est peu probable que l'IA remplace les radiologues avant des décennies¹⁶.

Le deuxième exemple concerne les véhicules autonomes, qui apparaissent comme un succès soudain alors qu'ils ont mis 40 ans à se développer¹⁷. Des progrès considérables ont été réalisés depuis 1985, et il est probable que les véhicules autonomes représentent la majorité des distances parcourues aux États-Unis d'ici 2040 à 2050. Toutefois, la route a été longue et parsemée de nombreuses percées, et des innovations complémentaires sont encore nécessaires, par exemple l'intelligence spatiale (caméras et détection et télémétrie de la lumière [LiDAR]), les batteries tout-solide et la connectivité sémantique (pour parler à d'autres voitures et aux feux de circulation). De plus, pour atteindre un état idéal en matière de sécurité routière, un meilleur apprentissage sur les cas marginaux (comme de la neige abondante, les chantiers de construction et les pannes de courant), des capacités de raisonnement améliorées et un environnement réglementaire plus transparent et uniforme sont nécessaires.¹⁸

Notre troisième exemple concerne la robotique qui pourrait bien devenir le plus grand secteur d'activités

de l'histoire, mais a peu de chances de se développer aussi rapidement que le suggèrent ses partisans. On pourrait sans aucun doute parier que la promesse d'Elon Musk selon laquelle la robotique rendra le travail facultatif et l'argent inutile dans 10 à 20 ans mettra davantage de temps à se réaliser.

L'industrie robotique se développe depuis des décennies; depuis 1961, lorsque General Motors (GM) a installé le premier robot industriel (pour le moulage sous pression), et 1977, lorsque la NASA a conçu, fabriqué et déployé l'astromobile Sojourner sur Mars. Toutefois, le déploiement des robots industriels a été désespérément lent, et peu d'entre eux ont été utilisés en dehors des usines automobiles et des entrepôts. De plus, les robots humanoïdes à usage général sont encore à l'étape de la recherche et à des années d'une adoption massive. Morgan Stanley prévoit une faible croissance au cours de la prochaine décennie, mais s'attend à ce que 134 millions d'unités soient vendues en 2040 (évaluées à 1 200 milliards de dollars) et à ce qu'une hausse s'ensuive pour atteindre 1 019 millions d'unités en 2050 (4 700 milliards de dollars)¹⁹.

La « marche des neuf » est particulièrement intimidante pour le secteur de la robotique, car elle nécessite une foule d'innovations complémentaires, parmi lesquelles les modèles multimodaux du monde, les actionneurs à couple élevé (les « muscles » du robot, qui représentent 60 % du coût en matériel d'un humanoïde), la détection tactile (peau numérique), l'intelligence spatiale (caméras, LiDAR), les batteries tout-solide (densité énergétique plus élevée et meilleure stabilité thermique) et la connectivité sémantique (pour parler aux ascenseurs intelligents, aux systèmes de sécurité et à d'autres robots en temps réel). Les robots arrivent, mais pas selon l'échelle de temps promise par Elon Musk.

¹⁵ « Hinton est souvent salué comme le « parrain de l'IA »; il a remporté le prix Nobel de physique (2024) et enseigne à l'Université de Toronto. Voir « Radiology resident thumbs nose at Nobel Prize winner who predicted specialty would become obsolete », Radiology Business, en 2024 et « The Growing Nationwide Radiologist Shortage », par S. Mirak et coll., Radiological Society of North America, en 2025.

¹⁶ Pour découvrir la discussion de Jensen Huang sur le point de vue de la « tâche » par rapport à « l'objectif », écouter « NVIDIA's Jensen Huang on Reasoning Models, Robotics, and Refuting the « AI Bubble » Narrative », balado No Priors, en 2026.

¹⁷ Cinq étapes essentielles du parcours des véhicules autonomes :

1985 : Le véhicule autonome de l'Université Carnegie Mellon, financé par la DARPA, réalise la première démonstration de véhicule qui suit la route à l'aide du Lidar et d'une vision par ordinateur, atteignant une vitesse de 31 km/h.

