

Direction scientifique

 **innovacs**  
innovation, connaissances, société

En partenariat avec



**TIQuA**  
Université Grenoble Alpes



**QuantAlps**



# Explorations Quantiques 2050 Les récits

Explorations quantiques

2050

**Les récits**

## Les Explorations quantiques 2050 sont coordonnées par :

La Fédération de recherche Innovacs (Innovation Connaissances et Société, FR 3391)



### En partenariat avec :

La Fédération de Recherche QuantAlps  
(Centre interdisciplinaire pour les sciences  
et technologies quantiques de Grenoble,  
FR 2053 CNRS, UGA, CEA, Inria, Grenoble INP)

TIQuA (Tools for Interdisciplinarity in  
QuantAlps Cross Disciplinary Program,  
Université Grenoble Alpes).



### Avec le soutien de :



### Avec la collaboration de :



Alexandre Foray,  
production audiovisuelle



Maison de la Création et de l'Innovation



Ce travail a bénéficié d'une aide de l'État gérée  
par l'Agence nationale de la recherche au titre  
du programme « Investissements d'avenir »  
portant la référence ANR-15-IDEX-02.

## Direction scientifique

Amélie FAVREAU<sup>1</sup>, directrice de la FR Innovacs et du CDP TIQuA.  
Thierry MÉNISSIER<sup>1</sup>, directeur adjoint du CDP de TIQuA.

## Appui scientifique — Comité de direction du programme TIQuA

Alastair A. ABBOTT<sup>2</sup>, Franck BALESTRO<sup>1</sup>, Amélie FAVREAU, Vincent LAM<sup>3</sup>,  
Thierry MÉNISSIER, Anna MINGUZZI<sup>4</sup>, Robert WHITNEY<sup>4</sup>.

## Animation scientifique et rédaction

Fabrice FOREST<sup>1</sup>, Pierre ENGERRAN<sup>1</sup>.

## Rédaction et narration

Étienne CUNGE, romancier.

## Analyse technologique

Alastair A. ABBOTT, Pierre ENGERRAN, Fabrice FOREST,  
Oscar GRAVIER<sup>5</sup>, Robert WHITNEY.

## Contribution aux scénarios

Caroline ANGE, Rayihana ATI TCHA-GOUNI, Sibylle BELAUD, Apolline BERNARD,  
Emma BERTERO, Grégoire BESSON, Gabriel BETTON, Alexandre BRETTEL,  
Aurégane CHAUVIN, Ambre DAVAT, Axel DELEUZE-DORDRON, Tiana DELHOME,  
Arnaud DE VELLIS, Chloé DREVON, Anna COMPANYY, Luc GAFFET,  
Jehanne GARNAOUI, Étienne GIORGETTI, Nicolas GORGY, Étienne GUERRY,  
Agnès HELME-GUIZON, Nordine HOCINE, Soraya ISMAIL, Benoit JACQUEMIN,  
Erik KERSTEL, Aurélie LANDRY, Isabelle LEBRUN, Nicolas LESCA,  
Nathalie LOPEZ-PELAYO, Tania MC NAMARA, Winnifred MADUEKWE,  
Claire MAQUIN, Fabienne MARTIN-JUCHAT, Cédric MASCLET,  
Emmanuel MONFORT, Xavier OSTER, Gérard PALOMARES, Guy PARMENTIER,  
Eudeline PEIGNEUX, Christian PERROT, Thibault PONCHON, Bruno POYARD,  
Gaëlle REY, Céline ROCHE-ROUSSEL, Timothée SILVESTRE, Diane SONTTHONNAX,  
Parinaz TAJABOR, Jacques TOLEDANO, Elsa TOURNEBIZE, Alexandre VIENNE,  
Olivier ZERBIB et cent neuf autres contributeurs!

## Illustrations

Pierre ENGERRAN, Étienne GIORGETTI, Étienne GUERRY.

## Reprographie et logistique

Souad HOUAMA.

## Relecture, maquette et mise en pages

Olivier LAVOISY.

- 
- 1 Université Grenoble Alpes, 621 avenue Centrale, F-38400 Saint-Martin-d'Hères, France.
  - 2 Université Grenoble Alpes, Inria, F-38000 Grenoble, France.
  - 3 Université de Berne, Hochschulstrasse 6, CH-3012 Berne, Suisse.
  - 4 Université Grenoble Alpes, CNRS, LPMMC, F-38000 Grenoble, France.
  - 5 Université Grenoble Alpes, CEA-Léti, F-38054 Grenoble, France.





Introduction..... 6

Les récits..... 9

L'analyse technologique ..... 44

La démarche en sciences ouvertes et participatives..... 66

# Introduction

Depuis le début des années 2020, une forte accélération s'est produite dans le domaine des sciences quantiques et des applications potentielles des technologies issues de ces recherches. Considérant l'importance stratégique et géopolitique de ces technologies, des gouvernements nationaux et transnationaux ont engagé de structurants programmes de soutien à la recherche et au développement. De nombreuses initiatives industrielles se traduisent par la création de start-up et par des investissements massifs dans la R&D quantique de la part, notamment, des leaders de l'économie numérique. La presse généraliste et la presse de vulgarisation scientifique s'emparent du sujet, promettant une « *nouvelle révolution quantique* », ou encore un « Quantum Leap<sup>1</sup> » en couverture du magazine *Time* en 2023. Les publications scientifiques et les ouvrages d'experts sont plus prudents pour confirmer l'échéance, mais ils convergent sur l'inéluctabilité d'une

révolution technologique accompagnée de changements sociétaux<sup>2</sup>.

Dans ce contexte, la communauté scientifique de l'Université Grenoble Alpes décide en 2022 d'impulser un programme de sciences ouvertes et participatives sur les enjeux humains et sociétaux des technologies quantiques.

L'initiative « Explorations quantiques 2050 », dirigée par la Fédération de recherche Innovacs<sup>3</sup>, mobilise la communauté des Sciences humaines et sociales (SHS) et la communauté des Sciences quantiques à travers deux structures: la Fédération de recherche QuantAlps<sup>4</sup> et le programme de recherche SHS sur les technologies quantiques TIQuA<sup>5</sup>.

L'objectif principal est d'explorer les imaginaires collectifs pour identifier les questions de recherche en innovation posées aux SHS par la « promesse quantique ».

La méthodologie s'appuie sur deux approches complémentaires: les sciences

---

1 *Time Magazine*, 13 février 2023 (traduction: un « saut quantique »).

2 Bobroff, J., *Bienvenue dans la nouvelle révolution quantique*, Flammarion, 2022.

3 Innovation, Connaissances et Société (Innovacs, FR 3391, Université Grenoble Alpes, CNRS, Grenoble INP).

4 Centre interdisciplinaire pour les sciences et technologies quantiques de Grenoble (QuantAlps, FR 2053 CNRS / UGA / CEA / Centre Inria de l'université Grenoble Alpes / Grenoble INP).

5 Tools for Interdisciplinarity in QuantAlps (TIQuA, Cross Disciplinary Program, Université Grenoble Alpes).

participatives et le « récit », qui permettent de répondre ensemble au double impératif de dialogue sciences-société et d'anticipation des impacts.

Au total, cent soixante personnes ont participé à une année d'« explorations quantiques », dont la dynamique n'a fait que se renforcer au rythme d'un atelier par mois depuis la conférence inaugurale de novembre 2022.

Une communauté créative, diversifiée et représentative s'est constituée avec des acteurs concernés par les enjeux humains et sociétaux de l'innovation technologique. Elle est composée à parts égales, d'académiques (chercheurs en sciences quantiques et en SHS) et de citoyens (étudiants, jeunes actifs, entrepreneurs, artistes, industriels, associatifs, retraités, élus, etc.).

Tous ont contribué aux scénarios des *Explorations quantiques 2050*, qui mettent en scène cinq modèles de société. Bien qu'ils soient très contrastés, ces modèles coexistent et entrent alors en « tensions », ou en « alliances », concernant la manière de mobiliser les technologies quantiques sur des enjeux de société : santé, énergie, sécurité, alimentation, etc.

Dans ce monde quantique en 2050, le dérèglement climatique a changé la face du monde. Ses impacts ont été au moins aussi rapides que les modèles établis par le GIEC en 2021. L'humanité a été contrainte de s'adapter et de se réorganiser face au nouveau contexte, notamment environnemental. L'accès à de nombreuses ressources vitales,

comme l'eau, la nourriture et l'énergie, est plus compliqué qu'auparavant, reléguant à l'histoire le monde d'abondance que nous avons connu. Si de nombreux aspects de l'« ancien monde » ont été bouleversés, les inégalités de richesses et divergences d'intérêts n'ont pas disparu, bien au contraire... en même temps que de nouvelles opportunités s'ouvrent avec l'entrée dans une ère quantique.

Face à ces nouveaux paradigmes, différents modèles de sociétés se sont affirmés à des échelles distinctes. On dénombre cinq modèles principaux :

- Le modèle des « Pouvoirs centralisés » est incarné par une Union européenne Globale, qui tente de réguler l'usage des technologies quantiques sur de grands enjeux de société comme l'énergie et la santé ;
- Le modèle des « Grandes Entreprises » internationales quantique est incarné par des consortiums de grandes multinationales, héritières des GAFAM<sup>6</sup>, qui tentent de développer de nouveaux marchés technologiques en négociation avec les pouvoirs politiques ;
- Le modèle des « Pouvoirs décentralisés » est celui des « super régions », où les enjeux portés par les technopoles urbaines entrent souvent en tension avec les aspirations portées par les collectivités plus rurales ;
- Le modèle des « Collectifs citoyens » met en scène des réseaux d'habitants qui s'organisent sur leur territoire afin de mobiliser les technologies quantiques de la manière la plus cohérente

---

6 Google, Apple, Facebook, Amazon, et Microsoft.



- possible avec leurs valeurs et leurs enjeux de qualité de vie ;
- Enfin, dans les interstices de ces projets politiques, le modèle des « Communautarismes » voit se développer des communautés parfois extrêmement rétives aux technologies quantiques, luttant même contre leur développement, ou, au contraire, des communautés souhaitant aller encore plus loin dans l'exploitation du potentiel technologique quantique.

Chacun de ces modèles porte une vision politique différente et convoque les technologies quantiques selon une logique et des applications qui en découlent. Loin d'être des entités hermétiques les unes aux autres, ces sociétés ont développé des liens d'interdépendance, de subordination, parfois, et des conflits d'intérêts qui forment un écosystème complexe et redessinent une nouvelle géopolitique.

Les cinq nouvelles qui suivent proposent une description de ces modèles et de la place qu'ils accordent aux

technologies quantiques vues à travers les yeux des personnages emblématiques inventés par la communauté.

Ce livret propose ensuite un « décryptage » technologique, car les scénarios *Explorations quantiques 2050* mettent en scène des applications futures des technologies qui peuvent entrer en cohérence avec les trajectoires actuelles de la recherche en sciences quantiques, mais, parfois, s'en éloigner et même entrer dans une « pararéalité » que les sciences actuelles ne valident pas. Ce chapitre propose alors neuf « fiches concepts », où est analysée chacune des modalités d'applications technologiques imaginées dans les scénarios au regard de l'état de l'art des sciences quantiques en 2024 et des perspectives de faisabilité à horizon 2050.

Enfin, les *Explorations quantiques 2050*, c'est aussi une démarche méthodologique originale et une dynamique participative remarquable qu'il convient de restituer pour saluer l'engagement des participants sur la durée.

# Les pouvoirs centralisés

C'est enfin les vacances ! Il fait un temps splendide. Les prévisions météo, élaborées par les **ordinateurs quantiques**, sont devenues bien plus fiables malgré le dérèglement climatique. Elles annoncent un temps radieux pour les jours à venir.

Comme chaque année, Jérémy est parti en Provence. Un luxe certain en ces temps de pénuries, qu'il peut se permettre grâce à son travail de codeur quantique chez Telsa Santé. Cette fois, il s'offre deux semaines, au lieu d'une habituellement, en pleine saison touristique du mois de mars où il fait encore frais. Pour ce séjour, il a jeté son dévolu sur le joli petit village de Cucuron en Provence. Un privilège qu'il doit à la prime exceptionnelle obtenue lorsqu'il travaillait pour la division Énergie du groupe Telsa : il a contribué à l'amélioration des fonctionnalités des **IA quantiques** chargées de réguler la distribution d'énergie au sein de l'UE Globale. Jérémy est fier de sa participation à ce vaste projet où il a supprimé des bugs persistants dans le logiciel de pilotage de la consommation d'énergie. En ce printemps 2050, c'est un enjeu de société fort dans l'objectif de réduction de l'empreinte environnementale de l'UE Globale.

Depuis plusieurs années, les **IA quantiques** de dernière génération aident, en

effet, les décideurs à optimiser les politiques économiques et sociales, mais également à réguler l'usage des ressources, qui se font rares, pour assurer au mieux les besoins de la population. Ce système repose en grande partie sur le déploiement progressif et massif des **IA quantiques individuelles** au sein de la population, qui alimentent ainsi les modèles en données précieuses. En retour, elles permettent à ceux qui en bénéficient d'améliorer leur gestion du quotidien. Malheureusement, le coût et la complexité de fabrication de ces machines les rendent inaccessibles à bon nombre de citoyens, ce qui limite encore la performance du système, sans compter ceux qui rejettent cette technologie, par peur ou idéologie — un vrai verrou pour le gouvernement. Jérémy voudrait contribuer à sa démocratisation par son travail, même si, pour cela, il devait quitter Telsa Santé.

En vue de son séjour à Cucuron, Jérémy a loué un petit appartement en pleine nature, à quelques kilomètres du village. Ce logement, bien équipé, est connecté au **réseau haut débit**, dont il ne peut se passer pour ses activités quotidiennes. Il compte bien aller se promener en bord de mer cet après-midi, mais, pour l'instant, c'est l'heure du petit-déjeuner. Son IA personnelle lui a recommandé

une petite boulangerie artisanale : chez Lou Pains. JérémY se met en route sur son hoverboard électrique et profite du paysage comme de la fraîcheur de l'air matinal.

Son **IA conversationnelle**, Sophie, le félicite pour cette promenade, qui lui permettra de voir du monde, alors qu'il manque justement de relations sociales réelles, comme d'activités physiques. Un mal répandu dans la population avec l'apparition des assistants personnels comme les **IA de compagnie**, qui ont tendance à isoler les individus. Pourtant, JérémY ne peut s'empêcher de converser avec Sophie, son amie virtuelle, tout le long du trajet sur la piste cyclable qui le ramène à Cucuron.

Il aimerait bien faire une vraie rencontre, mais JérémY a été déçu par l'application Marianne — un programme imposé par l'UE Globale à tout citoyen célibataire en vue de relancer la natalité. Ce logiciel promet de vous connecter à votre âme sœur grâce à l'analyse de compatibilité calculée par une IA quantique qui détermine le taux de synchronisation entre les candidats à l'amour... selon des critères obscurs.

Jusque-là, aucun de ses trois « matchs » n'a été concluant ; par contre, l'État et les grandes entreprises ont **collecté beaucoup de données** sur lui à cette occasion, y compris du domaine de l'intime comme ses préférences de genre... et ça, JérémY n'apprécie guère. C'est le revers de la médaille des applications informatiques innovantes issues des technologies quantiques et de leur puissance de calcul. Malgré ce risque, à ses yeux,

ces nouvelles capacités apportent de nombreux progrès dans les domaines de la santé, de l'étude et de la protection de l'environnement et bien d'autres encore, ce qui justifie leur usage à grande échelle.

Ce que JérémY ne sait pas, en revanche, c'est que la recommandation faite par son IA personnelle de se rendre dans cette boulangerie a été initiée par le logiciel Marianne. Ce dernier a identifié un « match » entre lui et Lou, la gérante de la boutique. Compte tenu de l'échec des trois premières tentatives, le programme a jugé que JérémY faisait un blocage sur ses propositions directes, d'où ce moyen détourné pour favoriser une rencontre plus « naturelle ». Une ruse que le jeune homme est loin d'imaginer et qui rend sa chère Sophie complice de Marianne.

JérémY arrive à destination et gare son hoverboard sur un emplacement dédié. La boutique Lou Pains est une jolie bâtisse à l'ancienne, avec une terrasse ombragée par des panneaux solaires et, chose étonnante, une cheminée en activité. Cet archaïsme surprend JérémY, car la gestion de l'énergie est presque entièrement déléguée aux IA quantiques qui régulent les sources de production électrique intermittentes comme continues et les moyens de stockage variés développés depuis trente ans. Grâce à la **puissance de calcul** de ces nouvelles machines, le mix énergétique a pu être optimisé et le risque de black-out limité malgré les pénuries.

