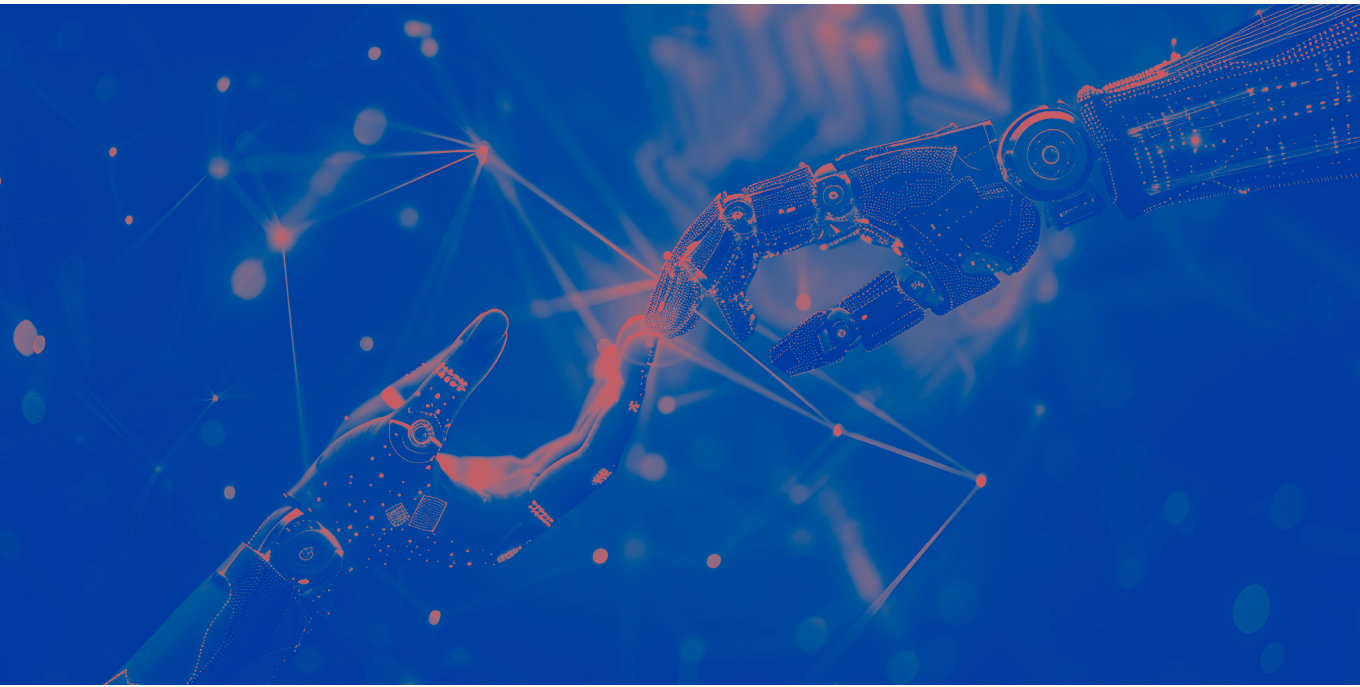


Convergence IA et quantique : comment favoriser les innovations de rupture ?

LOUISE FRION

| RESPONSABLE DE PROJETS NOUVELLES TECHNOLOGIES À L'INSTITUT MONTAIGNE

La convergence entre intelligence artificielle (IA) et technologies quantiques est aujourd'hui une réalité technologique et industrielle sur le plan mondial. Dans le secteur de la santé, de plus en plus d'entreprises utilisent des algorithmes de *quantum machine learning* pour simuler des interactions moléculaires complexes de manière plus précise. Dans le secteur financier, ces algorithmes permettent d'analyser simultanément de nombreuses variables pour optimiser les portefeuilles d'investissement et améliorer la gestion des risques. Ils sont aussi utilisés pour créer des modèles climatiques plus précis, en traitant des ensembles de données massifs et en simulant des scénarios complexes liés au changement climatique. Cette convergence fonctionne dans les deux sens : des algorithmes d'IA sont aussi progressivement intégrés aux ordinateurs quantiques pour améliorer la correction d'erreurs^[1], ce qui reste le principal frein technologique au passage à l'échelle des ordinateurs quantiques.



