

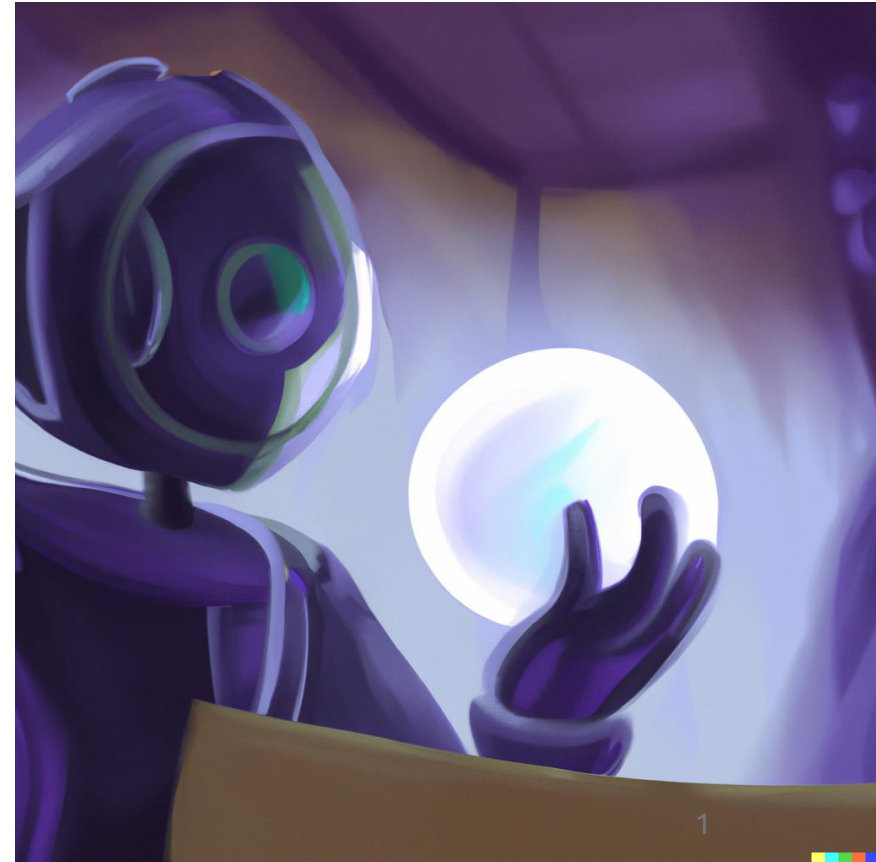
futuribles

Forum prospectif des territoires Territorialiser les travaux de prospective



Atelier 3 2 octobre 2024

Les SIAG au service des politiques des
territoires ?



Les IA génératives sont sous les feux de l'actualité depuis fin 2022 et font depuis l'objet d'une appropriation très rapide de la part de la population et des organisations. Par ailleurs, les innovations techniques se succèdent, la réglementation commence à s'organiser, tandis que les études se multiplient sur les impacts potentiels des IAG notamment sur l'emploi.

Au-delà de cette actualité bouillonnante, il apparaît utile de dresser quelques perspectives d'avenir : quelles tendances structurantes pour le devenir des IAG ? Quelle évolution des besoins de la part des territoires ? Et quels types d'implications des IAG sur le devenir des territoires ?

La présente note vise à apporter quelques points de repères et pistes de réflexions à ce vaste sujet.

1/ Les SIAG : un « objet »
nouveau et multifacettes :
de quoi parle-t-on ?

Éléments de définition

Les **Intelligences Artificielles Génératives (IAG)** sont une catégorie spécifique de systèmes d'intelligence artificielle (IA) qui se caractérisent par leur **capacité à générer de nouvelles données, des contenus ou des créations originales**, souvent basées sur des modèles préexistants. Contrairement aux systèmes d'IA classiques qui sont généralement conçus pour effectuer des tâches spécifiques et limitées, les IAG sont conçues pour être plus **créatives et innovantes**.

