

TechnoVision : les 5 tendances technologiques à suivre en 2024

Paris, 5 décembre 2023 – [Capgemini](#) dévoile aujourd’hui son « Top 5 TechnoVision des tendances technologiques à suivre en 2024 », consacré aux technologies qui devraient atteindre un point d’inflexion l’année prochaine. En 2023, l’IA générative a été au cœur des préoccupations du grand public et des entreprises, et a fait renaître l’espoir que la technologie puisse catalyser le progrès de l’économie et de la société. Alors qu’elle continuera d’être au centre des discussions l’an prochain, d’autres technologies majeures devraient également atteindre un niveau de maturité ou un point de rupture en 2024 et ainsi contribuer à résoudre les principaux défis auxquels sont confrontés actuellement les entreprises, la société et l’environnement.

« Quiconque suit l’actualité de ces derniers mois ne saurait nier l’impact transformatif de la technologie. L’IA générative en est un exemple évident, mais ce n’est pas le seul, explique Pascal Brier, Directeur de l’Innovation de Capgemini et membre du Comité Exécutif du Groupe. Chaque jour, les équipes de Capgemini analysent les évolutions technologiques afin mettre à disposition de nos clients toute la puissance de l’innovation et d’anticiper les prochaines grandes avancées technologiques. Outre l’IA générative, il y a de nombreuses évolutions technologiques à suivre en 2024, notamment dans les semi-conducteurs, la cryptographie post-quantique, les batteries et la nouvelle conquête spatiale, car ils nous aideront à relever les défis de nos économies, de nos sociétés et de nos écosystèmes. »

Les technologies à suivre en 2024 :

1) IA générative : les « grands modèles de langage » se feront tout petits

L’IA générative a fait une entrée fracassante dans le paysage technologique et économique mondial fin 2022 et en 2023, et a créé de nombreux espoirs quant à l’ampleur de son impact économique. En 2024, sera-t-elle à la hauteur de l’énorme battage médiatique qu’elle a suscité ? La réponse est oui. Alors que les « grands modèles de langage » (*Large Language Models*, ou LLMs) actuels vont continuer à rencontrer beaucoup de succès, le besoin de modèles plus petits et moins coûteux croît également. Ces modèles deviendront de plus en plus petits pour fonctionner sur des installations plus compactes dotées de capacités de traitement limitées, y compris à la frontière de nos réseaux ou sur de plus petites architectures d’entreprise. En 2024, les nouvelles plateformes d’IA combattront aussi mieux les « hallucinations » en associant des modèles d’IA générative avec des informations de haute qualité provenant de graphes de connaissances¹. Dans cette optique, des plateformes apparaîtront, fournissant des outils aux entreprises pour tirer parti de l’IA générative sans avoir besoin d’une expertise technique interne approfondie. À plus long terme, cela conduira à la création de réseaux interconnectés

¹ Un graphe de connaissances ou « *Knowledge Graph* » est une représentation schématique des données et de la façon dont elles sont interconnectées.



de modèles conçus et adaptés à des tâches spécifiques, et au développement de véritables écosystèmes génératifs multi-agents.

Pourquoi c'est important : Ces progrès de l'IA générative témoignent d'une évolution vers une technologie plus accessible, plus polyvalente et plus rentable. Ces innovations permettront aux entreprises de développer plus rapidement leurs applications d'IA générative tout en tirant davantage de valeur de la technologie à long terme.

2) Technologies quantiques : Quand la cyber rencontre le quantique

Une course au cyber-armement fait rage, dans laquelle les progrès en matière de puissance de calcul doivent être contrecarrés par le renforcement des mécanismes de défense numérique. Par exemple, l'IA et le *Machine Learning* sont de plus en plus utilisés pour la détection des menaces, tandis que le modèle de sécurité « Confiance Zéro » (*zero-trust*) est en passe de devenir la norme partout dans le monde. Mais une nouvelle menace est apparue récemment, portée par le développement de l'informatique quantique, qui peut rendre obsolètes nos standards de chiffrement actuels comme RSA et ECC. Le développement d'algorithmes résistants à l'informatique quantique devient donc impératif pour maintenir la confidentialité et la sécurité des données à l'avenir. Aux États-Unis, les normes de cryptographie post-quantique (*Post Quantum Cryptography*), c'est-à-dire les algorithmes de chiffrement censés résister aux attaques quantiques, seront publiées en 2024 par l'Institut national des normes et de la technologie (NIST)². La loi sur la préparation à la cybersécurité de l'informatique quantique (*Quantum Computing Cybersecurity Preparedness Act*) exige que les organisations publiques et privées travaillant pour l'Etat américain migrent vers la cryptographie post-quantique dans un délai d'un an après la publication des normes du NIST. Ce sujet sera certainement au cœur des préoccupations des dirigeants en 2024.

Pourquoi c'est important : Cette évolution récente promet de redéfinir les fondements mêmes des normes de cybersécurité à l'échelle mondiale. Tous les dirigeants d'entreprise et les experts en technologie seront concernés par cette prochaine échéance, tandis que de plus en plus d'organisations sont en transition vers la cryptographie post-quantique.