Pourtant, en Europe comme en France, cette dynamique peine à se déployer pleinement, en l'absence d'un projet politique visant à faire advenir des technologies de rupture. Comme le souligne le rapport Draghi, la compétitivité européenne s'érode de manière structurelle, faute d'investissements technologiques à la hauteur des enjeux. Cette faiblesse se traduit notamment par l'incapacité récurrente à mobiliser des tickets d'investissement supérieurs à 100 millions d'euros, pourtant indispensables pour accompagner les projets *deeptech* dans leurs phases critiques. Résultat : l'Europe se retrouve prise en étau, entre un écart de PIB agrégé avec les États-Unis qui s'est creusé de 15 % à 30 % en vingt ans, et la progression rapide du PIB chinois, qui tend à rattraper celui de l'Union européenne.

Face à ce constat, il est urgent de refonder nos modèles de financement de l'innovation, en tenant compte des spécificités des technologies deeptech : des investissements lourds, des cycles longs et des rendements incertains mais à fort potentiel systémique.

À cet égard, la convergence entre IA et quantique révèle les contradictions d'une politique industrielle européenne qui peine encore à se donner les moyens de ses ambitions.

La convergence IA et quantique ou le paradoxe du financement de l'innovation de rupture

Un socle commun : le besoin d'infrastructures critiques

Malgré des trajectoires technologiques très différentes, l'IA et le quantique ont en commun un besoin important de puissance de calcul, dans un contexte où le besoin global pourrait atteindre près de 60 exaflops^[2] en 2030 à taux de croissance constant. Leur montée en puissance repose sur l'accès à des infrastructures avancées, capables d'exécuter des modèles de grande complexité. Elle nécessite d'investir dans des supercalculateurs, des *datacenters* à haute performance - à cet égard, les *datacenters* dits « modulaires » capables d'héberger des supercalculateurs dans des formats plus compacts et déployables plus rapidement sont très prometteurs - et des réseaux interconnectés spécialisés et adaptés aux architectures numériques hybrides (du *cloud computing* à l'*edge computing* en tirant parti des réseaux de 5G privés).

Un problème structurel : des temporalités d'investissement différentes

Les temporalités de développement de l'IA et des technologies quantiques diffèrent profondément de celles d'autres innovations de rupture comme le *cloud computing* ou l'automatisation. Ces dernières

évoluent selon des cycles courts, et sont portées par une logique d'itération rapide, de *time-to-market* plus agressive et d'obsolescence programmée, tandis que l'IA et les qubits avancent par paliers lents, confrontés à des verrous technologiques lourds, à une maturation étalée sur cinq à dix ans et à une faible visibilité commerciale à court terme.

La difficulté principale tient toutefois moins à leur lenteur qu'au malentendu persistant sur la nature même de leur valorisation. En effet, les preuves de concept, dites « POC », sont souvent jugées décevantes ou inefficaces car elles ne génèrent pas de retour sur investissement immédiat.

Or leur finalité n'est pas d'optimiser un processus existant mais de tester une hypothèse dans une logique probabiliste, où l'échec est la règle, la réussite l'exception, et où une seule percée peut redéfinir un marché entier.

C'est cette dynamique qui a permis, entre autres, l'apparition d'un nouveau modèle de décision comme celui de la voiture autonome, d'un saut disciplinaire comme AlphaFold, ou d'un changement d'échelle comportemental comme avec les modèles de fondation de type ChatGPT, Claude, Gemini, etc. Dans ce contexte, il est non seulement logique, mais même nécessaire que l'immense majorité des POC IA ou quantiques n'aboutissent pas, car leur rendement n'est ni linéaire ni immédiat. Les efforts d'investissement sont justifiés par les effets multiplicateurs systémiques de ceux qui fonctionnent.

Prendre des paris stratégiques avec méthode, un enjeu clé pour les 5 prochaines années

Un point de départ politique : quel projet économique pour les *deeptechs* ?