IA Faibles

Les IA faibles, qui existent depuis les années 1990, continueront de progresser, avec des capacités plus fortes en apprentissage automatisé, en traitement de données. Ce type d'IA permet des gains de productivité et d'efficacité, tout en réduisant le taux d'erreurs (du moins humaines). Il représente encore aujourd'hui une grande part des usages industriels de l'IA, y compris dans les secteurs du jeu vidéo et de l'animation.

IA Génératives

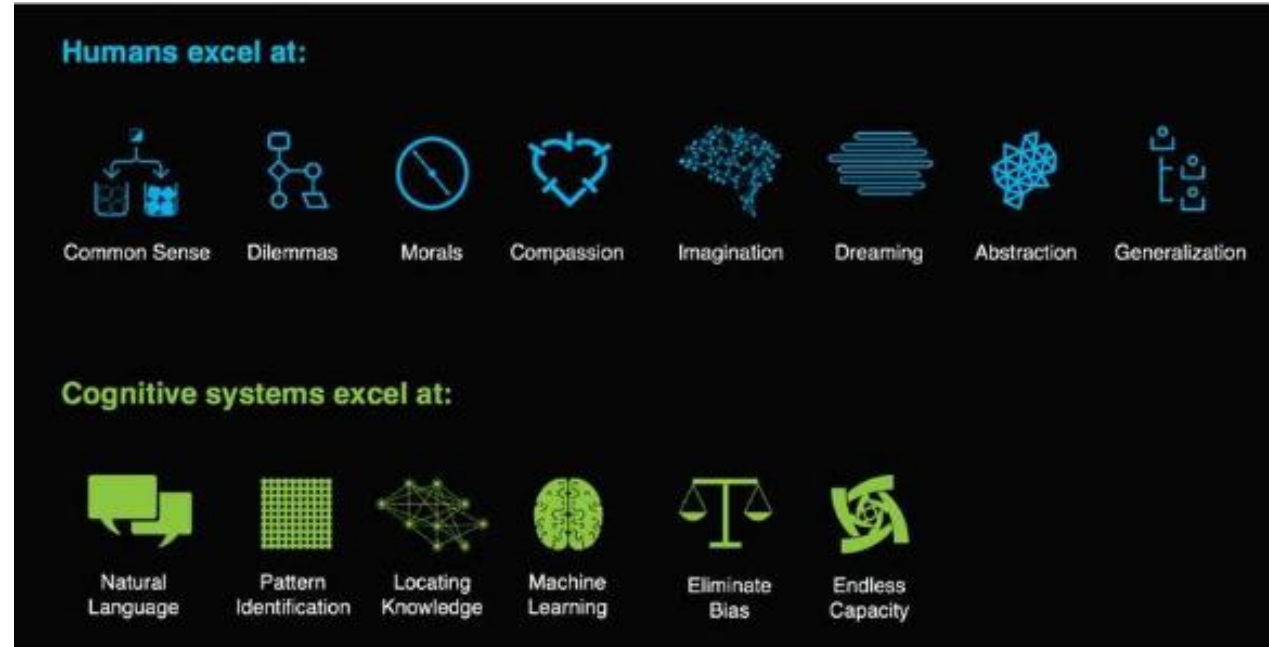
Les IA génératives, qui « génèrent » du contenu à partir de modèles d'apprentissages, ont des incidences très différentes de l'IA faible : création de contenus et aide à la créativité, aide à l'analyse et à la synthèse de données, etc.). Les IAG ont déjà un impact majeur dans le processus créatif. A l'avenir, leur meilleure intégration aux outils spécifiques des créateurs continuera de transformer drastiquement ces métiers.

IA Générales

Les IA générales, ou « capables » annoncées pour 2040 par certains, pourraient permettre la création de systèmes susceptibles de s'adapter sans l'intervention humaine, de planifier et organiser la recherche scientifique, de permettre des simulations complexes et adaptatives (jumeau numérique), de résoudre des problèmes multidimensionnels en temps réel... Les perspectives demeurent cependant très incertaines, du fait de freins et défis techniques, réglementaires, éthiques, environnementaux, etc.