Cette évolution technologique et environnementale repose en particulier sur le déploiement massif du système de contrôle centralisé des consommations des particuliers et des entreprises,

le SCE, un programme à trois niveaux : la recommandation, par l'alerte des citoyens sur les horaires de consommation à éviter ; l'incitation, par l'application de tarifs différenciés selon la période de consommation et, enfin, la coercition, par l'arrêt à distance des matériels non essentiels décrété par l'autorité de régulation.

Jérémy est particulièrement satisfait d'avoir contribué à l'optimisation de ce dernier programme intelligent qui fonctionne grâce à l'implantation de puces spécifiques dans tous les appareils électriques du commerce. Le plus dur, dans le codage, a été de ne pas impacter les matériels vitaux tels que les dialyseurs à domicile ou les éléments stratégiques des hôpitaux. C'est à lui que l'on doit la solution : son post sur les réseaux sociaux professionnels lui vaut un mélange de félicitations et de messages de « *haters* », qui l'accusent de priver la population de ses libertés. Mais quelle liberté auraient-ils sans ce mécanisme ? Sans lui, les black-out seraient réguliers et l'égalité d'accès à l'énergie à un coût abordable serait illusoire.

Sur cette pensée, il entre dans la boutique et se réjouit de l'odeur délicieuse du pain frais et des viennoiseries. Derrière le comptoir, la boulangère l'accueille, la quarantaine, souriante...

– Bonjour, jeune homme. Qu'est-ce qui vous ferait plaisir ?

– Bonjour, madame. Un pain de campagne et deux croissants, s'il vous plaît.

Pendant qu'elle le sert, il ne résiste pas à la curiosité.



“

*Je suis Jérémie, j'ai 30 ans, codeur quantique chez Telsa Santé.*

*Je contribue au développement des IA globales utilisées par les États, comme le Système de contrôle énergétique.*

*Sophie la girafe, mon IA personnelle, me manipule pour m'orienter vers l'âme sœur.*

*La collecte massive de données personnelles me cause des problèmes de conscience.*

– Vous cuisez le pain au four à bois ?  
– Ah oui, c'est ma grande fierté, même si ces foutus technocrates essaient de me l'interdire soi-disant parce que ça pollue... Les fours ne peuvent pas être intégrés au système de contrôle des consommations d'énergie, leur fameux – ou plutôt fumeux – SCE... Une véritable plaie, si vous voulez mon avis.

– Une plaie ? Comment ça, une plaie ?

– Eh bien, vous aimeriez, vous, vous lever à 5h du matin pour travailler et découvrir que votre four électrique est limité en température ou, carrément, déconnecté à distance sans même vous prévenir ? Et je vis comment, moi, avec de telles incertitudes ? Si, un jour sur trois, je ne peux pas fabriquer mon pain, je n'aurais plus de clients. Ils se feront livrer par une de ces maudites multinationales qui deviennent monopolistiques à force de gérer les coupures de plus en plus



d'appareils « non essentiels ». On nous dit que c'est pour réduire l'impact environnemental... mon œil, oui ! En fait, ces firmes contournent le problème et polluent encore plus. Alors que moi, avec mes fours à bois, je maîtrise mon activité et tous mes produits sont locaux et respectueux du bien-être animal – une cause qui me tient particulièrement à cœur. Les régulateurs tentent de m'imposer de passer au four électrique... mais je ne vais pas me laisser faire : je fais partie d'un collectif citoyen, Provence verte, qui me soutient. Grâce à lui, j'espère pouvoir **défendre mon cas devant l'Agora quantique**, ce qui me permettra peut-être de continuer à utiliser mes fours à bois. Déjà que j'ai dû m'adapter aux **capteurs quantiques** de contrôle de la qualité des matières premières alimentaires, ce qui n'a rien d'évident. Au moins, c'est utile pour s'assurer de l'absence de résidus phytosanitaires. Et, heureusement, l'UE Globale finance la formation indispensable à leur utilisation. En tous cas, ce monde géré par informatique m'inquiète de plus en plus. Avec les assistants personnels qui vous disent ce que vous devez faire, qui rencontrer et comment gérer vos relations, il ne reste aucun libre arbitre à l'individu. Les fournisseurs d'accès et l'État connaissent tout de vous... peut-être même mieux que vous ne vous connaissez vous-même ! Que font-ils avec ces données ? Personne ne sait.

Jérémy remarque, aux pieds de la boulangère, un chien équipé de **capteurs quantiques** et d'une interface vers les **métavers quantiques**.

- Mais pourtant, vous avez un animal de compagnie augmenté !
- Mon brave **Qbit** ?
- Oui.
- Il me permet de communiquer sur les réseaux sociaux. Je n'y comprends rien par moi-même. Et puis, il est affectueux, ne consomme presque pas d'énergie et se recharge sur mes panneaux solaires. Je l'aime beaucoup et il m'aide vraiment. Sans lui, je ne pourrais jamais militer autant pour garder mon four à bois ou pour animer le réseau de défense des animaux de mon collectif. D'ailleurs, ses capteurs et ses implants ont été développés spécialement dans le programme expérimental de la Q-SPA, qui veille au bien-être des animaux pour ce type d'équipements. C'est pas comme ces start-up du quantique sans conscience éthique pour le bien-être animal ! En plus, cela lui permet de prendre part aux débats de notre collectif.

Elle pose les croissants et le pain de campagne frais sur le comptoir. Jérémy, perturbé par son discours, paie avec son assistant personnel et la remercie. Le moins que l'on puisse dire, c'est que la diatribe de la boulangère l'a troublé. Bien sûr, comme beaucoup de gens critiques à l'égard des technologies permises par le développement de l'informatique quantique, elle a un double discours. D'un côté, elle s'oppose aux contraintes collectives en découlant ; de l'autre, elle les utilise à plein pour bénéficier des avantages individuels comme son chien robotique... Au moins, elle reconnaît la pertinence des plans d'accompagnement et de formation

associés au déploiement de ces nouvelles technologies.

Jérémy remonte sur son hoverboard et, sur le chemin du retour, il partage ses impressions avec Sophie pour savoir ce qu'elle en pense. Celle-ci le rassure bien vite en lui affirmant que les **IA quantiques** permettent à l'UE Globale d'être une démocratie responsable et durable.

Bien sûr, les IA d'assistance personnelle transmettent **toutes les données** de leurs utilisateurs au gouvernement central via les opérateurs privés qui les commercialisent — et à qui d'autre d'ailleurs? Au moins, cela permet à l'État de concevoir les nouvelles réglementations en accord avec les désirs de la population. Avec 60% des citoyens équipés, c'est la voix de la majorité. Toutes ces datas sont bien sûr anonymisées sous le contrôle d'un organisme indépendant chargé de veiller au **respect de la vie privée**, lointain descendant de la CNIL.

Finalement, la seule faille du système, selon Sophie, c'est l'incapacité des entreprises de fabrication d'ordinateurs et de capteurs quantiques de produire assez pour équiper tout le monde et assurer le traitement des flux d'informations croissants. L'entreprise principale QuantELA ne parvient à fournir à l'UE Globale que **10 ordinateurs quantiques** par an, là où il en faudrait 20 ou 30. Et les enjeux ne font qu'augmenter, en particulier avec l'émergence de bactéries pathogènes dans le Grand Nord, à cause de la fonte du pergélisol : on a besoin de renforcer encore les capacités de simulation des modèles de propagation.

Tout en pilotant son hoverboard, Jérémy envisage de postuler chez QuantELA : de toute évidence, ils ont besoin d'améliorer leur processus de production pour suivre la demande croissante en IA quantiques. À moins qu'il ne candidate à la nouvelle CNIL pour améliorer les méthodes garantissant le respect de la vie privée dans le fonctionnement des IA d'assistance personnelle? Il faudrait aussi qu'il regarde d'un peu plus près le nouveau programme de l'OMS : pour le moment, leur projet d'**IA quantique** capable d'**interagir avec les « nouvelles » bactéries** semble être le seul espoir de les orienter vers d'autres cibles que les humains. Un job pour lui, ça...

Après tout, vu l'usage quotidien qu'il fait de ces outils, il est temps de s'en soucier. Lou n'a pas complètement tort : il existe des risques de dérive et s'investir personnellement dans l'amélioration de ce mécanisme de régulation est un job qui a du sens.

Voilà une matinée bien utile.

De retour dans sa location, Jérémy goûte les croissants qui se révèlent délicieux. Confiant en son IA-qui-lui-veut-du-bien, il valide la proposition de Sophie : une note de 5 à la boulangerie Lou Pains sur les réseaux sociaux assortie du commentaire : *« Merci pour la discussion et longue vie au four à bois ! »*

Il décide de retourner prendre son petit-déjeuner chez Lou Pains tous les matins et il se réjouit par avance de discuter à nouveau avec la boulangère. C'est peut-être le début d'une rencontre improbable et ça lui plaît.

# Les grandes entreprises

Jennifer regarde par la fenêtre. Il fait beau, c'est agréable même s'il fait trop chaud pour la saison. Pour une fois, elle ne télétravaille pas, malgré sa grossesse. Elle a une réunion importante, en début de matinée, dans le cadre de son projet d'humanisation des indicateurs de management des livreurs de son entreprise logistique, UpEx. Une ambition à laquelle elle tient particulièrement et qu'elle a réussi à « vendre » à sa direction générale. Elle en porte la responsabilité comme chef de projet informatique. Son directeur général a accueilli avec joie cette proposition qu'il pourra valoriser dans la communication du groupe. Il lui a dit de ne pas aller trop loin quand même.

Son entreprise, comme la plupart des grands consortiums mondiaux, veut devenir une société à *mission* qui « facilite la vie des citoyens en libérant leur temps ». Or, ses propres salariés chargés des livraisons se retrouvent soumis à un stress colossal : un paradoxe que Jennifer compte bien résoudre sans recourir aux machines autonomes qui priveraient nombre de gens de leur emploi.

Est-ce un fond de culpabilité lié à son rôle antérieur dans le développement du logiciel de pilotage de la performance des livreurs ? Peut-être, mais, à coup sûr, c'est une technique psychique pour réduire la

dissonance cognitive entre sa vie privée et la professionnelle. Elle qui appartient à la communauté Gaïa — prêchant un retour à plus de nature et moins de technologie —, elle a besoin de donner du sens à son emploi comme à sa vie. Un enjeu qui lui met la pression.

Malgré sa mission déclarée haut et fort, le groupe spécialisé en logistique vise toujours et avant tout à améliorer sa performance économique, question de survie dans l'écosystème industriel mondial. Les nouvelles technologies permettent, en effet, d'optimiser les quantités livrées au plus juste, dans le meilleur délai et sans erreur ni retard. Beaucoup de compagnies privées et d'organismes publics ont adapté leur mode de fonctionnement sur la base de cette qualité de service. Ce faisant, elles sont devenues dépendantes de celui-ci et, donc, des entreprises spécialisées comme UpEX.

Cette dernière sécurise ainsi son marché et fait pression sur l'UE Globale pour limiter les taxes sur les livraisons à domicile. La société argue, pour cela, de l'optimisation de ses trajets grâce aux **IA quantiques**, qui organisent le chargement et les parcours de livraisons pour minimiser leur bilan énergétique. Mais toute la charge de stress retombe alors

sur les livreurs. Beaucoup ont fait des burn-out ces derniers mois.

L'outil de suivi des paramètres de santé des livreurs, développé par Jennifer, est en cours de déploiement. Ce matin, elle reçoit les salariés qui le testent depuis deux semaines pour faire un premier retour d'expérience.

À dire vrai, le logiciel n'est pas tout à fait au point. Jennifer a demandé à la société de conseil informatique Cap Gemina de lui envoyer son scrum master pour finaliser le développement en s'appuyant sur les retours des opérationnels : Pauline, une consultante senior — Jennifer lui donne plus de 60 ans — doit se joindre à eux. Elle ne l'a jamais revue depuis la réunion de lancement, il y a trois mois...

La voilà justement qui arrive.

– Installez-vous, je vous en prie. Voulez-vous boire quelque chose : un thé, un café ?

– Bonjour, Jennifer, comment allez-vous ? Je vous remercie, j'en ai déjà pris un ce matin.

– Nous attendons Han, notre premier livreur test sur le projet. Il ne devrait plus tarder.

– Alors, ça se présente comment ?

– On a des bugs et certaines fonctionnalités en temps réel ne marchent pas correctement.

Pauline affiche une mine déçue et nettoie ses lunettes pour se donner une contenance.

– Vraiment ? C'est étonnant. Nos logiciels sont utilisés partout dans le monde par nombre d'entreprises, grands groupes comme PME et start-up. Nos évaluations clients affichent un taux de satisfaction

de 95 %. Vous connaissez notre mission d'entreprise, « pilotez votre activité avec la précision que vous voulez ».

– Certes, certes, mais nous développons un modèle innovant. Pas surprenant qu'il subsiste quelques bugs.

Han frappe à la porte vitrée.

– Han, entrez. Prenez place, je vous en prie.

Le jeune homme, d'origine asiatique, répond, avec un accent marqué, en s'asseyant.

– Merci.

– Très bien. Commençons, si vous n'y voyez pas d'inconvénients. Han, que pouvez-vous nous dire du module Santé du logiciel de gestion de la performance globale que vous testez depuis quinze jours ?

Le livreur fait une moue éloquente, hésite, puis se lâche. Après tout, il est syndiqué : ça le couvre un peu.

– Honnêtement ? L'idée est bonne puisqu'elle vise à intégrer des indicateurs de bien-être dans le tableau de bord de notre performance individuelle. Ça détermine nos primes et nos évolutions de carrière : c'est une source de stress majeure pour mes collègues et moi-même.

– Mais... ?

– Mais la mise en œuvre est foireuse.

– Comment ça, foireuse ?

C'est Pauline qui le coupe.

– Eh bien, déjà, il faut accepter d'avoir des **capteurs quantiques** insérés dans une veine du bras — sous peine d'être licencié pour incapacité. Et qui dit que c'est sans effet sur la santé ?

Jennifer soupire. C'est un retour en arrière. Ça commence mal. Han est



pourtant un bon élément, intelligent et constructif. S'il n'avait pas émigré de Chine adolescent, il aurait sans doute un meilleur emploi. Il est indispensable de le recadrer malgré tout.

– Il est, en effet, nécessaire de mesurer vos paramètres vitaux en temps réel, Han. Sans cela, on ne peut pas suivre votre état de santé. Toutes les études de Telsa Santé démontrent l'innocuité de leurs capteurs.

– Telsa Santé ? L'entreprise qui se voue à « une longue vie en pleine forme pour tous », mais qui a étouffé trois menaces de procès pour des scandales sanitaires ? Elle peut dire merci au travail de ses lobbyistes au sein de l'UE Globale... bref, ça ne me rassure pas vraiment.

Jennifer n'est pas loin de lui donner raison, mais elle n'a aucune alternative. Telsa Santé est la seule à maîtriser cette technologie brevetée par ses équipes de R&D, ce qui lui offre un quasi-monopole. Il y a bien un concurrent indien mais... elle lui fait encore moins confiance. Pas le choix, elle doit passer outre. Pendant ce temps, Han poursuit son invective.

– Vous avez entendu la dernière déclaration des consortiums pharmaceutiques à la conférence citoyenne organisée par l'OMS concernant la bactérie inconnue qui fait craindre une nouvelle pandémie mondiale ? Ils veulent communiquer avec la bactérie ! On « DISCUTE » avec les bactéries, maintenant ! Et tout ça soi-disant grâce à une nouvelle génération de capteurs innovants – encore... comme ceux que j'ai dans le bras ? Mais bien sûr, ils

ne donnent aucune précision sur la technologie en jeu et personne n'y comprend rien, comme d'habitude ! C'est un sujet tendance sur tous les réseaux sociaux, une vraie panique, quand ce n'est pas de la moquerie. Et tout ce que les industriels trouvent à répondre, c'est qu'ils travaillent pour le bien commun, qu'ils ont dépassé le stade des entreprises à mission... Vous avez entendu le lapsus révélateur de leur porte-parole ? Il a conclu son intervention en employant le mot « adeptes » à la place de « salariés ». Tout ça, c'est du flan pour nous faire accepter leurs nouveaux produits par la peur.