3) Semiconducteurs : La loi de Moore n'est pas morte, mais elle évolue

Les semiconducteurs représentent la plus importante catégorie de transactions de biens dans le monde (devant le pétrole brut et les véhicules motorisés)³, et sont un pilier fondamental de la transformation digitale. La loi de Moore stipule que la puissance de calcul d'une puce électronique double tous les deux ans, tandis que son coût diminue de moitié – mais cette théorie est-elle en train d'atteindre ses limites physiques et économiques ? L'industrie des semiconducteurs est à l'aube d'une période de transformation en 2024, sur de nombreux paramètres. Les puces atteignent 2nm, les transistors font à peine la taille de quelques atomes. Les besoins en investissements toujours plus importants, tant en R&D que pour des équipements de production à la pointe, commencent à poser des difficultés aux fournisseurs de puces, même pour les plus importants d'entre eux. 2024 devrait connaître une évolution de la loi de Moore, avec de nouveaux paradigmes : bien que la miniaturisation des puces s'approche de sa limite physique absolue, la puissance de calcul continuera d'augmenter à travers l'empilement de puces en 3D, de nouvelles innovations en science des matériaux et de nouvelles formes de lithographie.

Pourquoi c'est important : Il faut s'attendre à une accélération de la transformation digitale dans tous les secteurs, rendue possible grâce à des objets connectés plus puissants, du smartphone au véhicule électrique, en passant par les data centers et les telecoms. Ces progrès technologiques entraîneront une évolution de

² <https://www.nist.gov/news-events/news/2023/08/nist-standardize-encryption-algorithms-can-resist-attack-quantum-computers>

³ https://www.wto.org/english/blogs_e/data_blog_e/blog_dta_14jul23_e.htm



l'écosystème des semiconducteurs, avec l'apparition de nouvelles gigafactories, de nouvelles réglementations, de nouveaux modèles économiques et de nouveaux services de fonderie en 2024.

4) Batteries : La puissance de la nouvelle chimie

L'amélioration des performances et la réduction des coûts des batteries constituent une préoccupation majeure pour les entreprises et les gouvernements, avec des enjeux industriels majeurs pour chaque pays. L'objectif est de soutenir la mobilité électrique et de favoriser le stockage d'énergie de longue durée, ce qui est essentiel pour accélérer la transition énergétique vers les énergies renouvelables et le développement de réseaux électriques intelligents (*smart grids*). Alors que le LFP (lithium ferro-phosphate) et le NMC (nickel manganèse cobalt) deviennent la norme pour les véhicules électriques, plusieurs technologies sont à l'étude autour de la chimie des batteries, telles que les batteries sans cobalt (sodium-ion) ou les batteries à l'état solide, avec une accélération probable en 2024. Ces dernières représentent un changement majeur dans la technologie des batteries, principalement pour les véhicules électriques, car elles ont des densités d'énergie plus élevées (c'est-à-dire une capacité de stockage) pour un prix qui deviendra moindre que les batteries traditionnelles. Elles permettent également de réduire sa dépendance aux matériaux tels que le lithium, le nickel, le cobalt, les terres rares et le graphite, tout en promettant des durées de vie plus longues et une sécurité renforcée.

Pourquoi c'est important : Dans un monde économique où la transition énergétique et la lutte contre le changement climatique sont une priorité croissante, ces progrès récents pourraient offrir davantage de possibilités dans l'industrie des batteries et permettre une utilisation plus durable des ressources.

5) Space tech : Relever les défis de la Terre depuis l'espace

En 2024, l'humanité se préparera à retourner sur la Lune. Ce regain d'intérêt pour les technologies spatiales vise à favoriser les découvertes scientifiques s'attaquant aux défis les plus critiques de la Terre, notamment la surveillance des risques et des catastrophes climatiques, un meilleur accès aux télécommunications, ainsi que la défense et la souveraineté. Cette nouvelle ère spatiale est portée non seulement par les agences gouvernementales, mais aussi par des acteurs privés, des startups aux grandes entreprises, et soutenue par diverses technologies telles que la 5G, les systèmes satellitaires avancés, le big data, l'informatique quantique, etc. En 2024, cela devrait accélérer l'innovation et soutenir des projets technologiques très prometteurs dans le domaine de la propulsion durable des engins spatiaux (électrique ou nucléaire) et des nouvelles constellations en orbite terrestre basse pour des communications sans faille et la cryptographie quantique.

Pourquoi c'est important : La première conquête spatiale a transformé le monde en favorisant des innovations révolutionnaires telles que la technologie des satellites, le GPS, les circuits intégrés, l'énergie solaire et les matériaux composites. Ce retour vers les étoiles promet des révolutions similaires dans les domaines de l'informatique, des telecoms et de l'observation de la Terre.