Éléments de définition

- **Spécificité** : générer de nouveaux contenus à partir d'un corpus de données d'entraînement
- Utilisation dans de **nombreux domaines**, avec **deux atouts** :
 - Productivité, efficacité
 - Créativité, innovation, exploration de nouvelles idées



Les IAG utilisent généralement des algorithmes d'apprentissage automatique, en particulier des réseaux de neurones artificiels, pour analyser et apprendre à partir d'un ensemble de **données d'entraînement**. Elles sont capables de **générer de nouvelles informations, des images, de la musique, du texte ou d'autres formes de contenu en s'inspirant des modèles qu'elles ont appris**. Par exemple, une IAG formée à partir d'un large corpus de poésie pourrait générer de nouveaux poèmes dans un style similaire.

Ces systèmes génératifs ont suscité un grand intérêt et ont été utilisés dans **divers domaines** tels que l'art, la musique, l'écriture créative, le design et même la création de visages réalistes. Ils offrent des possibilités innovantes et parfois **surprenantes** en matière de **créativité** et d'exploration de **nouvelles idées**.

IAG : les cas d'usages

Automatisation du processus de rédaction de contenu, réduction de l'effort de réponse, amélioration de la précision pour les questions techniques, résumé des informations complexes dans un récit cohérent, adaptation du ton et du style à l'utilisateur



Optimisation de processus de création artistique (audiovisuel / cinéma)



	IT	Marketing / Vente	HR / Juridique	Autres
Intelligence documentaire	Assistance au développement Relecture documentaire	Automatisation tâches de vente courante Analyse et résumé de commentaires clients	Assistant au suivi RH Contrôle de conformité légal, analyse des contrats	Résumé de réunions et d'échanges internes Recherche d'avis sur un produit, un sujet interne à l'entreprise
Génération de contenu	Génération de code et de documentation Génération de données pour les tests	Création de contenu de communication Création de contenu pour les réseaux sociaux	Contenu pour les newsletter Génération d'offre de recrutement	Génération d'interface web personnalisée Création de produit, de molécules, de matériaux
Interactions	Génération de scénarios de test Création d'environnement de simulation	Génération de campagnes marketing ChatBot, FAQ produit	Formateur virtuel et assistant on-boarding Rédaction de clauses contractuelles simples	Proposition de réponse aux tickets support client Génération de visite virtuelle immobilière



Modélisation / simulation / planification (dont jumeaux numériques). Créer des modèles prédictifs en finance, générer des scénarios de risques (économique)

Optimisation de systèmes complexes et maintenance prédictive. améliorer leurs processus de contrôle qualité et de détection des défauts, repérer les pièces défectueuses

Interaction homme-machine, assistance à la prise de décision

IAG : un cadre réglementaire encore émergent, des questions éthiques

- Biais potentiels dans les données d'entraînement et les paramètres de traitement
- Protection des droits d'auteur notamment pour les données utilisées
- Sécurité et fiabilité des données de sortie : quelle responsabilité est engagée, celle de l'utilisateur final et/ou des concepteurs ?
- Effets ambivalents sur les métiers et les compétences, entre destruction d'emploi et facteurs d'émancipation. Les quelques projections ne sont pas concordantes, ni sur l'ampleur des effets ni sur leur nature :
 - 5,5% de l'emploi total affectés dans les pays à revenus élevé ([OIT 2023](#)),
 - 40% à l'échelle mondiale (60% dans les pays à revenus élevés) dont la moitié de manière bénéfique et l'autre moitié concernée par le remplacement de tâches essentielles ([FMI 2024](#))...
 - A l'échelle française, 1,4M d'emploi pourraient être « augmentés » et 0,8M pourraient être détruits ([Roland Berger 2023](#))
- Efforts de réglementation importants et précoces, à la fois dans l'UE et aux EUA, mais :
 - Quelle capacité des réglementations à contrer les risques et biais liés à l'utilisation des IAG ?
 - Quel impact sur la capacité d'innovation des acteurs de l'IA ?