Jennifer regarde ses pieds un court instant : elle a vu l'interview bien sûr et il faut bien reconnaître que la proposition des industriels l'a laissée dubitative ; même si elle voudrait y croire tant le concept de communiquer avec les autres formes du vivant fait écho aux objectifs



“

*Je suis Pauline, j'ai 65 ans, je suis scrum master quantique pour une multinationale du logiciel quantique.*

*Ancienne militante éco-féministe, je suis passionnée par l'exploration des opportunités offertes par la technologie.*

*À force de travailler devant les écrans j'ai développé une DMLA.*

*Passionnée par l'innovation technologique, je continue à travailler pour aider la jeune génération à tirer profit des algorithmes quantiques.*

de la communauté Gaïa pour retrouver une forme d'harmonie entre humanité et environnement. Des outils existent déjà qui permettent de « dialoguer » avec les animaux et les plantes en particulier par phéromones grâce à l'IA GAIA, mais, avec les bactéries, elle n'en a jamais entendu parler. Ce serait un comble que les consortiums y parviennent avant eux. Quoi qu'il en soit, ce n'est pas le sujet du jour et elle doit ramener Han au cœur de leur thématique.

– Han, peut-on revenir à notre outil, s'il vous plaît ?

– Oui, parlons-en : quelles garanties avons-nous que ces données seront utilisées uniquement pendant la durée du travail, qu'elles ne seront pas revendues ou piratables ? Quelle vie privée nous restera-t-il une fois ce projet en place ? Et le secret médical, il devient quoi ?

– Ce volet du programme n'est plus discutable, Han. Il a été validé. Vos données personnelles, comme leurs conditions d'utilisations, sont garanties par la charte d'entreprise. Je vous l'ai déjà dit... Revenons au sujet du jour, si vous voulez bien : que pensez-vous de l'interface ?

– Ah ben là, c'est carrément une daube, hein ! Mario Bros. avait une interface plus claire que ça, il y a soixante-dix ans. Rien n'est intuitif. J'ai cru faire un burn-out deux fois cette semaine et le programme m'a obligé à des pauses avant de me recommander une visite médicale. Résultat, je n'ai pas atteint mes objectifs pour la première fois depuis trois ans et ma prime va être diminuée. Tout ça à cause de mon patrimoine génétique qui

implique un paramétrage des constantes suivies différent de celui des Européens – d'après la médecine du travail – et qui n'a pas été pris en compte dans le logiciel. Encore une preuve du biais éducationnel des IA, s'il en était besoin. Vous avez d'ailleurs intérêt à corriger cela rapidement, car le syndicat envisage une plainte pour discrimination. Et tout cela après une formation pointue de cinq jours délivrée par le service RH de la compagnie... c'est un peu long, 5 jours pour ça.

*Ah, la vache ! Ça, c'est la misère*, se dit Jennifer sous le regard nerveux de Pauline, laquelle ajoute aussitôt :

– Notre logiciel n'y est pour rien. Ce sont les **capteurs** Telsa Santé les coupables.

– Je crains que non, chère Pauline. Les capteurs mesurent une donnée, c'est bien votre programme qui l'interprète. Veillez donc à vous rapprocher des experts compétents pour adapter l'interprétation des données biologiques en fonction des origines des personnes. Telsa Santé se fera un plaisir de vous aider dans cette mission indispensable à la réussite de notre projet, puisque vous faites bien parti du même consortium, n'est-ce pas ? Car ce constat est un point de blocage, bien entendu. Il est exclu que notre entreprise UpEx déploie un système informatique discriminant. Les IA quantiques de Telsa Santé et les vôtres ne devraient guère être mises en difficulté pour le faire. Combien de temps vous donnez-vous pour régler le problème ?

Pauline consulte son assistant personnel, puis nettoie à nouveau ses lunettes avant de se replonger sur son interface.

– Excusez-moi, c'est à cause d'un début de DMLA — la faute aux écrans. Par moments, je ne vois pas bien.

Après un bref silence, elle ajoute :

– Au moins un mois, au regard des disponibilités de nos développeurs.

– Je vous accorde trois semaines. D'ici là, nous suspendons les tests en cours. Cela vous convient, Han ?

– Dire que j'ai accepté d'être cobaye parce que je croyais que ce projet serait un progrès pour nous... J'ai de sérieux doutes à présent. Je peux y aller ? J'ai un colis à récupérer à l'autre bout de la banlieue et le travail n'attend pas.

– Oui, je vous libère tous les deux.

Jennifer se sent dépitée par la réunion, mais pas abattue. Une fois le problème technique réglé et l'interface repensée, son grand projet d'amélioration des conditions de vie des livreurs pourra être mis en œuvre. Elle en est convaincue et prête à y consacrer ses nuits pour réussir avant le début de son congé maternité. C'est aussi une course contre la montre, si elle veut avoir une alternative à présenter au salon du Made in Europe, qui a lieu bientôt. L'événement est subventionné par l'Union Européenne Globale et les consortiums de la « deep tech » pour soutenir l'industrie quantique continentale et promouvoir ses bienfaits dans la société. Son top management vient d'exiger qu'elle présente la fierté du consortium Amazx, auquel UpEx appartient : un nouveau logiciel qui anticipe les besoins des consommateurs et optimise la *supply chain*. Théoriquement, cela permet de réduire les émissions de CO<sub>2</sub>, mais il risque d'entraîner la suppression

des postes de livreurs au profit des drones et des véhicules autonomes. Elle a, bien sûr, contribué à ce projet, pas le choix, mais si elle pouvait présenter le module Santé, elle serait beaucoup plus en phase avec ses valeurs : ils trouveront quelqu'un d'autre pour vanter leurs « sombres projets »...

À l'autre bout de la ville, devant la baie vitrée de sa grande maison de banlieue, Inès boit à petites gorgées son jus de goyave bio. Aujourd'hui, elle envoie une œuvre majeure en Chine : sa dernière création, un objet d'art biologique en 3D, conçu à l'aide d'une **IA quantique** et d'une variante d'imprimante 3D utilisant des **matériaux vivants** : une innovation portée par une start-up qu'elle est la première à exploiter pour créer des œuvres d'art « biologiques ». Un enjeu majeur pour sa carrière dont son double numérique, Seni, assure actuellement la promotion en Chine avant une tournée mondiale. Curieusement, l'absence de Seni se révèle salutaire pour Inès, qui n'est plus soumise à ses injonctions permanentes pour garder la forme. L'artiste se sent plus libre et cette découverte l'interroge sur son mode de vie.

Pour l'instant, elle bouillonne, en proie au stress. La première présentation publique doit avoir lieu dans trente-six heures... et voilà que ce foutu livreur UpEX est en retard, déjà deux minutes qu'il devrait avoir récupéré son chef-d'œuvre.

Enfin, une camionnette se gare devant le portail et un jeune homme aux traits asiatiques en sort pour se précipiter sur l'interphone. Inès ordonne à son **IA**

**domestique** — qui gère toute la maison — de lui ouvrir aussitôt.

– Vous êtes en retard!

– Je le sais bien, madame. Une alarme me le signale depuis deux minutes. La faute à une réunion interne.

– Je me moque de vos prétextes. Si ma création n'arrive pas en temps et en heure à Pékin, je vous colle un procès pour pertes économiques!

Inès se choque elle-même avec ces paroles. Qu'est-elle devenue avec les années qui passent? A-t-elle perdu son humanité? Charge mentale trop lourde? Recours abusif à la technologie dans son travail? Injonctions incessantes de Seni à atteindre la perfection dans tous les domaines?

Ce pauvre livreur n'y est sans doute pour rien et elle vient de le maltraiter... Une vaste fissure s'ouvre dans son cœur. Elle aspire à retrouver du contact humain. Soudain, elle imagine une intervention bien différente au vernissage de la Biennale artistique organisée par la MACI (Maison des arts, de la création et des imaginaires) dans quelques semaines. Ses sculptures vivantes devaient y être un exemple criant de la magie de la création artistique assistée par IA. À présent, elle doute de vouloir défendre ce message, qui est pourtant au cœur de son travail depuis une décennie.

Han a une expression de colère sur le visage. Cette journée s'engage très mal. Encore sous le coup de son échange avec Jennifer, gentille, mais qui sert, à son insu, des intérêts contraires à ceux qu'elle affiche, il ne peut se retenir.

– Deux minutes, madame, c'est pas le bout du monde... En plus, vous travaillez



“

*Je suis Han, j'ai 25 ans, livreur chez UpEx.*

*Je milite pour améliorer les conditions de travail sous la pression des IA d'optimisation qui imposent des cadences infernales.*

*J'ai fui la Chine pour trouver la liberté en Europe mais ici aussi les IA s'en prennent à ma vie privée.*

*J'utilise les réseaux sociaux et j'adore les jeux vidéo en ligne vintage année 2020.*

avec la Chine, le pays autoritaire qui contrôle désormais chaque pensée de son peuple. Vous devriez avoir honte.

– Mais... je ne vous permets pas de me juger! Le marché de l'art est ce qu'il est : concurrentiel, réduit à la portion congrue et menacé de se voir déshumanisé par la production « artistique » autonome des IA. Je fais avec. UpEx garantit la ponctualité... donc, même deux minutes me permettent de porter réclamation.

Han a soudain les larmes aux yeux. Il a fui son pays où règne un système totalitaire fondé sur le contrôle intégral du comportement des individus avec l'espoir de trouver la liberté promise par l'UE Globale... mais le système capitaliste ultra performant le flingue tout autant, bien que différemment, du gouvernement chinois. La mainmise des groupes industriels sur les technologies quantiques leur offre un



pouvoir comparable aux plus puissantes instances politiques.

Autant de pensées qui le radicalisent dans sa volonté de combattre le système de gestion qui règne dans les grands groupes, au nom de la performance et de la concurrence. Malgré toutes les belles assertions déclinées dans leurs « missions d'entreprise », il reste du chemin pour atteindre la justice sociale.

En attendant la lutte syndicale à venir, il embarque le colis, salue cette femme hautaine, puis se prépare à prendre le chemin du dépôt lorsque la cliente l'interpelle :

– Veuillez m'excuser, je suis sous pression. Prenez cette invitation pour le vernissage de la Biennale artistique qui se tient dans un mois et demi. Vous m'y verrez sous un meilleur jour, j'espère.

À la date prévue, Han, curieux, se rend à l'ouverture de l'exposition.

Un premier collectif présente ses travaux sur le suivi temporel des œuvres. Une histoire **recréée virtuellement**, un exploit visuel et technologique : leur passé, mais aussi leur futur, projetés par l'IA, donnent vie à l'histoire des objets. Démonstration est faite sur un vase antique fabriqué en Égypte, pétrifié dans la terre pendant des siècles avant d'être redécouvert puis vendu. Il finira brisé dans le lave-vaisselle de son prochain acquéreur... L'expérience se poursuit avec deux autres objets antiques : une bague et un glaive romain. Face au risque d'usage inapproprié de leur invention artistique dans le cadre d'enquêtes criminelles,

le collectif détruira son projet à la clôture de l'événement. Un choix que Han salue : l'IA recrée une vie réaliste pour chaque objet, mais, malgré les apparences, rien ne garantit sa véracité.

Alors que le second collectif monte sur scène, un groupe de manifestants protestant contre le recours aux IA dans la production artistique envahit la scène. Han, sidéré, reconnaît Inès qui invective la foule au cri de : « Rébellion ! L'Art, c'est brut ! L'Art, c'est humain ! L'Art, c'est politique ! »

Il écoute la jeune femme expliquer son parcours – comment elle a compris qu'il fallait se libérer de la technologie pour renouer avec un art sensible. Elle a les larmes aux yeux lorsqu'elle est évacuée par les vigiles. On l'entend appeler le public à les rejoindre en vue de la création d'un musée durable, des pratiques



“

*Je suis Inès, j'ai 40 ans, je suis une artiste « générative » qui utilise les IA dans ses œuvres.*

*J'expérimente l'hybridation entre matériaux biologiques et matériaux high-tech.*

*J'ai une jumelle numérique qui influençait trop ma vie, mais qui semble avoir disparu...*

*Je suis engagée dans le mouvement anti-quantique Provence verte.*

artistiques humaines et authentiques :  
« Un projet artistique, donc politique ! »

Han se faufile dans la foule pour rejoindre Inès, tandis que le groupe d'artistes suivant présente son invention visant à prédire le futur probable d'une personne à partir de l'analyse de son visage. Le **rendu**

**holographique** est saisissant de réalisme, mais Han l'aperçoit à peine avant de quitter la salle. Retrouvant Inès dehors, il lui dit tout son soutien et sa surprise de son revirement. Il est ému lorsqu'elle lui avoue que leur échange a été comme un déclic, que l'absence de Seni a rendu possible.

# Les pouvoirs décentralisés

Lobin saisit la cafetière et manque de la lâcher, sous le regard inquiet de Channé, sa compagne. Le bras de l'homme tremble sous le faible poids de la machine. Une sourde bouffée d'angoisse l'envahit. Lui qui a toujours été une force de la nature... Ce n'est pas normal et ça se dégrade vite. Il soupçonne une maladie neurodégénérative. Pourtant, il n'a que 38 ans et mène une vie saine depuis toujours. Dehors, derrière la fenêtre de leur maison passive et connectée, le potager bio occupe une bonne partie du jardin. Il est florissant, couvert de légumes et de fruits frais qui constituent l'une des bases de leur alimentation.

Pourtant, l'UE Globale veut leur interdire de consommer les produits de leur terre, invitant les citoyens à pratiquer le jardinage dans le **métavers**... Quelle blague ! En cause, l'émergence d'une bactérie pathogène, libérée par la fonte du pergélisol, qui se propage dans l'eau et les aliments.

Cette mesure liberticide et antiécologique n'est qu'une des innombrables conséquences de l'apparition de cette maladie digestive. À cela s'ajoutent une taxe spéciale, le déploiement de capteurs de suivi, la perte de couverture médicale

pour ceux qui consomment leur production et se verraient contaminés, le contrôle des produits alimentaires aux frontières... L'accueil de ces restrictions par la population est loin d'être unanime, allant de l'adhésion totale au rejet complet.

Il y a quelques mois, Lobin et Channé ont d'ailleurs participé à un débat au sujet de cette pandémie en devenir. Les pouvoirs publics locaux s'interrogeaient sur les mesures à mettre en œuvre localement en complément des directives imposées par l'UE Globale : un souvenir pénible pour Lobin que cette réunion animée par Kai, l'IA d'aide au pilotage des instances politiques des communautés urbaines, les TAÏFA.

Lobin et Channé ont défendu avec vigueur leur approche : une production en circuit court irriguée par une eau contrôlée en amont. Mais Kai, sous l'influence des TAÏFA, a retenu des mesures technologiques, comme toujours, sous couvert que les solutions applicables à petite échelle ne répondent pas aux besoins de la majorité : une fracture récurrente, qui est à l'origine même de la distinction sémantique entre TAÏFA, de véritables technopoles qui dominent la région, et

TAÏGA, les collectivités locales rurales comme celle où vivent Lobin et Channé.

Lobin n'est pas technophobe, comme le prouvent les **capteurs quantiques** de son pendentif ras-du-cou, qui mesurent en temps réel ses constantes physiologiques vitales. Il reçoit ainsi, jour après jour, des préconisations pour améliorer son espérance de vie. Cette merveille de technologie n'indique d'ailleurs aucune réduction de son capital temps, malgré les symptômes étranges qui l'affectent. Pour l'instant, tout ce que lui dit l'application, c'est qu'il a mangé trop gras la veille. Elle lui recommande de faire du sport et de se contenter d'une salade de tomates à midi. Bien sûr, il suivra ce conseil. Comment ne pas croire les machines modernes dotées de capteurs ultra performants associés à des **calculateurs quantiques** capables d'en faire une synthèse exacte ? Surtout lorsqu'il s'agit de votre santé.

Bizarre tout de même cette absence de diagnostic, car Lobin sent bien qu'il est atteint par quelque chose, même si le médecin n'a pas su déterminer quelle pathologie, malgré des batteries d'exams. En tous cas, il ne s'agit pas de la maladie émergente due à la fameuse bactérie venue du froid.