1995 : La tournée « No Hands Across America ». Le véhicule autonome de l'Université Carnegie Mellon effectue le premier voyage autonome d'un océan à l'autre aux États-Unis, de Pittsburgh à San Diego. Le véhicule a été conduit de façon autonome pendant 98,2 % du voyage à une vitesse moyenne de 102,7 km/h.

2005 : Sebastian Thrun (largement connu comme le père du véhicule autonome) emmène la Stanford Racing Team vers la victoire lors du DARPA Grand Challenge. C'est la première fois qu'une voiture robot termine la course de 132 milles dans le désert, et ce en moins de sept heures, avec à la clé un prix de 2 millions de dollars.

2018 : Waymo lance son service de robot taxi à Phoenix, en Arizona.

2025 : Les robots taxis de Waymo ont effectué 14 millions de trajets pour plus de 150 millions de milles parcourus, soit trois fois plus qu'en 2024.

¹⁸ « We Don't Know If AVs Are Safer Than Human Drivers », par David Zipper (MIT), Bloomberg, en 2026.

¹⁹ « Humanoids : Investment implications of embodied AI », par Adam Jones et coll., Morgan Stanley Research, en 2025.

Conséquences pour les investisseurs

1

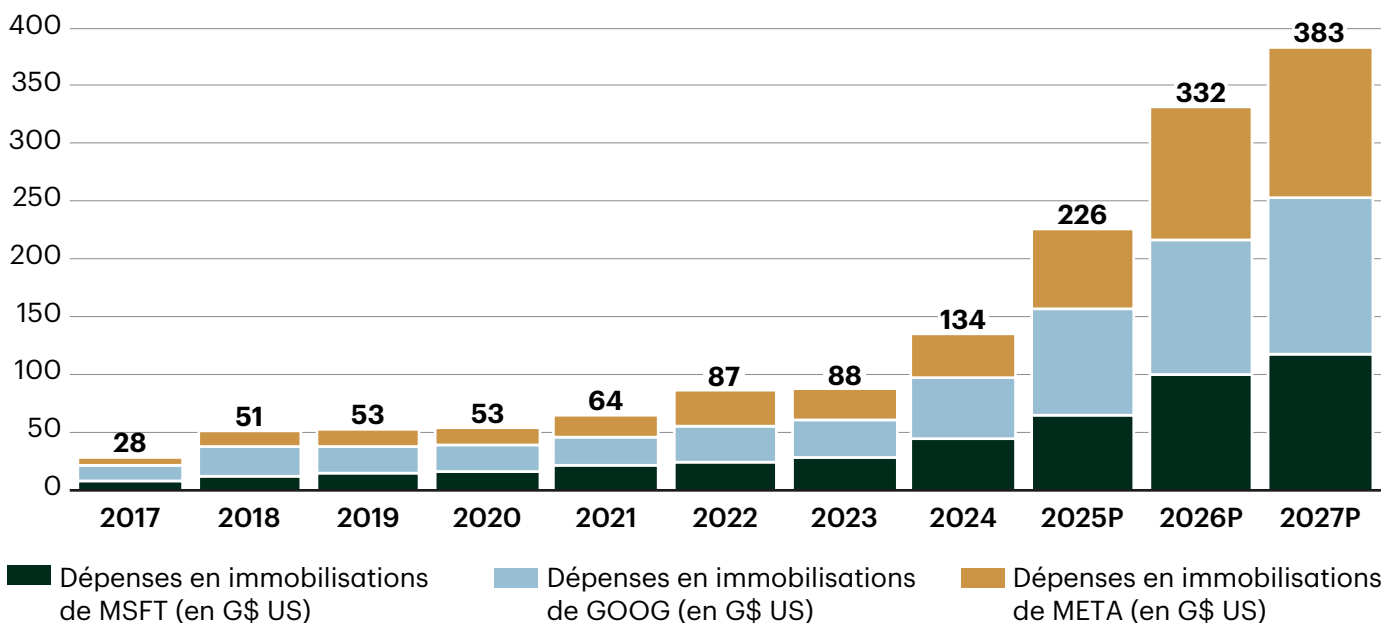
La croissance des dépenses en immobilisations liées à l'IA va ralentir pour suivre une trajectoire plus durable.