Le développement et l'utilisation des IAG nécessitent **une réflexion approfondie pour encadrer leur utilisation de manière responsable et éthique, tout en favorisant leur potentiel d'innovation.**

Des technologies intégrées à des écosystèmes complexes

Les IAG ne s'envisagent pas de manière isolée, mais intégrées à des écosystèmes complexes, servant de levier pour apporter des solutions à des problèmes spécifiques (simulation, optimisation,...). Plusieurs aspects « hard » et « soft » sont en effet indispensables :

- L'articulation avec des **techniques et outils** permettant de générer des services intégrant l'IA : vision artificielle, la reconnaissance de la parole, la traduction automatique... avec le rôle des réseaux multi-agents qui coordonnent l'action des différents outils d'une solution d'IA.
- Les **données** mobilisées par l'IA, qui doivent être collectées, qualifiées et traitées.
- Les **algorithmes** et approches mathématiques sur lesquelles ces techniques et outils sont construits, incluant les méthodes de machine learning, les réseaux de neurones, les nombreuses méthodes de deep learning et les moteurs de règles, etc.
- Les **capacités de traitement** des puces, leur architecture.

... sachant que la tendance est à des solutions de plus en plus modulaires, directement utilisables (ex : ChatGPT, mais aussi des outils d'optimisation, d'aide à la décision...).

2/ Horizon 2040 : quelles perspectives pour les SIAG ?

Les IAG, un développement à inscrire dans un contexte de forte expansion de l'économie de la donnée

Economie de la donnée : système dans lequel l'exploitation de la donnée permet de générer de la valeur économique. Éléments clés de la création de valeur : maîtrise d'une vaste quantité de données, capacité à répondre très rapidement aux attentes des utilisateurs.

L'économie de la donnée va connaître un déploiement exponentiel à horizon 2035, qui sera tiré par plusieurs moteurs :

- L'arrivée à **maturité des technologies** de dispositifs de réalité virtuelle et de jumeaux numériques, adossées à un usage massif de l'intelligence artificielle.
- Le développement très rapide des **réseaux centralisés et décentralisés** (5G, 6G, objets connectés, Web3, constellations de satellites), et leur corollaire : la production de volumes toujours plus massifs de données + progrès très notables en matière de capacités de traitement (calcul à haute fréquence, arrivée du quantique ou la diffusion très large des IA génératives).
- La valorisation croissante, par les acteurs économiques, de la **donnée pour générer des services et créer de la valeur** en tirant parti de l'immédiateté, de la personnalisation et de l'échelle de plus en plus étendue (du local au global) de la collecte de données. Deux modèles économiques différents :
 - La capacité à fournir très rapidement, pas cher et à un vaste public, un très grand nombre de données peu traitées
 - La capacité à répondre à un besoin précis, en fournissant à un coût plus élevé un service à plus forte valeur ajoutée.
- Enfin, la **diffusion massive des technologies et des usages numériques** dans les différents secteurs économiques, qui suscite de plus en plus de demandes en termes de traitements de grandes quantités de données, de télécommunications et de géolocalisation, de monitoring ou de pilotage de systèmes complexes.

Ainsi, en 2035, cette **économie de la donnée occupera très certainement une place centrale dans la dynamique de création de valeur**.

La maîtrise d'une vaste quantité de données, ainsi que la capacité à répondre très rapidement aux attentes des utilisateurs constitueront des paramètres de plus en plus stratégiques pour s'imposer sur le marché. Dans ce contexte, l'intelligence artificielle jouera un rôle essentiel, car elle se nourrit de la donnée pour la transformer en « connaissances » directement exploitables, un puissant facteur de « traction » sur le marché

On va donc assister au développement d'**écosystèmes techniques et informationnels complexes**, au sein desquels l'IA jouera un rôle essentiel (se nourrit de la donnée pour la transformer en connaissances directement exploitables).

Les IAG, un développement à inscrire dans un contexte de forte expansion de l'économie de la donnée

Le schéma de la page suivante est extrait d'une étude prospective réalisée par Futuribles pour le Centre national d'études spatiales en 2022-2023, concernant les perspectives d'évolutions de l'économie de la donnée à horizon 2035.

Que faut-il retenir de ce schéma ?