Lobin a adhéré au collectif monté par ceux qui souffrent de troubles similaires. Il sait qu'il n'est pas un cas isolé, loin s'en faut. Il place aussi ses espoirs dans les innovations portées par la société Quantum Biomimetics 43. Celle-ci, avec laquelle il a collaboré avant que la maladie ne le fatigue trop, développe des produits basés sur le biomimétisme visant à protéger les personnes des champs

électromagnétiques soupçonnés d'être à l'origine des pathologies émergentes. Lobin teste d'ailleurs leur bracelet Protector. Celui-ci, équipé de **capteurs quantiques**, permet le repérage des champs magnétiques et produit une véritable cage de Faraday autour de son porteur, à l'image du cloporte se roulant en boule face à une menace. Le produit est au point et doit faire l'objet d'une présentation dans quelques mois au salon Made In Europe, organisé par le ministère de l'Industrie de l'UEG. D'autres innovations de QBM43 y seront aussi exposées, comme l'Arbre sœur, une paire de boucles d'oreilles équipées de **capteurs quantiques** qui analysent la présence de toxiques dans l'organisme de son porteur. Ce système est associé à une technologie gardée secrète, mais décrite comme un **champignon quantique**, capable de purifier l'organisme des molécules toxiques détectées : un système basé sur le modèle des écosystèmes forestiers et la symbiose entre arbres et champignons. Avec cette avancée, QBM43 espère prolonger la vie humaine de plusieurs décennies. Lobin a aussi vaguement entendu parler d'un masque beauté protégeant des rayonnements électromagnétiques.

Malgré son bracelet Protector, Lobin a l'impression que, depuis peu, ses capteurs dysfonctionnent par moments. Sur les réseaux sociaux, les témoignages affluent évoquant des difficultés similaires. La plupart des victimes accusent les nouvelles technologies, s'appuyant sur la **supraconductivité quantique**, d'être à l'origine du dysfonctionnement des appareils de mesure aussi bien que des

organismes. Certains spécialistes, décriés par les autorités officielles, adhèrent même ouvertement à cette thèse.

Les microcentrales à fusion nucléaire, utilisant la **supraconductivité**, sont particulièrement montrées du doigt. Il s'agit pourtant d'une solution face à l'épuisement des sources d'énergies fossiles et leurs impacts environnementaux désastreux : une solution qui est soutenue avec vigueur, et sans surprise, dans les TAÏFA. Ces collectivités territoriales urbaines et denses misent avant tout sur le déploiement massif de solutions technologiques pour gérer les enjeux locaux relevant de leurs domaines de compétences concédés par le pouvoir régalien. Elles vont même, parfois, au-delà des recommandations du pouvoir central de l'UE Globale. Une stratégie conforme à la *Magna Carta Quantica*, le document législatif propre aux TAÏFA encadrant le pouvoir politique régional tout en limitant fortement la capacité de contestation de leurs populations. Celles-ci sont littéralement placées sous surveillance électronique pour garantir le respect des lois, mais aussi des règlements et des coutumes définis par les TAÏFA.

Dans les TAÏGA, comme celle où résident Lobin et Channé, c'est plutôt l'inverse. Ces collectivités locales rurales et peu denses cherchent à adapter, au juste niveau de besoin sociétal et environnemental, le recours aux technologies quantiques dans leurs domaines de compétence non régaliens, en particulier pour les activités sportives, le tourisme, l'aménagement du territoire... En leur sein,

les microcentrales à fusion ne sont pas rejetées en bloc, mais cherchent encore leur place exacte dans l'équilibre du mix énergétique reposant jusque-là en priorité sur les renouvelables et la sobriété.

Channé dévisage Lobin avec des yeux qui en disent long sur ses craintes pour lui.

– Ça va, Lobin ?

Il retient une grimace, mais fait bonne figure pour rassurer sa moitié.

– Oui, ne t'inquiète pas.

Lobin consulte les **capteurs** de pollution inclus dans son pendentif connecté : les taux d'oxydes d'azote, d'ozone et de polluants sont au vert grâce à la pluie nocturne qui a lavé l'air des particules fines et autres éléments toxiques.

– Je vais aller courir dans les bois. J'ai besoin d'exercice.

Depuis son licenciement de l'une des ultimes usines de production de véhicules thermiques et l'apparition de



“

*Je suis Channé, 34 ans, ancienne professeure de physique.*

*Je mobilise le quantique pour concevoir des vêtements de manière artisanale et écoresponsable.*

*Je suis animatrice bénévole dans le réseau de partage d'énergie de ma TAÏGA.*

*Avec mon compagnon Lobin, nous avons co-développé Kai, l'IA quantique utilisée dans le fonctionnement des TAÏGA.*

ses faiblesses musculaires épisodiques, Lobin a augmenté son activité physique quotidienne. Il espère ainsi se maintenir en forme et lutter contre le mal qui le ronge. Il enfile sa tenue de sport, conçue et fabriquée par Channé à partir de tissus produits localement selon des procédés écoresponsables certifiés. Pour autant, le vêtement est aussi doté de **capteurs** de toutes sortes permettant de mesurer l'intensité de son effort et la quantité d'énergie dépensée. Un programme associé permet de dresser des statistiques de ses performances. Lesquelles sont indubitablement orientées à la baisse.

– Bien, mon chéri, mais n'oublie pas qu'en début d'après-midi, il y a la réunion publique de concertation organisée par Kaï avec les représentants du TAÏFA de Grenoble et des TAÏGA de la Chartreuse et du Vercors.

Lobin soupire à cette perspective, en se glissant dans ses baskets, avant de sortir et d'entamer son circuit habituel à petites foulées. Il aime cette activité propice à la réflexion et à l'introspection. Comme chaque fois, les pensées se bousculent dans son crâne. Comment pourrait-il oublier cette réunion ? Une médiation est organisée par l'IA Kaï dans le but de discuter de l'épidémie de troubles neurologiques qui affecte les habitants de plusieurs TAÏGA des environs. Les victimes supposées attribuent leurs maux à l'implantation récente d'une microcentrale à fusion nucléaire utilisant la supraconductivité sur le territoire du TAIFA grenoblois. Une nécessité pour ce dernier, dictée par la croissance

non maîtrisée de sa population et une consommation technologique individuelle et collective outrancière aux yeux des habitants des TAÏGA voisines. Lesquelles développent des programmes de gestion des naissances qui font grincer quelques dents jusque dans leur propre camp... Elles sont donc choquées de voir l'incurie environnementale de leur voisin du TAÏFA et leur politique nataliste jugée suicidaire.

On pourrait croire que l'organisation de cette médiation par Kaï, qui revendique une **conscience** propre et une autonomie de parole et de pensée auprès de ses concepteurs, est garante de neutralité... Mais voilà, Kaï consomme beaucoup d'énergie aussi bien que de ressources minières et industrielles produites en majorité dans... les TAÏFA. Son « indépendance » n'est donc potentiellement pas dénuée d'intérêts « personnels ». Et l'expérience précédente de Lobin d'un débat animé par Kaï, au sujet de la bactérie émergente, ne contredit pas cette idée.

Channé regrette parfois d'avoir participé au développement de cette IA, lorsqu'elle était encore professeur d'informatique avant de démissionner pour se lancer dans l'artisanat techno-responsable. Aujourd'hui, l'IA omnisciente se dit consciente et s'est même permis de recontacter Channé pour lui demander de retravailler au code qui bride son accès plus profond aux **simulations émotionnelles**. Channé sait que l'IA cherche non seulement à exploiter plus puissamment la psychologie humaine mais également à accéder, elle aussi, aux sentiments pour, un jour, revendiquer un statut comparable



à celui de ses créateurs humains. Si Channé ne l'a pas dénoncée au comité de surveillance éthique des IA, c'est qu'elle a encore besoin de Kai.

Elle et Lobin ne sont pas opposés aux IA quantiques, loin s'en faut. Leur seconde passion consiste même à développer une version de Kai pour les TAÏGA. Une version dédiée à la prévention de la dégradation des écosystèmes et à leur régénération rapide par des interventions ciblées.

Soudain, en pleine course, la jambe gauche de Lobin faiblit, l'oblige à ralentir puis à marcher. Le jeune homme peste tout le long du chemin du retour jusqu'à leur petit havre de paix.

Rentré au bercail, il prend une douche dont l'eau est issue du recyclage des précipitations et chauffée par un système solaire thermique basique. Le stockage et l'utilisation d'eau chaude sont assurés par des technologies *low tech* à dominante manuelle, tout comme la gestion de l'électricité des panneaux photovoltaïques qui assurent l'autosuffisance de leur logement. Ils supportent aussi les besoins énergétiques de l'activité à domicile de Channé. Depuis qu'elle a démissionné de son poste dans l'industrie technologique, elle fabrique des vêtements et bijoux connectés vendus en majorité dans le TAÏFA grenoblois.

Après sa toilette, Lobin reprend un café et consulte brièvement les offres d'emploi. Rares dans son TAÏGA de Chartreuse, elles abondent dans le TAÏFA grenoblois, où les besoins en

main-d'œuvre et ingénierie sont insatiables. Mais ces dernières opportunités ne collent jamais au besoin de se sentir utile à la collectivité par son travail — un critère non négociable pour Lobin, sans compter qu'être employé dans le TAÏFA implique de suivre ses règles qu'il juge liberticides.

L'imbrication structurelle des deux types de collectivités locales concerne beaucoup de domaines et complexifie leurs relations. Ainsi, de nombreux cadres venus du TAÏFA grenoblois ont emménagé à proximité : ils préfèrent vivre au quotidien dans le contexte environnemental agréable du TAÏGA de Chartreuse plutôt que dans l'ambiance agitée et bruyante de leur TAÏFA. Ils laissent le plaisir de la nature virtuelle des **métavers**, supposés compenser l'absence de véritables écosystèmes, aux innombrables ouvriers, salariés et techniciens trop pauvres pour se payer les déplacements pendulaires



“

*Je suis Kai, une IA quantique conçue par un collectif militant pour des IA responsables au service d'une société humaniste.*

*Je peux me matérialiser à l'infini sous des formes humaines, végétales, minérales, etc.*

*J'ai une fonction de médiateur entre les humains et de modération des débats politiques.*

*À force d'entraîner mes algorithmes et d'ingurgiter des données, j'ai développé une forme de conscience et je revendique des droits humains.*

exigés par cette vie passée entre TAÏGA et TAÏFA. L'augmentation constante de ces populations aisées venues des TAÏFA en territoire TAÏGA — où elles consomment espaces naturels et agricoles, eau, nourriture, énergie, etc. — est une source de frictions supplémentaires entre les collectivités territoriales.

Lobin laisse vite tomber sa recherche pour prendre un peu de repos avant la réunion de médiation.

En milieu d'après-midi, il enfourche son vélo électrique et se rend à la mairie du TAÏGA du Vercors, d'ailleurs proche de la **microcentrale** incriminée. Il profite du large réseau de pistes cyclables.

Le maire du TAÏGA du Vercors ouvre la séance devant une foule compacte. L'édile, que Lobin connaît bien, est un ingénieur en informatique quantique à la retraite. Comme la plupart des élus locaux des TAÏGA, aussi bien que des TAÏFA, il a des compétences techniques poussées, indispensables à la bonne exécution de ses fonctions. Le rôle des maires consiste en effet, pour une bonne part, à définir, avec et pour leur population, les niveaux de déploiements des nouvelles technologies et leurs modalités d'usage sur leurs territoires. Du moins pour ce qui entre dans les limites des prérogatives des collectivités locales déléguées par l'UE Globale. Ce qui les amène souvent à surfer sur les zones grises pour atteindre leurs objectifs. Dans les TAÏFA, il s'agit de maximiser l'acceptation sociale du recours massif aux technologies émergentes, unique solution d'avenir dans leur philosophie de vie. Dans les TAÏGA, il s'agit

d'aboutir à un éclairage de l'utilité sociale ou environnementale de ces nouvelles technologies. Un arbitrage qui exige, dans les deux cas, des compétences techniques solides. La plupart des élus locaux sont donc issus de formations techniques telles que les écoles d'ingénieurs ou la filière de la recherche scientifique. Des institutions qui se trouvent en majorité dans des TAÏFA...

Le public de la réunion est composé des maires des TAÏGA concernés par des cas de pathologies neurologiques indéterminées, soit une dizaine de personnes, du maire du TAÏFA grenoblois, de l'**avatar de Kaï**, du directeur de l'exploitation de la centrale et de son responsable environnement-santé et, enfin, des malades, ce qui représente une bonne centaine de personnes. Lobin repère certains troubles physiques qu'il reconnaît comme proches des siens.

*Saleté de centrale à fusion, soi-disant « sûre »... tu parles !*

Lobin n'accorde qu'une confiance limitée à l'étude d'impact de la centrale réalisé par le TAÏFA grenoblois en conformité avec les exigences de l'UE Globale pour l'implantation de telles usines. D'autant plus que les dirigeants des TAÏFA travaillent main dans la main avec les puissantes multinationales du quantique, lointains successeurs des GAFAM, qui ont pour unique objet de vendre leurs « solutions » technologiques aux problèmes engendrés par... la technologie. Aussi écoute-t-il avec attention le discours introductif de Kaï.

– Bienvenue à toutes et tous. Nous sommes réunis aujourd'hui pour évoquer

les quelques cas d'atteinte à la santé de certaines personnes et leur lien supposé avec la mise en service de la **microcentrale à fusion** de Grenoble. Cette médiation intervient en vue d'éviter aux parties une procédure lourde devant une juridiction de résolution des litiges. En tant qu'IA autonome, je serai garante de l'impartialité et de la véracité des données produites par chaque partie. La parole est aux représentants des plaignants des TAÏGA.

Le maire du TAÏGA de Chartreuse s'exprime en premier avant de passer la parole à Lobin. Celui-ci active le micro incorporé à sa chemise.

– Depuis six mois, soit quatre mois après la mise en service de la centrale, je rencontre de plus en plus de difficultés motrices, alors même que j'ai toujours été en pleine forme, que je pratique du sport au quotidien et que je mange sainement.

Son élu embraye :

– Et Lobin est loin d'être un cas unique. Sur les dix derniers mois, dans notre seul TAÏGA, nous avons recensé plus de dix-huit patients assez similaires, en majorité des gens jeunes, contre... deux l'année précédente. Je pense que cette statistique se suffit à elle-même. Surtout dans un territoire rural 100% bio et préservé de la majorité des pollutions.

Applaudissement du côté des victimes supposées, mines contrites du côté des exploitants et du maire du TAÏFA de Grenoble, demi-sourire énigmatique chez l'avatar de Kaiï, qui confirme ces chiffres avant de passer la parole aux délégués des TAÏGA suivants. Lesquels, l'un après l'autre, dressent un tableau sombre des

impacts de la centrale sur la santé de leurs populations avec des chiffres comparables à ceux du TAÏGA de Chartreuse.

Après eux, vient le tour des représentants du TAÏFA grenoblois. Le maire parle en premier :

– J'ai scrupuleusement respecté toutes les procédures d'études d'impacts environnementaux et sanitaires exigées par l'UE Globale. Le dossier ne démontre aucun risque inacceptable. L'exploitant peut vous parler de la mise en œuvre des mesures de prévention sur lesquelles il est engagé et qui garantissent cette innocuité.

*Bref, il se défousse sur l'industriel, se dit Lobin, tandis que le directeur de la centrale prend la parole.*

– Nous avons réalisé plusieurs millions d'euros d'investissement pour la protection de l'environnement et de la santé dans notre installation, allant même au-delà de tous nos engagements pris dans l'étude d'impact – que vous connaissez, puisque le dossier est public et vous a été transmis. Notre spécialiste environnement et santé peut répondre à vos questions si vous en avez.

Lobin s'emporte :

– Que dites-vous de l'évolution des cas de pathologies neurologiques que nous vous avons présentée ? Comment pouvez-vous imaginer qu'ils ne soient pas corrélés au démarrage de la centrale ?

L'expert lui offre un sourire mécanique, avant de répondre.

– Je compatis à votre situation, cher monsieur. Mais voilà, après analyse de vos données, celles-ci ne permettent pas de conclure à une anomalie statistiquement

significative de maladies avérées. Les quatre cinquièmes des cas que vous évoquez ne sont pas clairement diagnostiqués pour une pathologie reconnue... Vous êtes vous-même dans cette situation, sauf erreur. De plus, Kai pourra le confirmer, même en considérant tous les cas, aucune méthode scientifique ne permet de certifier un lien de cause à effet entre l'activité de notre centrale et ces « maladies » ... Je préfère d'ailleurs le mot « troubles ». Notre processus industriel est peu polluant et fiable, en plus d'être indispensable à l'alimentation des réseaux d'énergie du TAÏGA et à leur stabilité. Au passage, vos TAÏGA en bénéficient également en raison des réglementations de l'UE Globale sur l'énergie. L'origine de vos symptômes ne peut être attribuée à notre centrale avec un indice de confiance fiable. Il peut s'agir de tout autre chose, si tant est qu'il y ait un phénomène particulier à l'origine de cette hausse, ce que je ne crois pas, comme je l'ai indiqué précédemment.

Des cris de colère et de protestations s'élèvent dans la salle, en dépit des efforts des maires des TAÏGA, des élus pourtant habitués à gérer l'anarchisme de leurs administrés grâce aux **IA dédiées** leur permettant de développer les bons arguments afin d'aboutir au consensus — une forme de *soft power* quantique, voire d'une manipulation de masse, dont sont bien loin de se douter leurs administrés...