Pour soutenir qu'il existait une bulle dans les GML, de nombreux investisseurs ont pointé le fait que certaines entreprises (principalement privées) dépensaient des dizaines de milliards de dollars avec une faible probabilité que leur FTD devienne positif durant cette décennie, et réussissent pour autant toujours à lever des fonds à des évaluations astronomiques. Ceci est particulièrement préoccupant compte tenu des limites des GML décrites ci-dessus (« impasse » pour parvenir à une véritable IAG) et de la prévalence des laboratoires à code source ouvert. Il semble raisonnable de s'attendre à ce que bon nombre des nouvelles entreprises en démarrage perdent de l'argent et se retrouvent dans une situation dangereuse. Le schéma a été identique pour le chemin de fer, l'électricité, l'automobile, l'Internet et tous les autres épisodes de perturbations technologiques.

Quoi qu'il en soit, le cycle technologique va durer. Le terme « bulle de l'IA » est trop binaire, car l'évaluation des actions cotées n'est pas si excessive qu'on le dit et, à l'épicentre des dépenses en immobilisations liées à l'IA, se situent les sociétés les plus rentables au monde. C'est la différence essentielle par rapport aux cycles technologiques précédents, y compris par rapport aux années 90. Néanmoins, que se passera-t-il si, comme ce fut le cas pour le chemin de fer au 19^e siècle, les investisseurs réalisent que leurs rendements ne se concrétiseront pas aussi rapidement qu'ils l'avaient prévu? Nous nous attendons à ce que cela se produise au cours des prochains trimestres et nous croyons que la croissance des dépenses en immobilisations ralentira par la suite, pour passer de son rythme effréné actuel à une trajectoire plus durable (**figure 7**)²⁰.

Figure 7 : Dépenses en immobilisations des fournisseurs de services à très grande échelle (en G\$ US) multipliées par six depuis 2020.

Nous nous attendons à ce que les investisseurs se rendent bientôt compte que la productivité et les profits découlant de l'IA mettront davantage de temps à venir que prévu. Cela se traduira par une croissance des dépenses en immobilisations moins appuyée et une trajectoire de celle-ci plus durable.



Source : Bloomberg Finance L.P. Au 31 janvier 2026.

²⁰ Même si la croissance des dépenses en immobilisations liées à l'IA aux États-Unis ralentit, elle ne deviendra pas négative. Cela est dû au fait que l'IA est le principal domaine dans lequel la course pour la suprématie mondiale opposant les États-Unis à la Chine va se dérouler. Plus précisément, l'IA est au cœur des trois domaines de la puissance : la force économique, les prouesses technologiques et les capacités de défense.

2

Il faut miser davantage sur des sociétés technologiques de qualité.

Pour nous, les sociétés « de qualité » sont celles qui produisent des FTD durables et qui affichent des marges élevées et un rendement du capital investi (RCI) supérieur au coût moyen pondéré du capital. Cela comprend les fournisseurs de services à très grande échelle qui ont des activités réelles et de larges bases d'utilisateurs existantes. En plus de ces caractéristiques défensives, le fait d'avoir beaucoup de clients libère la roue d'inertie qui est au cœur de chaque grande entreprise technologique. Les utilisateurs améliorent l'algorithme, ce qui améliore le produit, ce qui attire plus de clients, et la machine tourne ainsi, tout simplement. Ce n'est pas encore tout à fait le cas pour l'IA, mais en regardant bien, on peut voir le processus à l'œuvre²¹. En outre, la couche relative à l'infrastructure est habituellement l'endroit le plus sûr à cette étape d'une révolution technologique. Il y aura des tonnes d'occasions sur le plan des applications, mais il y a encore trop de spéculation accompagnée d'incertitudes considérables.

3

Il faut diversifier le portefeuille en dehors des États-Unis.

Nous restons optimistes à l'égard des actions américaines, mais un grand nombre d'investisseurs détiennent des portefeuilles trop concentrés dans les entreprises technologiques de ce pays. De plus, la prime d'évaluation américaine ne semble souvent pas justifiée par les paramètres fondamentaux et nous estimons que le dollar américain est surévalué²². Nous apprécions tout particulièrement des chefs de file mondiaux à l'extérieur des États-Unis, y compris en Chine, qui répondent à notre définition de la qualité.