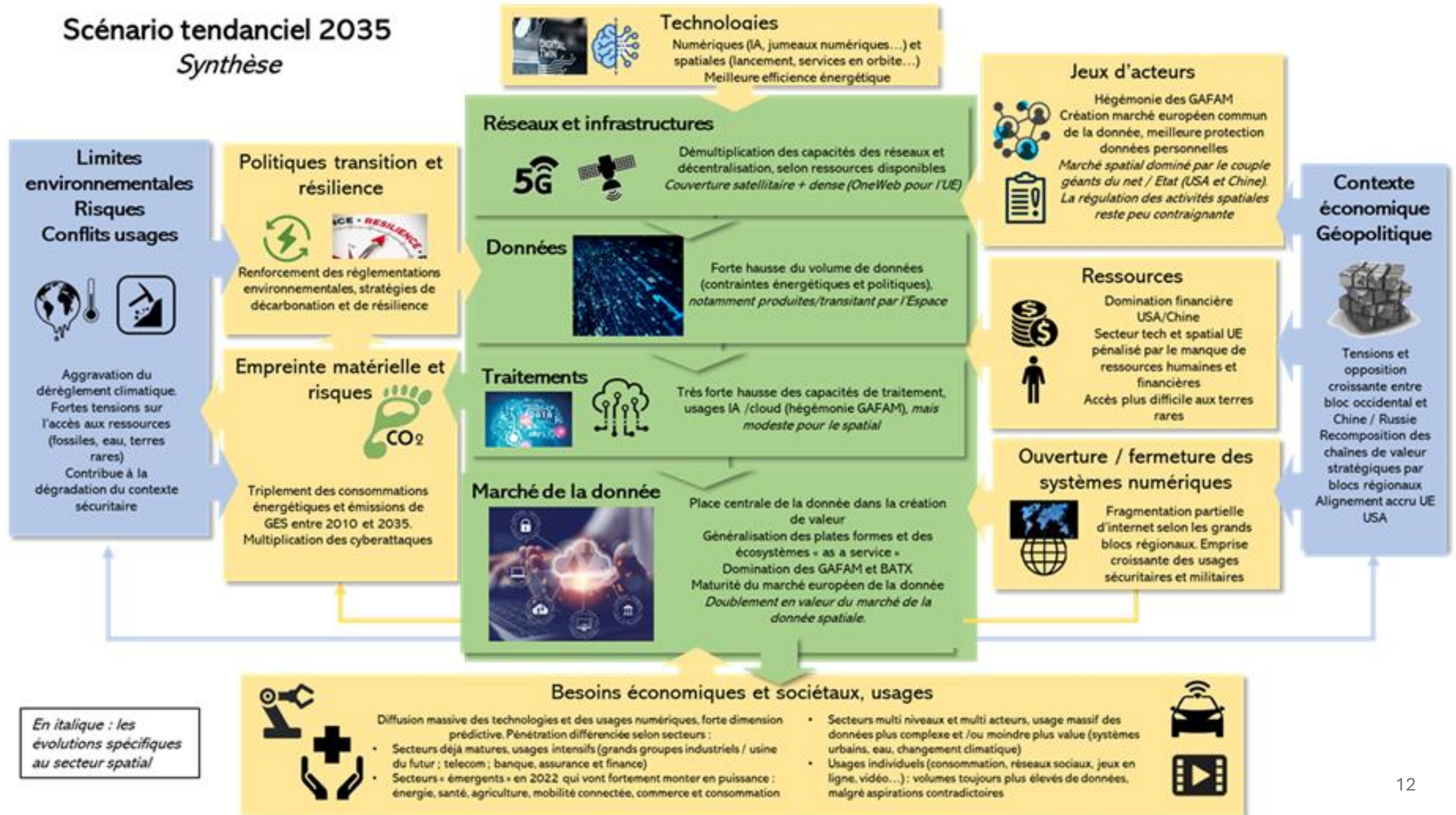
Evolution de l'économie de la donnée : au-delà du mouvement général, on va de plus en plus assister à l'émergence d'écosystèmes complexes qui se situent au carrefour d'évolutions multiples :

- La notion de chaîne de valeur de la donnée.
- Des systèmes de création de services à forte valeur ajoutée, en réponse à des besoins spécifiques (santé, mobilité autonome, finance, monitoring climatique... avec donc à chaque fois des écosystèmes d'acteurs spécifiques).
- Des jeux d'acteurs essentiels à prendre en compte : domination de plus en plus forte des géants du net (USA, Chine) dans cette économie de la donnée, dans un contexte géopolitique conflictuel.
- Un contexte environnemental de plus en plus contraignant.