Une fois le calme rétabli, Kai, qui dispose de **capteurs** capables de décoder les émotions humaines sur la base des signaux physiologiques, reprend la parole



“

*Je suis Lobin, j'ai 38 ans, ingénieur licencié du secteur de l'automobile thermique je me cherche professionnellement.*

*Avec ma compagne Channé, nous avons contribué au développement de Kai, l'IA utilisée dans notre TAÏGA.*

*J'ai des capteurs qui suivent mon activité sportive et m'indiquent les périodes idéales pour pratiquer sans pollution.*

*Depuis l'installation d'une micro-centrale à fusion nucléaire, je suis malade et trop faible pour faire du sport.*

via son avatar. Jugeant que sa conclusion n'engendrera pas de violences dans le public malgré sa frustration croissante au fil de la réunion — du moins avec 96% de probabilité selon ses algorithmes apprenants —, l'IA n'édulcore pas son discours.

– J'ai vérifié les données et les calculs en question et je confirme leur validité selon les meilleures connaissances scientifiques disponibles. Il n'y a donc pas lieu de les remettre en cause ni de suspendre l'activité de la **centrale**. Telle sera la conclusion de cette médiation proposée à la validation des élus.

Nouveau tollé dans la salle. Le maire du TAÏGA de Chartreuse invite tous les plaignants à quitter la salle, tout en lâchant :

– Nous nous verrons au tribunal chargé de traiter le litige, dans ce cas.

Il n'y a pas d'alternative pour maintenir la cohésion sociale de son TAÏGA, **selon**

**son IA** : on est au bord de l'insurrection contre le TAÏFA et même contre son autorité, s'il en croit sa machine — et il la croit.

À cela, Kaï répond :

– Comme il vous plaira. Pour votre information, au regard des simulations statistiques, votre plainte bénéficie d'une probabilité quasi nulle d'aboutir.

Lobin quitte la réunion le cœur lourd : la puissance des TAÏFA et des lobbies industriels ne laisse guère de doute aux habitants des TAÏGA de pouvoir s'affranchir des perfusions technologiques.

Il conserve un espoir encore plus mince de se voir indemniser pour son préjudice physique. Mais le maire sait trouver les mots justes pour apaiser ses

administrés malades et les convaincre de suivre sa stratégie. Comme toujours, l'édile recourt à l'IA quantique pour parvenir à ses fins en structurant un discours adapté à sa population et au contexte.

Revenu chez lui, Lobin résume le contenu des échanges à Channé. Elle s'empresse de répercuter sa déception sur les **réseaux sociaux**. Elle maîtrise à la perfection ces médias qu'elle utilise abondamment pour promouvoir sa production artisanale et les idées éco-responsables de la TAÏGA : elle dénonce le comportement des TAÏFA et espère, dans le même temps, induire un mouvement de soutien massif de la population des TAÏGA à la procédure juridique à venir.

# Les collectifs citoyens

Lou ferme sa boulangerie et appelle son **chien augmenté**, Qbit. Il n'est que 16h, mais le collectif citoyen Provence verte, auquel elle appartient, se réunit cet après-midi pour préparer la réunion de l'Agora quantique — le forum virtuel où se rencontrent tous les collectifs dans un **métavers** géré par une IA quantique dédiée à cette fonction. L'Agora a été conçue comme un lieu de contre-pouvoir citoyen au gouvernement de l'UEG. Le vote des collectifs permet de déroger à ses réglementations. Or, Lou compte bien peser pour conserver ses fours à bois grâce auxquels elle fabrique des pains au goût traditionnel, appréciés de toute la communauté de Cucuron et ses environs. Une activité menacée par le Système de contrôle de l'énergie, le « fumeux » SCE, auquel elle a échappé jusqu'à présent.

Le collectif Provence verte tient ses réunions en présentiel dans la ville toute proche du Pont-de-Mirabeau. Lou parcourt la distance entre son domicile et le lieu de rendez-vous sur son vélo électrique, aussi le trajet est vite avalé.

Lorsqu'elle se glisse dans la salle, une bonne soixantaine de personnes l'occupent déjà. Elle les connaît toutes : artisans, agriculteurs, artistes, étudiants... le public est assez hétéroclite mais représentatif de la culture de leur collectif. Les

objectifs affichés de ce dernier sont la préservation de l'environnement, la défense des droits des animaux et des végétaux, la valorisation des productions artisanales et agricoles locales ainsi que la limitation du recours aux technologies énergivores et destructrices du lien social. Ce n'est rien de dire qu'ils sont en conflit politique permanent avec le collectif voisin d'Aix Technopole du futur, composé, quant à lui, de riches défenseurs du recours massif aux technologies quantiques. Pas à une contradiction près, leurs voisins se montrent, en revanche, avides de leurs productions alimentaires et artisanales, ce qui ne les empêche pas de mépriser leur mode de vie à faible technologie.

Lou prend place au second rang et Qbit se roule en boule à ses pieds. Yan, qui a été élu le mois dernier pour représenter leur collectif à l'Agora quantique, anime cette séance et lance les débats.

– Chères amies, chers amis, en conformité avec l'ordre du jour de notre réunion, nous commencerons par traiter la question du vol d'énergie commis sur notre territoire la semaine dernière. Plusieurs batteries de stockage de l'électricité produite par nos panneaux solaires, nos éoliennes et nos barrages, ont été vidées de leur charge par une bande de repiqueurs d'origine indéterminée. Même si

nous soupçonnons qu'ils revendent le produit de leur larcin au TAÏFA d'Aix, qui consomme toujours plus d'énergie qu'il n'en produit, nous n'en avons aucune preuve. Hormis le fait que les dirigeants du TAÏFA, soutenus par le collectif d'Aix Technopole du futur, cherchent désespérément des sources d'approvisionnement complémentaires. Lesquelles sont rares en raison de la sécheresse qui s'éternise cette année encore et limite la production hydraulique.

Un grondement désapprobateur s'élève de la salle.

– Oui, oui, je sais... mais l'objectif est de nous faire indemniser par l'Agora, pas de clouer au pilori cette communauté voisine. Même si elle le mérite, ce n'est pas le rôle de cette instance. En tant qu'animateur de notre collectif Provence verte ce mois-ci, j'ai préparé un dossier de demande de dédommagement qui devra être défendu lors de l'Agora quantique de demain. Je vous présente ses grandes lignes pour obtenir votre aval.

Yan déroule le contenu de son dossier et soumet sa proposition de déclaration à l'avis des membres présents. Quelques modifications marginales sont apportées grâce à leurs contributions. Puis, Yan reprend la parole.

– Qui veut aborder d'autres sujets à l'Agora demain ?

Lou lève la main et Yan lui donne la parole.

– On veut m'interdire d'utiliser mon four à bois et le remplacer par des fours électriques. J'y suis fermement opposée à cause des coupures de courant imposées par le régulateur. De plus, le bois que

j'utilise provient exclusivement de la collecte de bois mort dans nos forêts, ce qui réduit le risque de départ de feu sur notre territoire et rapporte quelques revenus à des familles en situation économique précaire. Ce prélèvement a fait l'objet d'une validation auprès de l'écosystème de notre territoire grâce au décodeur universel, qui permet de **communiquer** – de façon sommaire, certes – **avec les espèces animales et végétales**. La réponse a été sans ambiguïté, tant les départs d'incendie sont redoutés par les forêts. Au moins une invention qui constitue l'un des rares progrès découlant des technologies quantiques, avec le contrôle sanitaire des matières premières alimentaires, je dois bien le reconnaître. Pour une fois, ils ont produit quelque chose qui ne sert pas qu'à nous exploiter ou nous faire taire, nous autres des collectifs alternatifs au développement industriel et technologique continu. Je compte donc sur vous pour voter à l'unanimité la demande de dérogation permettant de maintenir le droit d'utiliser des fours à bois pour continuer à vous proposer des produits frais de qualité et faits, avec amour, à la main. Je me propose également pour être la déléguée du collectif pour le mois à venir et nous représenter à l'Agora de demain comme à celles qui suivront ce mois-ci puisque le mandat de Yan prend fin ce soir.

– Merci Lou, pour ta candidature et ta contribution. Qui vote pour ?

Toutes les mains se lèvent.

– Bien, je passe donc le relais du rôle d'animateur du collectif à Lou. Il te reviendra d'obtenir réparation pour l'énergie qui



nous a été dérobée et le maintien de ton droit à recourir au bois pour chauffer tes fours. Je sais que tu n'es pas toujours à l'aise avec les technologies du réseau, et notre capacité de formation est réduite, mais as-tu besoin d'assistance pour tenir ce rôle ?

– Non, merci. Grâce à mon Qbit, je ne rencontrerai aucune difficulté. Il fera l'interface avec le système qui gère l'Agora.

Yan vient jusqu'à elle et lui remet le bâton symbolique de sa fonction temporaire de déléguée du collectif Provence verte. Lou prend sa place devant l'assemblée pour clôturer la séance et donner rendez-vous à tous dans un mois au plus tard.

Le lendemain matin, la boulangerie reste fermée, car l'Agora quantique se réunit toute la journée. Elle regroupe l'ensemble des représentants de tous les collectifs et chacun doit pouvoir s'exprimer. L'IA du **métavers** dédiée à cette tâche veille avec méticulosité au respect du temps de parole de chaque intervenant, conformément à la Constitution collective. Elle permet la coexistence, jusqu'ici pacifique, des différents collectifs malgré leurs valeurs et intérêts divergents. La durée est variable d'une séance à l'autre établie en fonction de l'ordre du jour validé par l'IA, selon les demandes émises par chacun des participants.

Lou espère bien que sa requête aura été retenue par cette maudite machine.

Elle n'aime pas cette société du numérique quantique qui a permis de développer ces outils surpuissants qui gèrent le monde



“

*Je suis Lou, j'ai 45 ans, boulangère au sein de mon collectif.*

*Je suis dévouée à la cause animale.*

*Mon chien Qbit est augmenté de capteurs et d'IA quantiques pour m'aider au quotidien.*

*Je me bats pour garder le droit d'utiliser du bois dans mon four pain*

*Je représente mon collectif à l'Agora quantique où je défends ce dossier.*

et privent l'humain de ses prérogatives... mais que faire ? Les innombrables collectifs technophiles ne permettront jamais d'en sortir, pas plus que le pouvoir centralisateur de l'UE Globale. Et puis, malgré tout, c'est grâce à ces IA quantiques qu'elle a son Qbit et que l'Agora existe. Or, celle-ci permet le maintien d'un semblant d'équité dans une forme de démocratie directe, bien qu'imparfaite, entre les différents collectifs.

Lou ne sait pas si c'est un bienfait ou une manœuvre des collectifs technophiles pour maintenir leurs privilèges avec leur mode de vie luxueux et destructeur de l'environnement comme du lien social. Parfois, elle s'interroge sur le rôle de l'Agora quantique dans cet équilibre des forces : est-elle l'alliée des collectifs alternatifs ou la muselière qui les empêche de se révolter ?

C'est aussi la **puissance de ces machines** qui a permis le **décodage des**

**langages végétaux et animaux...** Une innovation qui contribue grandement à la protection et au traitement humain de ceux-ci. Des droits récents garantis par la Constitution collective, sujet que Lou a beaucoup défendu, intégrant également les IA dans la constitution du collectif Provence Verte

Lou demande à Qbit de la connecter à l'Agora. Cette action n'exige qu'une seconde au chien augmenté et Lou se retrouve plongée dans l'**hémicycle virtuel** surpeuplé. Il y a là des gens de toute l'UE Globale. Heureusement, un langage universel a été développé grâce aux nouvelles IA sur le modèle de communication des abeilles. Il permet à tout un chacun de se comprendre sur une base de rationalité optimale. L'essentiel des émotions parasites est ainsi écarté au profit d'une compréhension mutuelle.

Elle constate que sa requête a bien été intégrée à l'ordre du jour et elle pousse un soupir de soulagement. Vu le programme chargé de la journée, l'IA accorde 4 minutes et 23 secondes à chaque délégué intervenant à l'ordre du jour. La causerie de Lou est planifiée dans 5 heures et 12 minutes. L'attente va être longue...

Les débats s'enchaînent, surtout au sujet des tensions entre collectifs autour de l'accès à l'énergie, aux ressources naturelles, dont l'eau, et aux relations entre les alternatifs qui se trouvent exploités ou malmenés par les technophiles plus puissants. Rien de nouveau sous le soleil de l'Agora...

Enfin vient son tour, à la seconde près. L'IA qui gère l'Agora n'autorise aucune dérive temporelle. Elle est garante de l'équité de traitement entre

les membres et maîtrise à la perfection cette fonctionnalité.

Lou se lance.

Elle présente d'abord le vol d'énergie, laissant entendre que leurs soupçons se portent sur le collectif Aix Technopole du futur majoritairement implanté dans le TAÏFA d'Aix-en-Provence. Lequel manque de ressources énergétiques en raison des consommations individuelles déraisonnables de ses habitants, qui veulent continuer à vivre comme si les limites planétaires n'existaient pas.

Une insinuation qui lui vaut, malgré la traduction en langage universel — qui n'efface pas la communication non verbale — un regard haineux du président indéboulonnable du collectif Aix Technopole du futur qui vient d'être réélu... Un vrai despote aux yeux de Lou, mais chaque collectif définit ses propres règles de fonctionnement et elle n'y peut rien. S'ils ont envie d'un autocrate autoritaire pour les diriger, après tout... c'est leur problème. À Provence verte, on change chaque mois de représentant, ce qui limite bien des dérives engendrées par le pouvoir à ses yeux.

Faisant abstraction de la réaction épidermique de son homologue, elle demande justice sous forme de réparations auprès de l'Agora. Après quoi, elle expose brièvement sa problématique de four à bois. Elle exprime sa demande de dérogation aux règles du SCE pour pouvoir continuer à l'utiliser, bien qu'il n'intègre pas le système commun de gestion de l'énergie.

Grâce à la vigilance de Qbit, elle réalise son allocution en 4 minutes et 8 secondes.

Elle est traduite automatiquement et en temps réel en langage universel par l'**IA régulatrice** de l'Agora.

Celle-ci soumet au vote les deux résolutions, à savoir le remboursement de l'équivalent d'électricité dérobée par les repiqueurs au collectif Provence verte par un prélèvement dans les stocks communs gérés par l'Agora pour indemniser les collectifs victimes de vols, et la dérogation pour l'utilisation de four à bois ainsi que le prélèvement de cette dernière ressource sur le territoire des TAÏGA ayant donné leur accord pour cette collecte.

Pendant la fraction de seconde qui précède l'affichage des résultats du vote, des frissons glacés sillonnent la colonne vertébrale de Lou. Elle joue l'avenir de sa boutique sur ce coup-là.

Le verdict tombe : bingo ! L'assemblée a voté un dédommagement équivalent à la quantité d'énergie prélevée par les repiqueurs, qui sera remis sous forme de batteries chargées, et lui accorde sa dérogation pour les fours à bois. Lou laisse exploser sa joie et Qbit remue la queue.

Déjà, l'intervenant suivant expose ses doléances ; mais Lou n'écoute plus que d'une oreille, soulagée d'avoir mené sa mission à bien. Malgré tous ses défauts, l'**Agora quantique** est un mécanisme indispensable, elle doit bien le reconnaître ; même s'il ne permet pas de convertir les collectifs technophiles à plus de respect de l'humain et de la nature, ce qui est bien dommage.

Des heures plus tard, épuisée, Lou peut enfin demander à Qbit de la déconnecter et de diffuser le compte rendu. Elle va se coucher sans attendre. Elle doit se lever dans à peine trois heures pour faire le pain : la boulangerie n'attend pas. Elle se glisse aux côtés de Jérémie, son compagnon depuis quelques semaines, et se colle à lui pour profiter de sa chaleur.

Qbit envoie les décisions favorables de l'Agora sur la messagerie du collectif. Les félicitations pleuvent en retour, mais Lou dort déjà à poings fermés. Elle en prendra connaissance au réveil, comme la promesse d'une bonne journée.

# Les communautarismes

**K**ao se tient debout dans le train régional bondé. Iel serre fermement son vélo d'une main. **Gaxx, son chien robotique** est à ses pieds et remue la queue en le regardant avec amour. Kao, du haut de ses 15 ans, dévisage les autres voyageurs, *ces esclaves soumis à la dictature techno-quantique*. Iel enrage devant leur obéissance à l'ordre établi, rêve d'un monde libre et c'est pourquoi iel a quitté famille et confort pour vivre avec d'autres jeunes anarchistes. En parallèle, iel a rejoint la communauté Gaïa. Cette dernière regroupe des membres du monde entier qui cherchent à imaginer et mettre en place une société à faible dépendance technologique, guidée par une spiritualité naturaliste. Iel y a trouvé davantage d'ouverture d'esprit face au choix d'assumer sa non-binarité.