4

Le processus de destruction créatrice et le dilemme de l'innovateur sont amplifiés par l'IA.

Les révolutions technologiques sont toujours associées à un bouleversement massif parmi les entreprises chefs de file. Par exemple, parmi les vingt-cinq principales sociétés technologiques mondiales en 2000, seulement quatre d'entre elles sont toujours membres de cette liste (**figure 8**). À quoi ressemblera cette liste en 2040? C'est difficile à imaginer, car les champions d'aujourd'hui (NVDA, AAPL, MSFT, AMZN, GOOG) semblent toujours invincibles. Quoi qu'il en soit, l'histoire donne fortement à penser qu'une majorité des sociétés qui figurent aujourd'hui dans le classement vont disparaître au cours des deux prochaines décennies.



²¹ Ces thèmes sont explorés dans l'article « Gavin Baker and David George on Positional Strategy in AI », a16z, en 2025.

²² Voir « The Dollar is Our Currency, but It's Your Problem : Rebalancing Requires a Much Weaker USD », en 2025.

Figure 8 : Les plus grandes sociétés technologiques mondiales.

Seulement quatre des 25 principales sociétés à l'année 2000 sont toujours présentes aujourd'hui.
On peut donc s'attendre à une liste largement différente en 2040.

Rang	déc.-92	janv.-95	janv.-00	janv.-05	janv.-10	janv.-15	janv.-20	janv.-25	janv.-26
1	IBM	Escom	MSFT	MSFT	MSFT	AAPL	MSFT	AAPL	NVDA
2	MSFT	IBM	NTT Docomo	Vodafone	AAPL	MSFT	AAPL	NVDA	AAPL
3	Hitachi	MSFT	CSCO	IBM	IBM	Intel	AMZN	MSFT	MSFT
4	Panasonic	Panasonic	Intel	Intel	AT&T	AT&T	Meta	AMZN	AMZN
5	Intel	Hitachi	Nokia	CSCO	GOOG	Meta	GOOG	META	GOOG
6	HP	Intel	IBM	Dell	CSCO	IBM	Visa	TSLA	AVGO
7	Alcatel-Lucent	HP	ORCL	Telefonica	Telefonica	GOOG	AT&T	GOOG	META
8	Toshiba	Toshiba	Vodafone	AT&T	Vodafone	ORCL	Tencent	AVGO	TSLA
9	EDS	Sony	Nortel	DTE	HP	CSCO	Alibaba	TSMC	TSMC
10	Sony	Sharp	Dell	Nokia	Intel	Samsung	Intel	Visa	Visa
11	Emerson	EDS	Ericsson	QCOM	ORCL	Visa	Mastercard	MA	Tencent
12	Nintendo	Fujitsu	Sony	HP	QCOM	Comcast	TSMC	NFLX	MA
13	Nortel	NEC	HP	eBay	Samsung	QCOM	Samsung	Tencent	Samsung
14	Sharp	KDDI	Yahoo	Viacom	Canon	AMZN	Comcast	ASML	ASML
15	Novell	Vodafone US	QCOM	ORCL	China Mobile	TSMC	CSCO	CRM	NFLX
16	NEC	Emerson	EMC	Orange	Orange	Vodafone	ADBE	ORCL	PLTR
17	Mitsubishi Elec	Kyocera	Softbank	BellSouth	TSMC	Mastercard	NFLX	SAP	AMD
18	Fujitsu	Canon	Motorola	Canon	Nokia	HP	Salesforce	NOW	MU
19	Xerox	ORCL	Fujitsu	Telstra	AMZN	Tencent	NVDA	CSCO	Alibaba
20	Corning	Alcatel-Lucent	PSI Software	Ericsson	DTE	Telefonica	SAP	AMD	ORCL
21	AAPL	Ericsson	AOL	Yahoo!	Visa	SAP	PYPL	IBM	IBM
22	Sega	Xerox	TXN	Samsung	SAP	China Mobile	ASML	ADBE	CSCO
23	Kyocera	Nokia	China Mobile	TXN	Hon Hai	eBay	TXN	Samsung	SAP
24	Vodafone	Compaq	NTT Data	Motorola	Telstra	Baidu	IBM	QCOM	SK Hynix
25	Ericsson	Vodafone LN	Hikari Tsushin	Comcast	Blackberry	EMC	ORCL	TXN	LRCX

Source : Bloomberg, TD Epoch. Au 1er janvier 2026.