Une transformation majeure au carrefour d'évolutions structurantes

Scénario tendanciel 2035

Synthèse



Des évolutions techniques à anticiper

Imprévisibilité des systèmes auto-apprenants

Sam Bowman, professeur et chercheur sur l'IA à l'Université de New York :

Les programmes informatiques traditionnels disposent de règles explicitement codées. ChatGPT lui, apprend à détecter et à prédire des modèles au fil du temps. De par cet auto-apprentissage, il est difficile d'expliquer précisément comment fonctionnent ces outils d'IA générative comme ChatGPT ou ce qu'ils feront, ajoute Bowman. Cela peut conduire à des scénarios imprévisibles et même risqués. Par conséquent, il sera tout aussi difficile de les contrôler de manière fiable. C'est comme planter une graine sans savoir quelle forme exactement prendra la plante bien qu'on connaisse le processus de développement.

Source : *Le Big Data*, « Comment fonctionne ChatGPT »

Indétectabilité des contenus générés par IA

Une expérience montée par deux chercheurs américains a montré que des experts en langage avaient du mal à identifier des textes écrits par une IA. 72 experts ont été confrontés à quatre extraits d'articles académiques pour leur demander de dire lesquels avaient été écrits par des auteurs humains et lesquels par le chatbot d'OpenAI. Ces linguistes ont donné moins de 39% de bonnes réponses. "La plupart des répondants a eu deux mauvaises réponses ou plus sur 4, dans les deux sens [ils ont jugé un article humain comme écrit par ChatGPT et inversement, ndlr] ».

Source : *Science et Avenir*, « 72 linguistes démunis face à ChatGPT »

Amélioration du ratio puissance / efficacité et enjeux énergétiques

Développement de modèles de petite taille pouvant dépasser les performances des grands modèles, combinaison de la génération et de la reconnaissance d'image au sein d'une même architecture...

Cet axe de développement est aussi lié aux enjeux énergétique et écologiques liés à l'utilisation des IAG – on estime qu'une requête adressée à une IAG consomme en moyenne 4 à 5 fois plus d'énergie qu'une requête adressée à un moteur de recherche classique – cela sans compter l'énergie nécessaire à l'entraînement des modèles IAG.

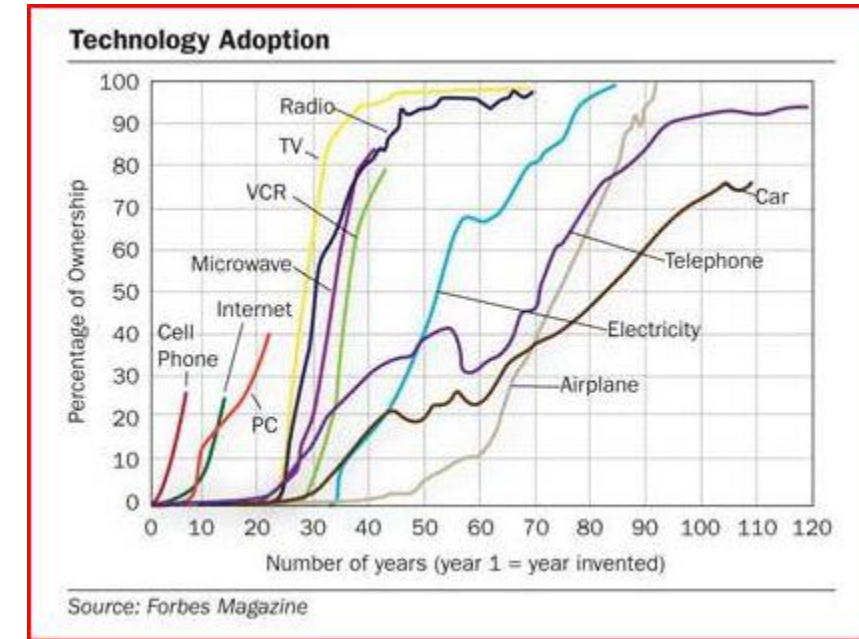
Des évolutions techniques à anticiper

En synthèse :