La question est d'abord politique, car il ne s'agit pas de « croire » dans une technologie, mais de décider quels usages, quels modèles économiques, quelles chaînes de valeur nous voulons voir émerger sur le sol européen. Est-il stratégique, dans les années à venir, de disposer de capacités de simulation mo-

léculaire, de chaînes logistiques plus résilientes optimisées par des architectures hybrides, ou encore d'une cybersécurité européenne capable d'absorber les ruptures algorithmiques à venir ? Comment mobiliser nos atouts, à commencer par la qualité de nos réseaux de télécommunication, la densité de nos écosystèmes de recherche et notre capacité énergétique, notamment nucléaire ?

Dans le contexte géopolitique actuel, marqué par un décrochage technologique important, cela implique de construire une méthode claire pour orienter l'investissement public et privé vers des paris d'avenir.

Il ne suffit plus d'optimiser le ratio coût/bénéfice à court terme, mais d'anticiper les points de bascule, y compris lorsqu'ils paraissent hors d'atteinte comme l'étaient les constellations de satellites grand public au moment où OneWeb a commencé à y travailler.

Cela suppose aussi une inflexion culturelle majeure car en matière de *deeptech*, l'échec ne représente pas une perte, mais un levier d'apprentissage et d'exploration, sans lequel aucune rupture ne peut advenir.



Pour un meilleur partage du risque entre l'État et les entreprises

Si l'État ne peut se substituer aux investisseurs privés, les grandes entreprises doivent cesser d'adopter des postures d'attente ou de simples acheteuses de solutions stabilisées. La priorité de l'action publique doit être de permettre à chaque acteur d'opérer dans des conditions favorables, avec un minimum de contraintes administratives ou normatives là où celles-ci sont contre-productives. Plusieurs pistes sont intéressantes, comme l'expérimentation sur des jeux de données publics ou sectoriels, la réduction des freins réglementaires à l'usage de capacités de calcul mutualisées ou de plateformes hybrides, ou encore la création d'environnements juridiques visant à faciliter le transfert technologique.

En ce qui concerne les modèles d'IA les plus avancés, qu'ils soient linguistiques ou multimodaux, l'entraînement représente une phase amont très intensive en capital, où le retour sur investissement est à la fois incertain et différé. À ce stade, le financement public est non seulement légitime mais indispensable pour structurer une puissance de calcul européenne. En revanche, au moment de l'inférence — soit la mise en situation réelle du modèle — ce sont les acteurs industriels et privés qui doivent prendre le relais, car il s'agit alors d'arbitrages métier, de stratégie de déploiement et d'appropriation sectorielle, au cœur de leur responsabilité économique. Trop d'entreprises françaises et européennes se désengagent de cette phase amont, préférant intervenir une fois la technologie mature.

Or, c'est précisément dans cette phase d'incertitude que se joue l'avantage concurrentiel. Attendre que l'État « dérisque » tout, c'est renoncer à peser sur la direction même des grandes recompositions industrielles.

Sortir de la course à la puissance brute : quel modèle européen pour l'IA et le quantique ?

La convergence entre IA et technologies quantiques ouvre une trajectoire alternative à celle d'une IA fondée sur la puissance brute, l'accumulation de données et l'hypercentralisation des ressources par quelques acteurs intégrés, en combinant réduction de dimension et vitesse d'exécution pour concevoir des modèles plus légers, ciblés et performants dans une logique d'optimisation plutôt que d'expansion. Déjà perceptible à travers les modèles distillés ou les *small language models*, dits « SLM », capables

d'opérer hors des grandes infrastructures, ce déplacement ouvre la voie à une IA distribuée, adaptée au tissu économique européen, où la puissance de calcul est répartie entre le réseau, le traitement de données et les accélérateurs quantiques, et où la valeur repose non sur le contrôle d'une interface de programmation d'application (API), mais sur la capacité à agir localement, en tirant parti d'un maillage territorial existant.

1 Ensemble des techniques visant à compenser les erreurs inhérentes aux qubits — fragiles et instables — afin de rendre les calculs quantiques fiables, et l'IA y est de plus en plus utilisée pour détecter, prédire et corriger ces erreurs en temps réel. **2** Un milliard de milliards (10^{18}) d'opérations en valeur flottante par seconde.



LOUISE FRION

Louise Frion est responsable de projets nouvelles technologies à l'Institut Montaigne, un *think tank*. Avant de rejoindre l'Institut Montaigne en février 2024, elle a fondé une société de conseil spécialisée dans l'innovation de rupture.