Annexe A : Quatre points à retenir des deux derniers siècles d'innovation technologique

Il est essentiel de comprendre les vagues technologiques précédentes pour comprendre comment le cycle de l'IA est susceptible de se dérouler. Cette annexe présente quatre leçons pour les investisseurs.

Premièrement, atteindre une réussite commerciale durable prend des années, parfois des décennies, et est beaucoup plus difficile et incertain que le triomphe technologique initial. Même les personnes les plus astucieuses n'ont pas compris comment leurs grandes percées allaient évoluer. James Watt a inventé son moteur à vapeur pour pomper l'eau des mines de charbon. Guglielmo Marconi s'attendait à ce que sa radio soit utilisée pour les communications interpersonnelles individuelles, en concurrence avec le téléphone.

Quelques citations illustrent les perceptions erronées qui existaient à l'époque (celles d'aujourd'hui sembleront tout aussi ridicules dans une génération) et le danger de lire l'histoire à rebours :

- « À quoi un jouet électrique pourrait-il bien servir à cette entreprise? » Le chef de la direction de Western Union, William Orton, qui refuse l'offre de Bell de lui vendre ses brevets sur le téléphone pour 100 000 \$, en 1876.
- « Je pense qu'il existe un marché pour environ cinq ordinateurs. » Thomas J. Watson Sr, président d'IBM, en 1943.

Deuxièmement, la plupart des innovateurs ont lutté pendant des décennies, même les quelques chanceux qui sont devenus très riches. Cela comprend Edison avec la lampe à incandescence, Bell avec le téléphone et Marconi avec la technologie sans fil (radio). Le long chemin vers la rentabilité a souvent été marqué par le manque de capitaux, plusieurs faillites et des pressions pour vendre des brevets à des prix d'aubaine. À titre d'exemple, Bell s'est retrouvé à court d'argent en 1876 et a offert de vendre son brevet sur le téléphone à Western Union (la société de télégraphe dominante) pour 100 000 \$ (3,1 millions de dollars d'aujourd'hui).

Ceci explique pourquoi les nouvelles technologies et la surpromotion vont de pair. Les innovations sont accueillies avec scepticisme, mais elles nécessitent du capital-risque pour être développées et commercialisées. Par conséquent, les pionniers doivent afficher une confiance excessive et éviter tout signe d'échec ou de recul. Par exemple, Edison était bien connu pour ses déclarations extravagantes sur ses découvertes, motivées par un besoin constant de lever des capitaux. Les innovateurs doivent toujours sembler optimistes et ce comportement peut encourager les bulles (comme cela s'est produit à plusieurs reprises : les compagnies de chemin de fer dans les années 1850 et 1880, les parts de la radio dans les années 20 et la bulle Internet dans les années 90).

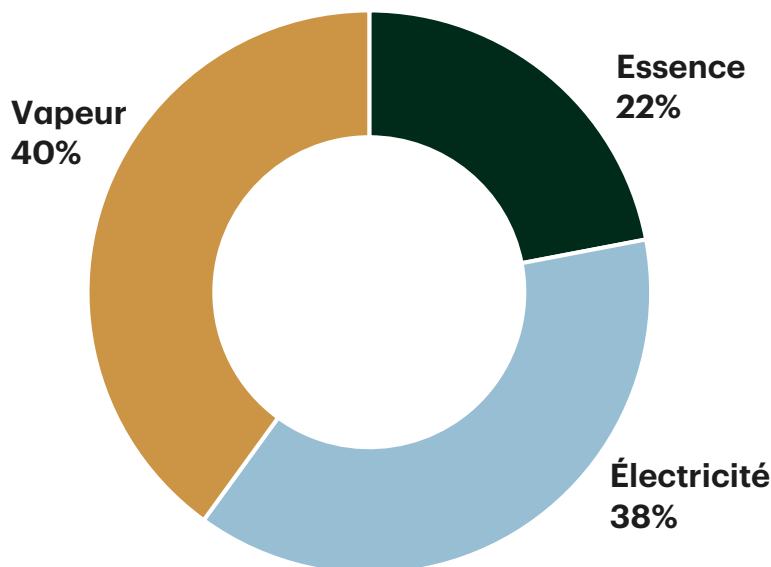
D'autre part, il faut beaucoup de temps aux technologies pour évoluer d'une impressionnante démonstration à une adoption généralisée. Le moteur à vapeur de James Watt a été inventé en 1769, mais la première démonstration de la locomotive à vapeur n'a eu lieu qu'en 1801 et la première compagnie de chemin de fer commerciale n'a été fondée qu'en 1826. Les prochains paragraphes fournissent cinq autres exemples de vagues technologiques plus récentes.