- **A court terme, une probable phase de stabilisation technologique**, liée au temps d'appropriation par les acteurs économiques, mais aussi au décalage observé entre les promesses et investissements d'une part, et les retombées économiques réelles. Les discours sur l'existence d'une bulle IA sont de plus en plus prégnants, avec de premiers soubresauts économiques et financiers, et l'ampleur de cette dernière, si elle venait à éclater, pourrait donner un coup d'arrêt plus ou moins prolongé au développement des technologies et solutions IAG.
- **A plus long terme, vers des modèles d'IAG plus autonomes et fonctionnant plus « collectivement »**.
Emergence possible d'une IA « capable », c'est-à-dire à même de réaliser des tâches et raisonnements complexes en autonomie.
Pour aboutir à une conversation plus réaliste, les IA devront aussi pouvoir poser leurs propres questions et que celles-ci ne soient pas hors contexte.
L'IA est généralement individuelle. Cette IA pourrait devenir une intelligence collective. L'IA collective a fait discrètement son apparition dans le domaine de la robotique : des drones peuvent communiquer entre eux pour voler en formation. Dans le futur, de plus en plus de robots pourraient communiquer entre eux pour accomplir toute sorte de tâches.
Source : *Science Presse (Québec)*, « Quelques réflexions sur ce que pourrait être le futur de l'intelligence artificielle »

Quelle appropriation de l'IAG ?

- Il est important de ne pas occulter le temps d'appropriation des nouvelles technologies, et la réalité de leur diffusion dans les différentes dimensions de la société. Le développement de modèles d'IAG grand public est encore très récent (2022).



- Par ailleurs, l'appropriation des IAG dépendra aussi du contexte sociétal et de leur acceptabilité par la population. Le contexte de montée en puissance des préoccupations écologiques ainsi que des contraintes énergétiques risque de peser sur le développement de solutions technologiques aujourd'hui très énergivores¹.
- La possibilité de mouvements de rejet de l'usage des IAG ne doit pas non plus être occultée, alors que de plusieurs signaux faibles sont aujourd'hui perceptibles (cf. décisions d'interdiction dans certaines collectivités et entreprises, mouvements de grève dans le secteur audiovisuel aux USA).

¹ : https://www.sciencesetavenir.fr/high-tech/intelligence-artificielle/ia-generative-sa-surconsommation-energetique-par-rapport-a-une-simple-requete-internet-a-ete-chiffree-et-elle-est-considerable_180779

3/ Les territoires en 2040 :
quels besoins et quels types
d'usages ?

Quels territoires en 2040, et quels types de besoins ?

Les territoires disposent d'une quantité extraordinaire de données,
de natures et de sources très différentes...

...des besoins considérables (transition, adaptation, réponses aux
besoins d'une population plus âgée...)

Les IAG comme leviers pour faciliter et accélérer la réorientation
des politiques et le déploiement de solutions adaptées ?

Or, ces données sont souvent peu valorisées au service de la
connaissance du territoire, et de la conception et du pilotage des
politiques locales. Or les besoins de réorientation, de transformation
et de pilotage de ces politiques locales sont considérables.

Quelles perspectives le développement des IAG représentent-elles à
cet égard ? Quels leviers, promesses et risques ?



SIAG : quels types d'usages pour les territoires ?

Lecture théorique (les promesses pour demain !) :

- Modélisation urbaine et planification territoriale (génération de scénarios d'aménagement fondés sur des modèles urbains, optimisation de l'usage des sols...)
- Analyses prédictives pour les politiques publiques (prévisions démographiques ou économiques, simulation des effets des politiques publiques...)
- Gestion des ressources naturelles et de l'environnement (surveillance qualité de l'air et de l'eau, optimisation des réseaux de distribution...)
- Relation usagers (agents conversationnels avancés pour améliorer l'accessibilité des services dématérialisés et résoudre des situations complexes, personnalisation des services publics...)
- Amélioration de la sécurité et de la gestion des crises (modélisation des risques et stratégies d'anticipation, gestion des flux de population...)
- Optimisation des systèmes de transport et de mobilité (optimisation des réseaux de transport, solutions de mobilité partagée...)