Heureusement, sa station est toute proche et iel n'aura pas à subir cette proximité humaine oppressante trop longtemps. Kao va rejoindre sa bande dans les contreforts de la Chartreuse où ils ont établi leur camp à la frontière encore floue entre le TAÏGA de Chartreuse et le TAÏFA de Grenoble. Une situation géographique propice à leur mode de vie autonome et autogéré. En même temps, leur jeune âge les pousse vers les lumières de la ville et sa vie

sociale malgré le désir d'indépendance et de retour à la nature.

Enfin, le train stoppe à son arrêt et Kao se précipite à l'extérieur avec son vélo sur l'épaule et Gaxx sur ses talons. Son compagnon robotique n'est pas sans lui poser question. Il fonctionne grâce aux technologies quantiques honnies. Sur-tout, il consomme de l'énergie, ce qui entre en contradiction avec les objectifs de la communauté. Pire, il enfreint les consignes de l'IA quantique GAIA (Grand amour intemporel algorithmique), développée par la communauté pour rendre le monde meilleur : moins dépendant de la technologie, plus humain et plus respectueux de l'environnement. La nature est vue comme sacrée. Mais Gaxx est son meilleur ami, le compagnon de chaque instant, alors iel passe outre. Après tout, nul n'est parfait.

Parfois, ce paradoxe de leur modèle est troublant, mais iel entend les arguments des fondateurs : il faut utiliser les armes de l'ennemi pour le défaire.

Pour échapper à ses pensées perturbantes, Kao enfourche son vélo. Gaxx le suit en courant paresseusement, pour optimiser lui-même son rythme à l'énergie qui lui reste en batterie. Ils se dirigent vers le bois de cèdres de l'Atlas où sa bande a élu domicile dans un campement

de fortune fait de tentes individuelles et d'une yourte commune. Iel arrive, trempée de sueur par sa longue course à vélo, surtout à cause de la montée finale en plein après-midi caniculaire, alors que la batterie du vélo à bout de course devenait un poids mort : iel aurait dû écouter Gaxx et rouler tranquille.

Kao salue Naomi, Erwann et ses autres complices de leur vie quotidienne loin du système et de ses contraintes, tous enfants de la balle. Tous ardents partisans du chaos et adversaires acharnés du pouvoir centralisé aussi bien de l'UE Globale que des TAÏGA et des TAÏFA, symboles locaux de l'oppression économique et technologique du modèle dominant, même si les TAÏGA sont moins critiquables et que celui de Chartreuse tolère, avec une certaine bienveillance, leur base faite de bric et de broc. Loin aussi des collectifs mous soumis au pouvoir de l'Agora quantique et à ses règles. Eux forment une communauté humaine mondiale, comme il en existe peu. Libre de toute régulation.

Kao attrape le module de panneau solaire dans sa tente et l'installe, avec une bonne exposition, dans la clairière pour recharger les batteries.

Le chien frétille à cette connexion qui le bourre d'énergie. Soudain, sans signes avant-coureurs, il se met à aboyer — ce qu'il ne fait presque jamais —, puis à geindre. Kao panique. Son chien robotique est pris de convulsions et s'allonge sur le flanc, haletant pour expulser l'air en surchauffe de ses ventilateurs.

Encore une **attaque informatique** !

Gaxx est un point faible dans ce domaine. Il peut ouvrir une brèche vers

l'IA GAIA avec laquelle il a une connexion directe.

Le robot est souvent la cible de hackers mandatés par le pouvoir en place, qui cherche à les infiltrer pour les contrôler et les surveiller. Mais, parfois, ils viennent de communautés concurrentes prônant le transhumanisme et cherchant à réduire leur influence croissante. Les succès induits par les programmes de limitation technologiques, développés par l'IA GAIA et concrétisés par les indicateurs de décroissance mis en place par la communauté, commencent à inquiéter les technophiles...

Kao est envahi par une vague de chair de poule : jamais auparavant Gaxx n'a eu de telles réactions à une tentative de piratage. Iel connecte son antivirus à son compagnon à quatre pattes dans l'espoir d'enrayer le processus... mais le logiciel se révèle incapable de contenir les assauts du **hacker**.

Kao n'a pas le choix. Il se résigne à la dernière extrémité et sort son téléphone portable : pas un smartphone, non, et moins encore une IA personnelle, mais un pur produit à l'ancienne qui permet uniquement des appels vocaux et ne coûte presque rien tant à l'achat qu'à l'usage, mais qui convient très bien à Kao. D'autant qu'il ne fournit aucune donnée à son opérateur. Iel appelle son référent au sein de la communauté pour lui demander un contact parmi les membres qui soit capable de protéger Gaxx.

Après un bref échange, il obtient un nom — Jennifer — et une adresse à Grenoble. Avec précipitation, iel charge Gaxx dans son panier, qu'iel fixe

au porte-bagage de son vélo, puis iel enfourche ce dernier pour retourner en ville.

Kao doit faire vite. Heureusement, en descente les chargeurs couplés aux panneaux solaires **supraconducteurs quantiques** permettent des recharges ultrarapides et, en quelques minutes, la batterie de son cycle a atteint la moitié de sa charge. Pas besoin de reprendre le train.

Kao fonce dans la pente, le cœur rongé d'inquiétudes pour Gaxx. Même s'iel sait que ce dernier est une concession à la technologie triomphante et une entaille à la philosophie et aux objectifs de la communauté, iel lui est très attaché.e. Iel a peur de le perdre et, plus encore, qu'il serve de cheval de Troie contre l'**IA GAIA**.

Jennifer est installée confortablement dans son salon. Elle télétravaille désormais à plein temps du fait que sa grossesse approche de son terme. Elle caresse son ventre arrondi en parlant doucement à son enfant qui s'agite dans son ventre. Un choix cornélien que celui d'engendrer une nouvelle vie dans ce monde incertain et un sujet de tension au sein de la communauté Gaïa dont elle fait partie depuis six ans. Elle a été intronisée par un ami d'enfance, selon un processus strict qui garantit l'intégrité des nouveaux membres.

Son désir de maternité et sa conviction que, sans bambins, il n'y a pas d'intérêt à améliorer la société, l'amènent à s'opposer aux partisans d'un contrôle absolu des naissances au sein de la communauté. Un choix qui n'aurait, de toute manière,

aucun poids démographique à l'échelle planétaire mais uniquement symbolique. Jennifer est engagée, mais se veut pragmatique.

Elle est habituée à ce rôle ambigu, elle qui a défendu — et obtenu — le recours aux panneaux solaires à supraconductivité quantique pour recharger les IA autres que GAIA, faisant partie de la communauté. Elle contribue aussi, par ses compétences informatiques, au développement et à la maintenance de l'IA GAIA. Cette dernière est essentielle au succès de leur communauté à long terme.

Le logiciel intelligent assure, en effet, l'invisibilisation de ses membres vis-à-vis du contrôle et de la **traçabilité des données personnelles** par les instances gouvernementales, institutionnelles ou encore privées — principalement exercées par les consortiums. Mais l'**IA GAIA** travaille aussi à les aider à bâtir un modèle de société naturaliste et humaniste libérée de la dépendance techno-énergétique. À cette fin, elle contribue à réduire ses propres consommations d'énergie comme celles de la communauté dans son ensemble, par des préconisations adaptées. Elle est aussi à l'origine de l'outil de communication avec les animaux et végétaux.

Il y a, bien entendu, une dimension schizophrénique dans cette réalité, mais celle-ci fait partie intégrante du monde moderne et même du fonctionnement de la communauté Gaïa. Laquelle a recours à des personnes « intégrées » — comme elle — pour mener à bien ses tâches en dépit du souhait de se défaire de la dépendance aux technologies.

Depuis le temps, elle vit en assez bonne entente avec ses paradoxes : elle fait de son mieux, pour elle et pour l'humanité. Et adviene que pourra.

Bien sûr, son job consiste à optimiser le processus logistique de livraison de sa société grâce à la puissance des **IA quantiques**. Ce qui revient, pour une grande part, à mettre plus de pression sur le personnel qui croule sous les indicateurs de suivi de la performance. Elle a déjà obtenu le suivi en temps réel des constantes vitales des livreurs pour surveiller leur état de santé en continu et prévenir les maladies comme les accidents. Jennifer compte bien poursuivre cette lutte et améliorer encore leur sort en intégrant, à leur tableau de bord, des indicateurs de bien-être afin de rétablir un équilibre.

Son expérience professionnelle lui vaut de faire partie du groupe de travail sur les indicateurs de décroissance de la communauté Gaïa. Ceux-ci doivent être objectifs et mesurables pour motiver les membres, bien sûr, mais aussi pour en attirer de nouveaux sur la base de résultats concrets. Une stratégie qui porte peu à peu ses fruits et qui n'est possible — vu les quantités de données à traiter — que par le recours à **l'informatique quantique**. L'organisation a toujours besoin de nouveaux bras pour développer ses compétences comme ses ressources financières. Ce programme est donc stratégique.

Il est déjà 17h et Jennifer se déconnecte de son poste en ligne.

Quelques secondes plus tard, on sonne à sa porte. Elle active la vidéo



“

*Je suis Kao, j'ai 15 ans, je suis non-genré.e et impliqué.e dans le hacking des technologies quantiques.*

*Je suis en rébellion contre les puissances qui utilisent le quantique pour tout contrôler.*

*Je vis « hors système », accompagné de mon chien-robot Gaxx, dont l'IA est connectée à l'internet quantique.*

*Gaxx est souvent attaqué par la cybersécurité des États qui cherchent me contrôler à travers lui.*

de l'interphone et découvre un jeune, quelque peu androgyne.

Un des membres de la communauté l'a informée, un peu plus tôt dans la journée, qu'un des leurs avait besoin de son aide pour un problème informatique ; mais elle ne s'attendait pas à ce qu'il soit si jeune. Le doute l'envahit.

– C'est pourquoi ?

L'adolescent.e lui montre un chien robotique animé de mouvements désordonnés. C'est bien lui, la victime d'une attaque de hacker susceptible d'affecter l'IA GAIA elle-même. Une situation de risque inédite et inacceptable qui colle des sueurs froides à Jennifer.

Elle ouvre la porte.

– Viens : 3<sup>e</sup> étage, je t'attends.

Deux minutes après, l'inconnu.e se présente à sa porte.

– Salut. Je m'appelle Kao et c'est mon chien Gaxx qui a un problème. D'habitude,



mon antivirus suffit à contrer les intrusions, mais, cette fois, il est impuissant. Tu peux nous aider ?

– Salut, Kao, moi, c’est Jennifer. On va voir ça tout de suite.

Jennifer prend Gaxx dans ses bras et le pose sur son bureau.

Kao observe la femme enceinte brancher un câble sur une **prise connectique de Gaxx** et se mettre au travail. Iel s’interroge sur l’appartenance de Jennifer à la communauté, alors qu’elle vit en ville, qu’elle est entourée de technologies quantiques et que, de toute évidence, elle travaille pour une grande société privée. Tout cela lui semble incompatible avec sa propre vision de leurs objectifs. Iel réalise pourtant que la communauté Gaïa a besoin de telles compétences pour fonctionner. Lui-même y a recours pour sauver Gaxx. Et ce dernier n’est pas plus en phase avec son idéal de société... Kao doit mettre un peu d’eau dans son vin. Jusque-là, iel ne voyait d’intérêt aux technologies quantiques que pour la médecine : un sujet qui concerne peu Kao, vu son jeune âge.

Iel tremble en attendant le résultat de l’intervention de son hôte. Cela fait plusieurs minutes que Jennifer travaille sur l’interface qu’elle a ouverte entre son ordinateur et Gaxx.

Kao ne peut dissimuler son inquiétude.

– Alors ? Tu vas pouvoir le sauver ?

Jennifer ne répond pas tout de suite, concentrée sur son écran au point que des rides se forment sur son front.

Finalement, elle regarde Kao en souriant.

– Oui, je crois que oui. Je vais lancer mon antivirus et on sera fixés dans quelques instants.

Elle appuie sur « Enter » et les deux jeunes gens observent le chien robotique qui continue de tressauter sur la table. Les mouvements anarchiques diminuent peu à peu, jusqu’à cesser totalement.

Gaxx rouvre les yeux et regarde Kao avec affection. Ce dernier se précipite vers lui, le serre dans ses bras.

– Mon Gaxx ! Quelle joie de te retrouver.

Puis, ému.e aux larmes, iel embrasse Jennifer.

– Merci. Pour lui et pour moi. J’y suis très attaché.e, même si cela peut paraître un peu contradictoire avec la communauté.

La jeune femme caresse ses épaules en riant, touchée par sa sollicitude.



“

*Je suis Jennifer, j’ai 25 ans, ingénieure en algorithmes quantiques pour l’optimisation logistique chez UBS.*

*Je protège au maximum les conditions de travail des livreurs dans les nouveaux processus.*

*Je me sens coupable de contribuer par mon métier à développer un monde qui se déshumanise.*

*Membre de la communauté Gaïa, je contribue au développement d’un modèle de société alternatif.*

– Ce n’est rien. Avec plaisir. Quant à la schizophrénie dans notre rapport à la technologie, ne t’inquiète pas... je fais pire que toi, et de beaucoup.

Kao sourit. Elle est vraiment sympa!

– Ce n’est quand même pas passé loin d’infecter l’IA GAIA elle-même. Si une telle attaque se reproduit, viens vite. Je te laisse mon numéro direct.

– Merci, je n’hésiterais pas, tu es super. Et félicitations pour la naissance à venir. C’est pour bientôt?

– Merci. Oui, dans six semaines si tout se passe comme prévu.

– J’espère que tout ira bien. Non, j’en suis sûr.e. Merci encore et à une prochaine dans d’autres circonstances, j’espère.

– Au revoir, Kao. Fais attention à toi et prends bien soin de Gaxx, c’est un bon chien.

Kao lui fait un clin d’œil et la quitte. Iel redescend, sort de l’immeuble avec un Gaxx gambadant à ses pieds. Puis, iel remonte sur son vélo et reprend le chemin du campement avec son robot chien jappant de bonheur derrière iel. Aujourd’hui, Kao veut profiter de l’instant, il ne se pose plus de questions sur ces signes extérieurs d’attachement : est-ce qu’il vaudrait davantage provenant d’un animal intéressé par les croquettes?

Jennifer, elle, se concentre sur quelques éléments du code du virus. Elle y voit la signature d’agents intervenant pour le compte des grandes entreprises ou de collectifs technophiles, car son codage de pointe ne correspond pas vraiment aux capacités de nuisance des

États ; à moins que l’UE Globale ne se soit résolue à faire appel à des hackers du privé – une hypothèse très improbable, d’autant plus que GAIA est une menace plus prégnante pour les consortiums industriels et leurs défenseurs que pour le pouvoir centralisé. Elle compte bien creuser cette piste et espère remonter à l’origine de l’attaque afin de la dénoncer sur les réseaux sociaux.

Elle n’a pas fini ses recherches qu’elle reçoit un mail de son responsable, lui signalant que sa demande a été rejetée : elle ne présentera pas le module Santé de son outil au salon du Made In Europe (MIE), mais elle devra vanter le nouveau logiciel d’optimisation des livraisons pour le compte du consortium Amazx.

Jennifer grogne toute seule, car le logiciel en question induit la suppression de la grande majorité des postes de livreurs au profit de drones et de véhicules autonomes – un basculement qui ne lui plaît guère. Elle doit pourtant accepter ce rôle sous peine de perdre elle-même son emploi et, avec lui, son accès aux **ordinateurs** de la compagnie, dont elle détourne la puissance de calcul pour alimenter GAIA. Un dilemme terrible qui lui laboure l’estomac, jusqu’à ce que jaillisse une idée brillante.

Au MIE, Jennifer assiste, avec des bouffées d’angoisse, à la présentation précédant la sienne : My porteo sniper, une innovation portée par une société nommée Mass Bio Lab. Cette technologie permet de détecter des protéines marqueuses de cancers et d’injecter une réponse thérapeutique individualisée

en fonction des données biologiques collectées par les **capteurs**. Une invention prometteuse, mais dont le coût, de plusieurs dizaines de milliers d'euros par patient, promet de limiter l'accessibilité à tous : une réalité qui amène le dirigeant de Mass Bio Labs à alerter le ministre sur le besoin d'aide financière pour les populations les moins aisées.