Électricité : Faraday découvre les bases de l'électricité moderne en 1831 et Joseph Swan démontre le principe d'une lampe à filament de carbone incandescent en 1848. Toutefois, Edison ne reçoit son brevet historique pour l'ampoule à incandescence qu'en 1880, General Electric ne réalise de profits qu'à partir de 1895, et ce n'est qu'en 1924 qu'une majorité de foyers américains bénéficie de l'électricité.

Automobile : En 1860, Lenoir crée le premier moteur fonctionnel à gaz et, en 1876, Nikolaus Otto dévoile le premier moteur à quatre temps efficace. Dix ans plus tard, Karl Benz obtient un brevet pour la première voiture réaliste dotée d'un moteur, d'un châssis et d'un système d'entraînement. Néanmoins, en 1900, la plupart des voitures sont alimentées à la vapeur ou à l'électricité (**figure 9**). Ce n'est qu'après deux faillites qu'Henry Ford lance le modèle T en 1908, mais il faut attendre 1924 pour que plus de la moitié des ménages américains possèdent une voiture.

Figure 9 : Technologies automobiles en 1900 (part de marché aux États-Unis en %).

L'essence n'est devenue l'énergie numéro 1 qu'en 1912, après le lancement du modèle T produit en masse (1908), l'apparition du démarreur automatique électrique (1912) et une importante découverte de pétrole au Texas (1901). Cela illustre deux points : la technologie gagnante est rarement évidente au début d'une vague technologique et plusieurs innovations complémentaires sont toujours nécessaires pour assurer le succès commercial.



Source : « America adopts the automobile, 1895 – 1910 », par J. Flink, UC Irvine, en 1970.

Ordinateur : Le transistor est inventé en 1947 à Bell Labs, tandis qu'Intel est fondée en 1968, Microsoft en 1975 et Apple en 1976. Les premières applications éliminatrices sont lancées peu de temps après : VisiCalc en 1979, Lotus 1-2-3 et Word en 1983. En 1984, seulement 8 % des ménages américains possèdent un ordinateur, une part qui n'atteint 50 % qu'en 2000.

Internet : Le premier lien entre deux ordinateurs est établi entre l'UCLA et Stanford en 1969. La première application élimnatrice de l'Internet, une application de courriel, arrive en 1971 et le réseau se propage graduellement jusqu'en 1979 pour inclure soixante-deux sites universitaires et militaires/industriels. Un protocole Internet standard (TCP/IP) émerge en 1983 et, l'année suivante, Cisco Systems sort de Stanford pour devenir le principal fournisseur d'équipement de réseautage, comme les commutateurs et les routeurs.

L'évolution clé suivante survient en 1989, avec l'invention du World Wide Web, et en 1993, avec la sortie du navigateur Mosaic, qui déclenche l'essor de l'Internet. Les principaux lancements d'entreprises comprennent les suivants : eBay et Amazon en 1995, Google en 1998, Facebook en 2004, Spotify en 2006, Airbnb et le service de diffusion en continu de Netflix en 2007 et Uber en 2009.²³

IA : Sa naissance officielle remonte à une conférence à Dartmouth en 1956. Le premier réseau neuronal artificiel est développé deux ans plus tard par Frank Rosenblatt, de l'université Cornell, et le premier robot conversationnel est créé en 1966 par Joseph Weizenbaum, du MIT (il a été conçu pour simuler un psychothérapeute). Après avoir connu un long hiver, l'IA revient en tête des considérations en 1997, lorsque Deep Blue d'IBM bat Garry Kasparov. Ensuite, AlexNet fait une percée en 2012 lorsqu'un groupe de l'Université de Toronto remporte un concours de reconnaissance d'images, ce qui déclenche l'essor de l'apprentissage profond moderne.