Au-delà de 2024 - les technologies qui marqueront les cinq prochaines années :

1) L'hydrogène bas carbone : Vers une alternative crédible aux énergies fossiles

L'hydrogène est depuis longtemps considéré comme un carburant propre, car il ne produit que de l'eau lorsqu'il est brûlé. Cependant, la production traditionnelle d'hydrogène consomme beaucoup d'énergie et nécessite souvent l'utilisation d'énergies fossiles. L'hydrogène bas carbone vise à remédier à cela en utilisant des énergies renouvelables ou nucléaires pour alimenter l'électrolyse de l'eau, la divisant en hydrogène et en oxygène sans aucune émission de carbone. Les progrès de la technologie des électrolyseurs, notamment la mise au point d'électrolyseurs à membrane échangeuse de protons (PEM) et à oxyde solide, améliorent l'efficacité et réduisent



les coûts. Pour autant, l'hydrogène bas carbone n'est toujours pas compétitif à ce stade, sans compter ses enjeux de fiabilité et de mise à l'échelle. Pays et entreprises dans le monde entier investissent massivement dans l'hydrogène bas carbone pour atteindre la neutralité carbone, avec l'objectif de faire baisser son coût dans un futur proche.

2) Captage du carbone : Accélérer la décarbonisation des activités à forte émissions

Bien que la réduction des émissions de carbone demeure la priorité absolue, comme le rappelle l'Accord de Paris, plusieurs industries parmi les plus polluantes devront également investir dans des technologies de captage du carbone, en particulier à la source (comme dans une cimenterie ou une usine sidérurgique), afin d'atteindre leurs objectifs de décarbonation. Les nouvelles méthodes de captage du CO₂ deviennent plus efficaces et moins énergivores, soutenues par des investissements publics importants, en particulier aux États-Unis et dans l'Union européenne. Les innovations portent notamment sur le développement de technologies avancées de solvants qui nécessitent moins d'énergie pour capter, utiliser et stocker le CO₂, ainsi que sur des sorbants solides qui sont moins coûteux et plus efficaces pour capter le CO₂. En outre, la filtration du CO₂ pour le séparer des autres gaz, grâce à la technologie des membranes, se perfectionne pour améliorer son efficacité et son déploiement à l'échelle. Néanmoins, le captage du carbone est toujours confronté à des défis spécifiques tels que le coût, le stockage ou la conversion dans les processus industriels. Des recherches importantes sont également menées sur l'extraction du CO₂ directement de l'atmosphère, grâce aux technologies de captage direct de l'air, même si cette méthode reste coûteuse par rapport à d'autres solutions de captage du carbone.

3) Biologie synthétique : exploiter le pouvoir de la nature

La pandémie de Covid-19 a mis en lumière l'importance de la biologie synthétique pour la protection de la santé publique, en mettant en lumière l'immense potentiel d'innovations telles que l'ARNm synthétique pour développer des vaccins plus rapidement que jamais. En novembre 2023, une étape importante a été franchie lorsque l'autorité britannique de réglementation des médicaments a autorisé un traitement fondé sur l'outil d'édition de gènes CRISPR-Cas9 pour lutter contre la drépanocytose, le premier de ce type dans l'histoire de la médecine. Mais la biologie synthétique va beaucoup plus loin. Il s'agit d'un domaine interdisciplinaire combinant la biologie, l'ingénierie, l'informatique et la biotechnologie, qui permet des applications révolutionnaires susceptibles d'avoir un impact considérable sur la médecine, l'agriculture et la durabilité environnementale. Au confluent des avancées technologiques rapides et des besoins mondiaux critiques, cette technologie va devenir un sujet brûlant au cours des prochaines années. Parmi les innovations qui se profilent, on peut citer les cellules et organismes programmables capables de fabriquer de nouveaux médicaments, des produits chimiques verts et des matériaux durables, ainsi que des découvertes sur l'édition de gènes qui pourraient permettre de guérir des maladies génétiques.

TechnoVision 2024

TechnoVision est un programme mondial de Capgemini qui offre une vue d'ensemble du monde de la Technologie afin d'accompagner les dirigeants dans la transformation de leur entreprise grâce à la technologie. Il aide les décideurs à s'orienter à travers la myriade de tendances technologiques émergentes, pour se concentrer sur celles qui amélioreront les performances de leur organisation. L'édition 2024 du rapport TechnoVision de Capgemini sera publiée en janvier 2024.

www.capgemini.com/technovision

A propos de Capgemini

Capgemini est un leader mondial, responsable et multiculturel, regroupant près de 350 000 personnes dans plus de 50 pays. Partenaire stratégique des entreprises pour la transformation de leurs activités en tirant profit de



toute la puissance de la technologie, le Groupe est guidé au quotidien par sa raison d'être : libérer les énergies humaines par la technologie pour un avenir inclusif et durable. Fort de 55 ans d'expérience et d'une grande expertise des différents secteurs d'activité, Capgemini est reconnu par ses clients pour répondre à l'ensemble de leurs besoins, de la stratégie et du design jusqu'au management des opérations, en tirant parti des innovations dans les domaines en perpétuelle évolution du cloud, de la data, de l'Intelligence Artificielle, de la connectivité, des logiciels, de l'ingénierie digitale et des plateformes. Le Groupe a réalisé un chiffre d'affaires de 22 milliards d'euros en 2022.

Get The Future You Want* | www.capgemini.com

**Capgemini, le futur que vous voulez*