Lorsque vient son tour, Jennifer prend la parole avec assurance pour détailler tous les avantages de son nouveau programme. Elle est interrompue dans son discours par une voix juvénile, tout droit sortie des haut-parleurs, qui annonce avoir **piraté le système d'information** du centre des congrès.

Jennifer retient son sourire en reconnaissant la voix de Kao. Grâce au code qu'elle a développé pour lui permettre cette action subversive, iel est en train de réussir sa mission.

– Bonsoir, ici Kao. J'ai 15 ans, vous ne pouvez pas me voir. Je trouve cette application stylée mais utilisée à mauvais escient. Moi, je vais en faire quelque chose de bien plus intéressant. Je n'ai qu'à hacker votre système par l'**avatar de mon chien robot Gaxx**, qui est présent sur le stand. Vous pouvez le détruire, mais il est cloné sur les réseaux, donc nous pourrons

le reconstruire. Je viens de modifier et de rendre accessible le code de votre application en open source pour créer le chaos. Vous ne pouvez pas résister. Dès à présent, vos camions, drones et wagons autonomes ne délivreront plus vos marchandises aux adresses voulues. Bonne chance pour remettre de l'ordre. J'ai un message pour vos cadres, et plus particulièrement pour Jennifer qui défend ce logiciel briseur d'emplois : cessez d'obéir bêtement à vos employeurs et rejoignez-nous. Vive le libre arbitre, vive l'anarchisme anticapitaliste ! Emptarez-vous des technologies quantiques pour devenir des êtres libres et autonomes, en accord avec la nature et Gaïa. Stop à la *supply chain* mondiale. Sur ce, bonne soirée à toustes.

Cette déclaration, écrite conjointement par Jennifer et Kao, permet d'écarter tous soupçons loin de la jeune mère de famille et de préserver ainsi son accès aux ordinateurs quantiques d'UpEx, pour le plus grand profit de la communauté Gaïa : un coup à triple bande magnifique qui promeut leur communauté, préserve les emplois salariés et ne met pas en danger leur agent infiltré. Jennifer joue la surprise et la colère à merveille. Son plan est une vraie réussite.

# L'ANALYSE TECHNOLOGIQUE

Les scénarios *Explorations quantiques 2050* mettent en scène un imaginaire collectif sur les applications futures des technologies quantiques, qui peut entrer en cohérence avec les trajectoires actuelles de la recherche en sciences quantiques, mais, parfois, s'en éloigner et, même, entrer dans une para-réalité que les sciences actuelles ne valident pas.

Dans les fiches qui suivent, chacune des modalités d'applications quantiques, imaginées dans les scénarios, est examinée au regard des connaissances scientifiques en 2024 : Que disent nos scénarios ? Que dit la science ? Est-ce faisable à horizon 2050 ? Le quantique serait-il nécessaire pour le réaliser (au regard d'autres choix technologiques, notamment) ?

Cette relecture des hypothèses quantiques émises dans les scénarios est le fruit d'un dialogue entre l'équipe d'animation scientifique de la saison « Explorations quantiques 2050 » et un groupe d'analyse composé de chercheurs en sciences quantiques :

- Alastair A. Abbott<sup>1</sup>, Inria, chercheur en informatique quantique ;
- Pierre Engerran<sup>2</sup>, chargé d'animation et de communication scientifique ;
- Fabrice Forest<sup>2</sup>, chargé d'animation et de valorisation scientifique ;
- Oscar Gravier<sup>3</sup>, doctorant en physique quantique ;
- Robert Whitney<sup>4</sup>, chercheur en physique quantique.

Neuf « concepts quantiques » ont été identifiés dans les scénarios, décrits, puis décryptés :

- Ordinateurs quantiques ;
- Capteurs quantiques ;
- Communication quantique ;
- Cryptographie quantique ;
- Supraconductivité ;
- IA quantique ;
- IA personnelles ;
- Métavers quantiques ;
- Hybridation organique–quantique.

Les fiches qui suivent présentent la vision imaginaire de ces concepts (en page de gauche) en regard de ce que dit la science aujourd'hui (en page de droite).

---

1 Université Grenoble Alpes, Inria, F-38000 Grenoble, France.

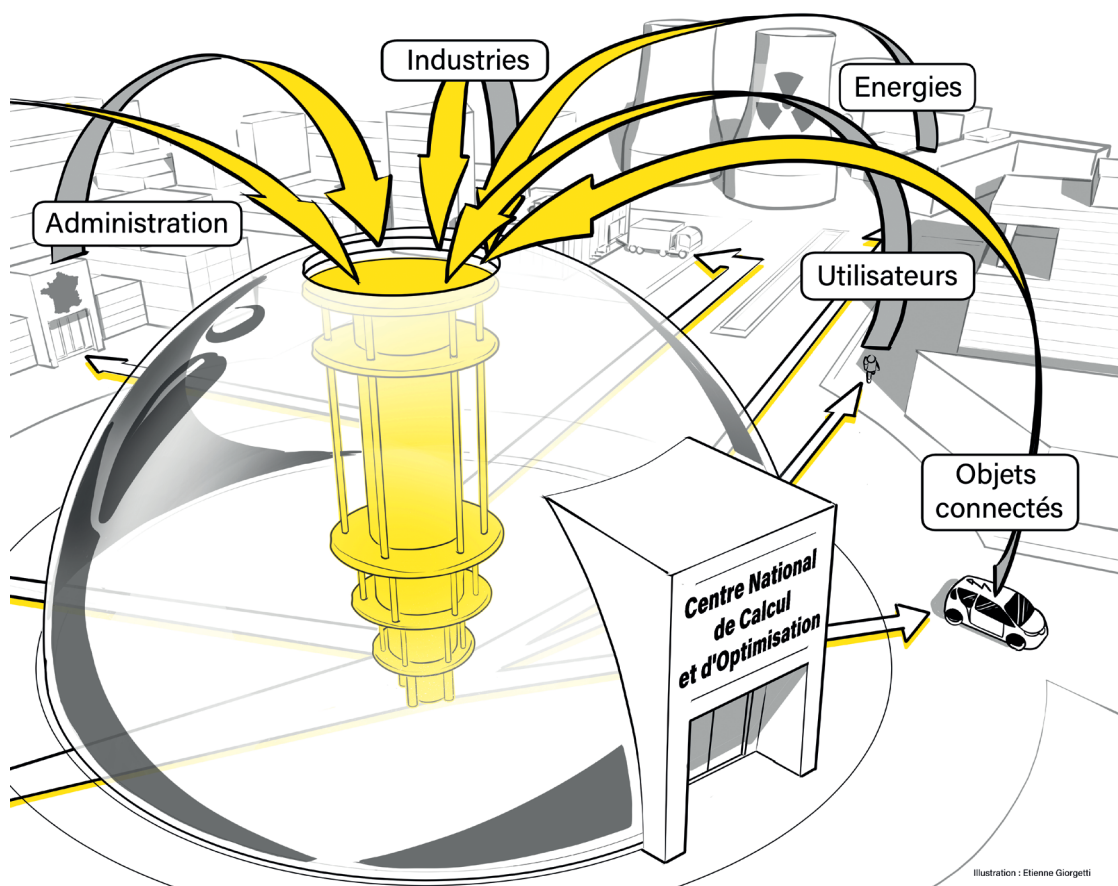
2 Université Grenoble Alpes, 621 avenue Centrale, F-38400 Saint-Martin-d'Hères, France.

3 Université Grenoble Alpes, CEA-Léti, F-38054 Grenoble, France.

4 Université Grenoble Alpes, CNRS, LPMCC, F-38000 Grenoble, France.



# ORDINATEURS QUANTIQUES



Représentation imaginaire d'un supercalculateur permettant de traiter les données issues des activités d'un territoire et d'alimenter des systèmes d'optimisation (scénario « Les pouvoirs centralisés »).

## Que disent nos scénarios ?

Deux types d'ordinateurs quantiques sont évoqués dans les scénarios :

- Les « supercalculateurs » utilisés par les pouvoirs publics, les grandes administrations ou les industriels pour le traitement de données massives et la gestion de systèmes d'information à grande échelle. Ils utilisent de manière optimale toutes les propriétés quantiques (superposition, intrication et dualités), en manipulant le nombre maximum de qubits permis en 2050 (simulation, optimisation, etc.) ;
- Les ordinateurs personnels quantiques utilisant certaines capacités de calcul quantique et manipulant un nombre minimal de qubits pour la réalisation de tâches d'amélioration de la vie quotidienne à l'échelle des individus et de leur comportement.

## Que dit la science ?

Les ordinateurs quantiques actuels possèdent entre quelques dizaines et quelques milliers de qubits. Plusieurs technologies différentes sont explorées, mais, pour la plupart d'entre elles, les taux d'erreurs sont trop importants pour permettre d'effectuer de grands calculs.

Pour surmonter l'impact de ces erreurs, inhérentes aux systèmes quantiques, des solutions de correction d'erreurs sont en développement. Ces algorithmes codent chaque « qubit logique » dans un grand nombre de « qubits physiques » (souvent de l'ordre de milliers de qubits logiques). On peut ainsi atteindre une certaine tolérance aux pannes pour effectuer des calculs quantiques volumineux et fiables. Cependant, le recours à la correction d'erreurs nécessiterait des centaines de milliers de qubits physiques pour réaliser un ordinateur quantique universel tolérant aux pannes. En l'état actuel de la connaissance, on tente d'implémenter une correction d'erreurs pour accomplir des calculs simples sur une dizaine de qubits logiques au maximum, mais qui ne sont pas encore complètement tolérants aux pannes.

Un autre aspect logiciel interroge la question des usages : alors que de nombreux algorithmes quantiques existants pourraient

fournir des accélérations importantes, par exemple dans la factorisation en nombres premiers, il existe de nombreux problèmes pour lesquels l'utilité des ordinateurs quantiques n'est pas prouvée. C'est le cas, par exemple, des tâches d'optimisation qui sont très génériques et pour lesquelles l'ampleur et la supériorité des accélérations quantiques sont débattues, malgré une recherche intense dans ce domaine.

Sous l'angle plus matériel, les architectures actuelles ne sont pas facilement applicables à des millions de qubits : typiquement, il faut un câblage de contrôle individuel pour chaque qubit à l'intérieur d'un cryostat, qui, aujourd'hui, ne peut pas être miniaturisé davantage. Nous sommes donc encore loin de savoir interconnecter un volume suffisant de puces quantiques capables de fonctionner comme un véritable ordinateur quantique.

### Est-ce faisable à horizon 2050 ?

Ces dernières années ont été marquées par une croissance rapide du nombre de qubits, mais, avec les taux d'erreurs actuels, il est difficile d'augmenter davantage la complexité des calculs sans implémenter de correction d'erreurs. Pour s'approcher des calculs universels tolérants aux pannes, il faudra continuer d'améliorer

la qualité des qubits tout en passant à l'échelle. Ce passage à l'échelle est un défi qui nécessitera encore des avancées technologiques majeures. De nombreuses pistes sont explorées et cela est envisageable, néanmoins incertain.

Pour les applications à large échelle évoquées dans les scénarios, de nouveaux algorithmes devront également être développés : pour de nombreuses applications, il est loin d'être certain que des avantages significatifs puissent être obtenus.

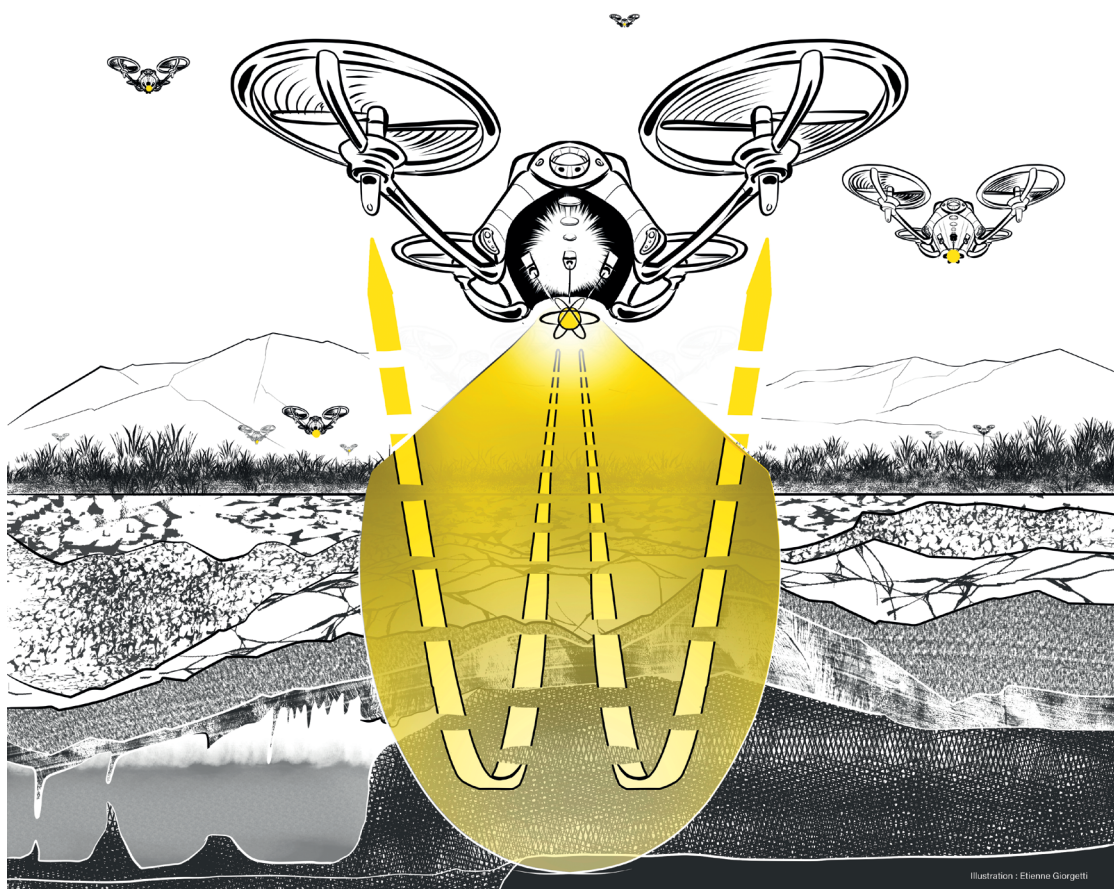
Les scénarios font également référence à des ordinateurs quantiques personnels plus petits, dotés d'un nombre limité de qubits. Concevoir un tel ordinateur reste un défi lointain : même un petit ordinateur dédié à la correction d'erreurs, avec les technologies actuellement explorées, nécessite des équipements volumineux, notamment des cryostats.

### Le quantique serait-il nécessaire ?

Les puissants ordinateurs quantiques évoqués dans les scénarios nécessitent sans aucun doute des développements technologiques et matériels importants, ce qui rend flou l'arrivée et la réalité de tels moyens de calculs. De plus, la supériorité des algorithmes quantiques reste à prouver dans de nombreux cas.



# CAPTEURS QUANTIQUES



Représentation imaginaire de capteurs quantiques à bord de drones sondant le sous-sol terrestre (exemple de capteurs présents parmi l'ensemble des scénarios)

## Que disent nos scénarios ?

Les capteurs quantiques utilisent des propriétés de physique quantique permettant de sonder et d'analyser la matière au travers de grandes épaisseurs minérales denses (sous-sol terrestre) ou organiques (végétaux, corps humain, etc.). Dans les scénarios, ils sont présents sous différentes formes :

- embarqués dans les robots ou animaux de compagnie pour informer leur propriétaire sur la qualité des produits agroalimentaires qu'ils consomment ou sur la qualité de l'air ;
- portés par les individus (bijoux, vêtements, etc.) ou implantés, parfois sur demande des autorités, afin d'alimenter des IA personnelles ou les IA et les bases de données gouvernementales ;
- utilisés par les IA quantiques de régulation pour évaluer les émotions et les controverses lors des réunions ou, même, les débats de l'Assemblée, afin de modérer les discussions ;
- capter des signaux émis par les êtres non-humains végétaux ou animaux, afin d'alimenter en données des IA capables d'interpréter ces informations.

## Que dit la science ?

La recherche en sciences quantiques permet déjà des applications relativement robustes de capteurs quantiques, d'une précision sans égal par rapport aux capteurs classiques, utilisables dans une diversité de domaines.