Quelques années plus tard, le programme AlphaGo de Google DeepMind bat Lee Sedol et prouve que l'IA peut faire appel à l'intuition et à la pensée stratégique plutôt qu'à la force brute seule. L'année suivante, en 2017, des chercheurs de Google présentent l'architecture des transformateurs dans un article intitulé « Attention Is All You Need », et ce modèle devient le socle des GML modernes. Puis, à la fin de 2022, OpenAI lance GPT-3.5 et suscite une adoption massive de l'IA générative, grâce à l'application pour les particuliers dotée de la croissance la plus rapide de l'histoire.

²³ Une liste encore plus longue comprendrait les étoiles montantes qui se sont effondrées, comme Netscape, AOL, AskJeeves, Pets.com, Webvan, WorldCom, Friendster et Myspace.

Quatrièmement, le fait que les gagnants raflent la mise n'est pas une évolution récente, et d'autres épisodes historiques comportent à leurs débuts une ou deux entreprises florissantes seulement.

Cela comprend Western Union dans le secteur du télégraphe, AT&T de Bell pour les téléphones, General Electric d'Edison dans l'éclairage, Ford et GM dans le secteur automobile, IBM pour les ordinateurs, Microsoft du côté des logiciels, Intel concernant les semi-conducteurs et Google pour la recherche. Pourtant, le succès éventuel de ces sociétés était loin d'être acquis : pour chaque perturbateur couronné de succès, des dizaines d'autres ont essayé et échoué.

Toutefois, sur une période prolongée, des concurrents féroces et de nouvelles technologies surviennent, de sorte que les rendements permis par un monopole finissent par se dissiper. Quelques exceptions ont eu lieu par le passé, comme Western Union (entreprise dominante de 1866 à 1929), AT&T (leader pendant près d'un siècle, jusqu'à son effondrement en 1984) et General Electric (qui a conservé une position de chef de file bien après 1880). Ceci reflète souvent un avantage tiré du fait d'être le premier arrivé.

Toutefois, cet avantage semble plus fragile à l'ère des technologies numériques, ainsi que le montrent des premiers arrivés qui ont été remplacés, comme Commodore (PC), Netscape (navigateurs), AOL (jardins fermés), Yahoo! (recherche), Webvan (livraison de produits d'épicerie), Napster (musique), Friendster (médias sociaux) et Nokia (téléphones intelligents). L'économie numérique accélère le rythme de l'innovation et le produit d'un concurrent n'est qu'à un clic. Cela donne à penser que les géants technologiques d'aujourd'hui sont plus vulnérables qu'il n'est communément admis.

Annexe B : Innovations complémentaires – Il faut tout un village

Une citation célèbre d'Edison dit ceci : « Le génie, c'est 1 % d'inspiration et 99 % de transpiration. » C'est vrai, mais il ne s'agissait pas seulement de sa propre transpiration. L'une des principales raisons pour lesquelles il faut autant de temps aux technologies pour évoluer d'une impressionnante démonstration à une adoption commerciale généralisée est que le parcours nécessite non seulement une percée majeure, mais aussi des dizaines d'innovations complémentaires. Pour illustrer l'importance de ces dernières, cette section en offre une liste partielle pour six vagues technologiques.

Chemin de fer : moteurs à vapeur à haute pression, chaudières de type avancé, charbon bitumineux, acier Bessemer, rails en acier, jauge standard, freins à air, fuseaux horaires standards, attelages automatiques, voitures réfrigérées.

Électricité : turbines à vapeur modernes, centrales électriques à l'échelle industrielle, transformateurs, courant alternatif, câblage isolé, compteurs électriques, moteur électrique, prises de courant murales à deux trous, fer électrique, aspirateur, machine à laver, réfrigérateur, grille-pain.