Tout en ayant en tête les **limites** :

- Croisement des bases de données : promis depuis longtemps mais pas effectif
- Quantité de données : seront-elles suffisantes sur les territoires ? Pas du tout le cas pour la santé par exemple

Des conditions cadres qui sont en train de changer et vont continuer à changer de manière rapide et structurelle

Conditions climatiques stables et prévisibles => réchauffement et dérèglement climatique, climat local très différent (impacts sur les risques, l'agriculture, le tourisme, la santé...)

Pendant 50 ans modèle résidentiel extensif ; double remise en cause : renchérissement des coûts de l'énergie et valeur désormais stratégique des terres agricoles

Population plus âgée (France : 27% de plus de 65 ans en 2050, contre 17% en 2013) avec des pratiques et des besoins différents (consommation, accompagnement, santé)

Stabilité relative du contexte géopolitique, de la disponibilité et des approvisionnements en eau, énergie, alimentation, matériaux...=> tension de plus en plus forte sur les ressources et perturbations de plus en plus fréquentes des approvisionnements

= va **nécessiter de fortes capacités d'adaptation de la part des territoires**

Des sociétés locales traversées par des **tensions, logique de fragmentation**. Besoin de réinventer la démocratie de proximité.

Les évolutions macro convergent pour rendre **de plus en plus impératives des stratégies territoriales pour renforcer l'ancrage local et l'autonomie, la résilience et de nouvelles solidarités** = repenser la place et le rôle du territoire dans son environnement

Les **trajectoires des territoires seront probablement de plus en plus divergentes**

Exposition et sensibilité différentes des territoires face aux changements climatiques, économiques ou géopolitiques

Contexte d'évolutions rapides et profondes (agriculture et alimentation, énergie, systèmes productifs, mobilités, systèmes de solidarité et de santé...), dont l'organisation dépendra de plus en plus de choix locaux, et avec des territoires qui ne disposent pas tous des mêmes moyens ni des mêmes capacités d'organisation

Quelques pistes d'hypothèses à discuter

Diffusion généralisée de solutions accessibles à tous, permettant d'optimiser les usages du quotidien. L'IA en tant qu'outil « démocratique », facilitateur des pratiques sur les territoires (mobilité, communication, accès aux services, pilotage de l'activité agricole...).

Une opportunité, associée à un risque : celle de voir s'accroître le recul physique des services publics, dans un contexte de forte tension budgétaire ?

L'IA en tant que **solution technique au sein de systèmes complexes** : un potentiel formidable, mais à condition de pouvoir mettre en place les écosystèmes associés : collecte et traitement de masses d'informations suffisantes, définition de l'architecture du système, pilotage, accompagnement des utilisateurs... Suppose des moyens budgétaires et techniques plus pointus (échelle métropole ou grande ville a minima). L'IA comme accélérateur des disparités croissantes entre territoires ?

L'IA comme outil pour faciliter le déploiement et le traitement de **dispositifs de démocratie en continu** ? Ou accentuation de la dépendance des décideurs territoriaux à des systèmes de décision semi-automatisée au fonctionnement opaque, pilotés par des acteurs privés ? Risque de perte de confiance dans la donnée et la qualité de la prise de décision ?

Sources et études

Sources Futuribles (2024) :

- [*Les systèmes d'intelligence artificielle générative \(SIAG\)*](#), analyse prospective de Pierre-Antoine MARTI et Jean-François SOUPIZET
- [*L'intelligence artificielle se jouera-t-elle de nous ?*](#), note de veille de Jean-François SOUPIZET
- [*Quel impact environnemental de l'intelligence artificielle ?*](#), note de veille d'Antoine Le Bec et Pierre-Antoine MARTI
- [*Numérique et Intelligence Artificielle*](#), repère Futuribles / ADEME / CSTB
- [*IA : notre ambition pour la France*](#), analyse de rapport de Jean-François SOUPIZET
- [*La Chine, leader mondial de l'IA d'ici 2030, grâce à Hong Kong ?*](#), note de veille de Patrick HEBERT

Autres sources :

- [*Artificial Intelligence Index Report 2024*](#) de l'Université de Stanford