Automobile : carburateur, démarreur électrique, différentiel, radiateur, acier au vanadium, chaîne de montage mobile, pneumatiques gonflables, injection de carburant, essence au plomb, stations-service.

PC : microprocesseurs, systèmes d'exploitation, interface utilisateur graphique, souris, applications éliminatrices (VisiCalc), disques durs, modems, logiciels de jeu, processeurs graphiques et, ultimement, l'Internet.

Internet : protocoles Internet standards, commutation de paquets, World Wide Web, navigateurs graphiques, câbles à fibre optique, routeurs et commutateurs, moteurs de recherche, téléphones intelligents, systèmes de paiement, modèles d'affaires axés sur la publicité, magasinage, médias sociaux, musique et diffusion vidéo en continu, covoiturage et services infonuagiques.

Robots : modèles multimodaux du monde, apprentissage continu, capacités accrues de raisonnement et de planification à long terme, actionneurs à couple élevé (les « muscles » du robot, qui représentent 60 % du coût en matériel d'un humanoïde), détection tactile (peau numérique), intelligence spatiale (caméras, LiDAR), batteries tout-solide (densité énergétique plus élevée et meilleure stabilité thermique) et connectivité sémantique (pour parler aux ascenseurs intelligents, aux systèmes de sécurité et à d'autres robots en temps réel).

innovation



Les renseignements aux présentes sont fournis à des fins d'information seulement. Ils proviennent de sources jugées fiables. Les graphiques et les tableaux sont utilisés uniquement à des fins d'illustration et ne reflètent pas les valeurs ou les rendements futurs des placements. Ces renseignements n'ont pas pour but de fournir des conseils financiers, juridiques, fiscaux, comptables ou de placement. Les stratégies fiscales, de placement ou de négociation devraient être étudiées en fonction des objectifs et de la tolérance au risque de chacun. Le présent document ne constitue pas une offre destinée à une personne résidant dans un territoire où une telle offre est illégale ou n'est pas autorisée. Ce document n'a été examiné par aucune autorité en valeurs mobilières ni aucun autre organisme de réglementation dans les territoires où nous exerçons nos activités et n'est pas enregistré auprès de ceux-ci. Toute analyse ou opinion générale contenue dans ce document concernant les titres ou les conditions du marché représente notre point de vue ou celui de la source citée. Sauf indication contraire, il s'agit de points de vue exprimés à la date indiquée et ils pourraient changer. Les données sur les placements, la répartition de l'actif ou la diversification du portefeuille sont historiques et peuvent changer. Les renseignements concernant des sociétés ou des titres en particulier, y compris leur rentabilité, sont fournis à titre d'illustration de notre thèse de placement. Les titres mentionnés peuvent constituer ou non un placement actuel d'une stratégie. Toute référence à une société donnée indiquée aux présentes ne constitue pas une recommandation d'acheter, de vendre ou de conserver des titres d'une telle société, et ne constitue pas une recommandation d'investir directement dans une telle société. Le présent document peut contenir des énoncés prospectifs. Les énoncés prospectifs reflètent les attentes et les projections actuelles à l'égard d'événements ou de résultats futurs en fonction des données actuellement disponibles. Ces attentes et projections pourraient s'avérer inexactes à l'avenir, car des événements qui n'ont pas été prévus ou pris en compte dans leur formulation pourraient se produire et entraîner des résultats sensiblement différents de ceux exprimés ou implicites. Les énoncés prospectifs ne garantissent pas le rendement futur et il faut éviter de s'y fier. Solutions de placement mondiales TD représente Gestion de Placements TD Inc. (« GPTD ») et Epoch Investment Partners, Inc. (« Epoch TD »). GPTD exerce ses activités au Canada et TD Epoch, aux États-Unis. Ces deux entités sont des filiales en propriété exclusive de La Banque Toronto-Dominion. Les produits de GPTD et de TD Epoch sont également offerts par l'intermédiaire d'un réseau de distributeurs affiliés et non affiliés. Pour en savoir plus, veuillez communiquer avec nos partenaires de distribution. ^{MD} Le logo TD et les autres marques de commerce TD sont la propriété de La Banque Toronto-Dominion ou de ses filiales.