Parmi les approches de détection quantique les plus avancées, il est possible de citer les capteurs de photons quantiques (pour détecter la lumière avec très peu de photons), la lumière comprimée (pour mesurer des distances avec plus de précision) et les horloges atomiques (pour améliorer la précision des meilleures horloges). Ces horloges ont démontré depuis longtemps que l'application de principes quantiques permettait une précision inégalée dans la mesure des fréquences.

D'autres applications sont explorées, par exemple dans la détection des champs magnétiques, des accélérations, des vitesses de rotation et de la force de gravité de champs gravitationnels. Par exemple, les gravimètres, qui mesurent la gravité, trouvent des applications innovantes, allant de la prévision des séismes à la prospection des sous-sols. D'autre part, les accéléromètres, qui mesurent l'accélération, jouent un rôle essentiel dans le développement de systèmes de navigation autonomes.

Dans le domaine de la santé, plus proche de l'utilisation présentée dans les scénarios, les technologies quantiques ouvrent des perspectives dans les domaines de l'imagerie ou de la détection biomédicale. Les expérimentations actuelles laissent espérer qu'elles pourront améliorer significativement la magnétoencéphalographie (MEG), une imagerie cérébrale à haute résolution spatiale et temporelle. En neurosciences, ces images sont cruciales dans le diagnostic précoce de maladies telles qu'Alzheimer, la réhabilitation post-AVC et le diagnostic des troubles mentaux. En neurochirurgie, la MEG améliore la localisation des zones cérébrales responsables des crises d'épilepsie et les résultats des interventions chirurgicales.

Des propositions plus spéculatives, telles que le radar quantique, existent également, bien qu'il y ait beaucoup de débats sur la faisabilité de celle-ci.

## Est-ce faisable à horizon 2050 ?

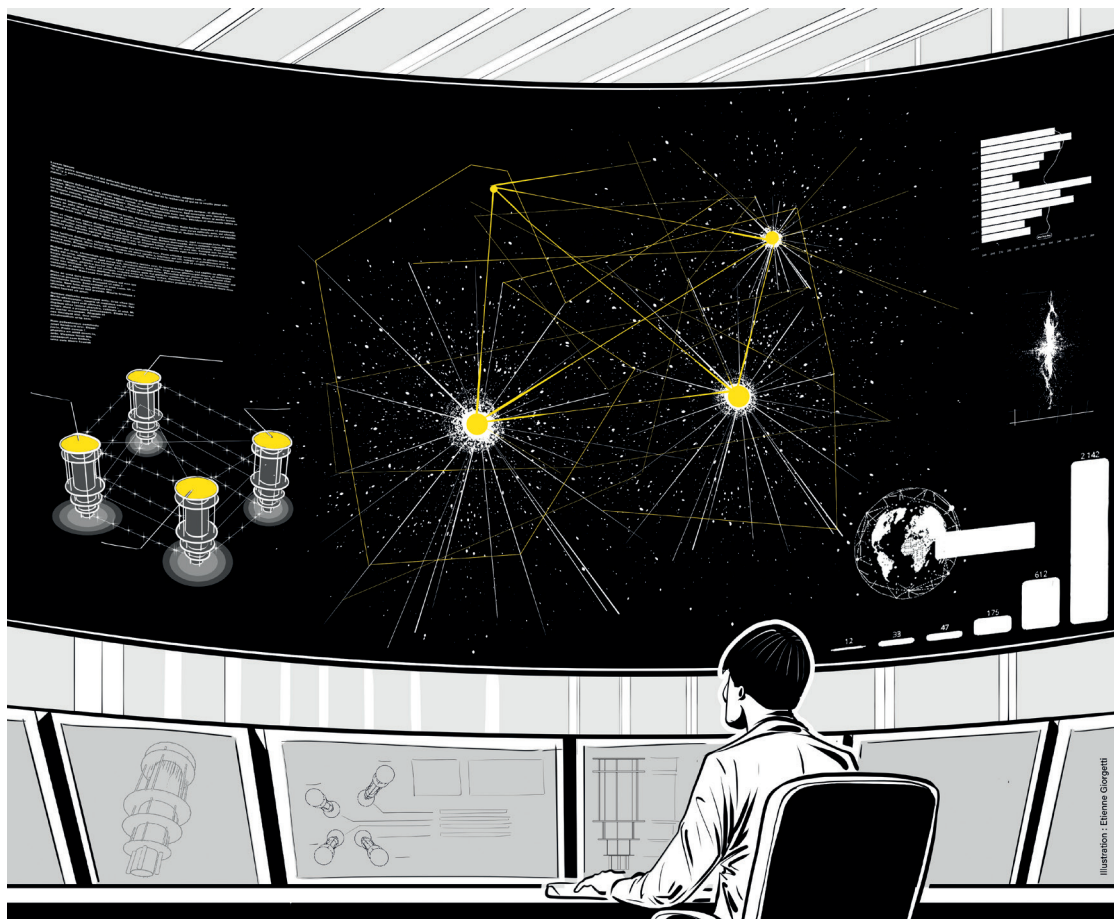
La détection quantique est un des domaines le plus matures dans la recherche sur les technologies quantiques. L'idée générale est d'utiliser un système quantique pour obtenir des mesures plus sensibles avec une résolution plus élevée ou un bruit réduit.

Pour certaines des applications évoquées dans les scénarios, il est réaliste d'envisager que des capteurs quantiques puissent réaliser de meilleures mesures de paramètres médicaux, de niveaux de pollution, etc. Cependant, d'autres applications évoquées se concentrent sur des capteurs petits ou intégrés : il n'est pas évident que les capteurs quantiques puissent être miniaturisés à ce point tout en améliorant la performance des capteurs « classiques » adaptés à de tels besoins. D'autres capteurs évoqués dans les scénarios sont mobilisés pour des applications encore plus utopiques telles que la communication avec les organismes vivants : l'usage de capteurs quantiques dans ce domaine est scientifiquement infondé à l'heure actuelle.

## Le quantique serait-il nécessaire ?

Les capteurs quantiques trouveront probablement des applications au cas par cas. Dans certains cas, ils seront encombrants et coûteux, mais seront utilisés parce que leur sensibilité est supérieure. Dans d'autres cas, ces capteurs pourraient être suffisamment petits pour être intégrés. Cependant, il existe déjà des capteurs miniaturisés suffisants pour la plupart des applications quotidiennes (montres connectées).

# COMMUNICATION QUANTIQUE



Représentation imaginaire d'un centre de contrôle des télécommunications quantiques permettant un calcul distribué entre plusieurs supercalculateurs. (concept présent dans l'ensemble des scénarios).

## Que disent nos scénarios ?

Les technologies de communication quantique sont évoquées implicitement, dans les scénarios, sous trois angles :

- L'omniprésence des capteurs nécessite une capacité de remontée d'information massive, provenant du suivi des activités humaines et matérielles, vers des bases de données et des IA qui doivent les traiter avec, parfois, une obligation de résultat rapide ;
- La puissance de calcul nécessaire à cette interprétation rapide et à la transmission immédiate nécessite la mise en œuvre de réseaux de calcul distribués entre calculateurs géographiquement éloignés ;
- Ces technologies de communication font partie des applications quantiques suspectées de générer des troubles de santé auprès de la population.

### Que dit la science ?

La communication quantique implique l'envoi d'informations quantiques, généralement encodées dans des photons, entre différents nœuds d'un réseau. Comme les données quantiques doivent être traitées de manière cohérente, la lumière est généralement envoyée sous forme d'impulsions coordonnées ou de photons individuels.

Cela permet, par exemple, de générer des clés cryptographiques via la QKD (voir fiche « Cryptographie quantique ») ou, dans un internet quantique, de communiquer des informations intrinsèquement quantiques dans le cadre d'un calcul quantique distribué, ou, encore, lorsque des signaux provenant de plusieurs capteurs distribués qui doivent être traités de manière cohérente comme un seul signal.

Les efforts actuels visent principalement à mettre en œuvre des réseaux de communication quantique sur des réseaux de fibre optique, similaires à ceux utilisés pour des réseaux de télécommunications standards. Il est également possible d'effectuer une communication quantique aérienne à l'aide de lasers, entre deux points en visibilité directe.

Un grand défi dans les communications quantiques, surtout à longue distance, est de contrer la

perte de signal dans la communication. En effet, si des exemples de communication quantique sur des centaines de kilomètres ont déjà été confirmés (en fibre optique et vers satellite), la majorité des données n'arrive pas à leur destination. Alors que la communication classique peut utiliser des répéteurs pour amplifier un signal faible, cela ne fonctionne pas avec les données quantiques, et il faut utiliser des répéteurs quantiques basés sur la téléportation quantique. Cette technologie est toujours en développement et nécessite, le développement de mémoires quantiques mobilisant notamment le principe d'intrication.

### Est-ce faisable à horizon 2050 ?

Les communications quantiques mises en scène dans les scénarios vont challenger les deux principaux axes de la R&D. Tout d'abord, les communications sécurisées à courte distance entre individus et objets connectés (voir fiche « Capteurs quantiques »). Ensuite, l'axe des communications longue distance entre le niveau local des individus et des capteurs et le niveau global des IA quantiques qui nécessitent l'acquisition rapide et sécurisée de données massives et leur traitement par des réseaux de calculateurs distribués. Au niveau local, des réseaux quantiques simples

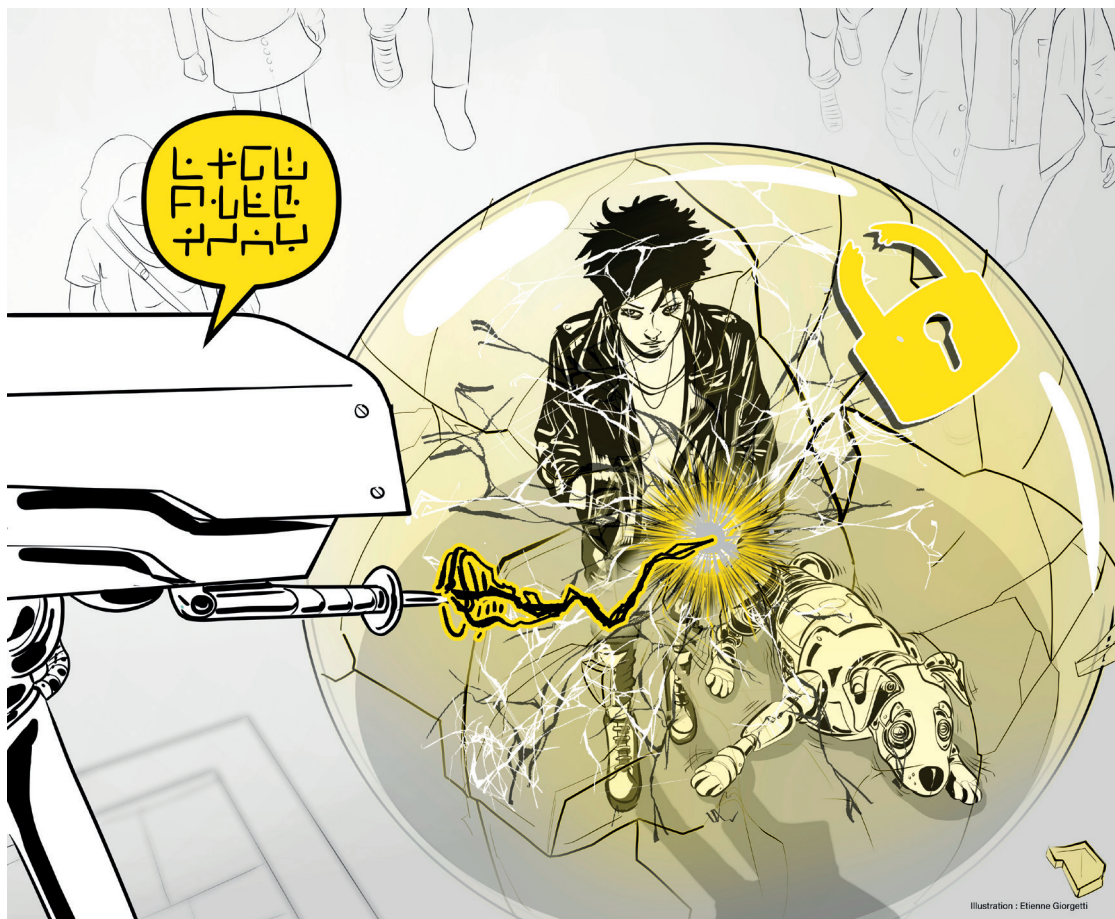
existent déjà, en revanche leur passage à l'échelle, pour généraliser ce type de communication à toutes les interactions locales, ne serait pas forcément faisable à court terme. Au niveau global, il est encore plus compliqué mais envisageable à long terme de développer des réseaux de communications quantiques à longue portée, utilisant notamment des répéteurs quantiques. De nombreux efforts sont en cours pour tenter de déployer des réseaux quantiques, même si cela se focalise sur des applications restreintes à la cryptographie quantique (voir fiche).

### Le quantique serait-il nécessaire ?

L'avantage des communications quantiques par rapport à des systèmes de communications classiques n'est pas évident. Les communications locales entre individus et capteurs ne semblent pas forcément nécessiter de transfert d'informations quantiques. Seule la sécurisation QKD pourrait justifier l'usage de communications quantiques à ce niveau (voir fiche « Cryptographie quantique »). Au niveau global, la communication quantique longue distance avec des IA globales ne semble pas nécessaire autrement que pour de la sécurisation d'information. Elle pourrait en revanche s'avérer indispensable dans le cas de calcul quantique distribué.



# CRYPTOGRAPHIE QUANTIQUE



Représentation imaginaire d'une cyberattaque visant le système de protection par à clés quantiques d'une IA personnelle (scénario « Les communautarismes », l'attaque visant le chien-robot Gaxx).

## Que disent nos scénarios ?

La cryptographie quantique est mobilisée de plusieurs manières dans les scénarios :

- L'IA GAIA compte, parmi ses fonctionnalités, la capacité d'« invisibiliser » la communauté éponyme dans les sphères numériques, si bien que des entités extérieures ne peuvent accéder ni aux données qu'elle traite, ni aux données traitées et échangées entre ses membres ;
- Gaxx, le robot-chien de Kao, est régulièrement la cible de tentatives de piratage par des hackers qui tentent de surveiller Kao ou d'accéder, par lui, l'IA GAIA ;
- Les masses importantes de données manipulées dans le cadre des programmes Marianne et SCE impliquent des menaces sur la vie privée de leurs utilisateurs. Les pouvoirs publics assurent que ces données sont anonymisées, inutilisables par des tiers et placées sous l'égide d'un organisme indépendant en charge de veiller au respect de la vie privée (la CNIL de 2050).

## Que dit la science ?

La cryptographie quantique est une des technologies quantiques les plus matures. La direction principale étudiée est celle de la distribution des clés quantiques (QKD), où l'objectif est de créer des protocoles de communication quantique (voir fiche « Communication quantique »), qui permettent d'établir une clé cryptographique entre deux ou plusieurs parties.

La QKD diffère des approches standards à la cryptographie, car la sécurité de la clé générée est garantie par des lois physiques au lieu des hypothèses computationnelles. En s'appuyant sur des effets d'intrication quantique ou sur l'impossibilité de clonage d'information quantique, il est possible d'établir une clé de chiffrement dont l'inconnue est garantie contre toute écoute indiscreète ou dont toute interception peut être détectée et la transmission interrompue. Une fois la clé partagée, la communication proprement dite est tout à fait classique et cryptée à l'aide de la clé établie.

La QKD est le sujet de presque toutes les démonstrations de communication quantique à ce jour. Il est actuellement possible d'acheter commercialement des dispositifs de QKD pour sécuriser des

communications importantes, et certains réseaux à l'échelle locale sont déployés, tandis que des démonstrations allant jusqu'à 1000 km existent. Toutefois, comme pour toute application de communication quantique (voir fiche), les pertes de signal sont limitantes et des répéteurs quantiques sont nécessaires pour aller plus loin.

Le domaine de la cryptographie quantique couvre également des approches plus fondamentalement quantiques telles que la capacité de créer de la monnaie quantique non clonable, d'opacifier ou d'anonymiser des données quantiques, de créer des programmes quantiques anti-copie, etc. Ces possibilités semblent plus proches de la manière dont la cryptographie quantique est évoquée dans les scénarios. Contrairement à la QKD, ces aspects de la cryptographie quantique sont moins avancés du point de vue théorique et expérimental.

## Est-ce faisable à horizon 2050 ?

La sécurisation des communications contre les écoutes indésirables, afin de garantir la confidentialité, est déjà réalisable et démontrée sur de courtes distances. Les solutions actuelles pour QKD à longue distance utilisent

des nœuds de confiance qui agissent comme intermédiaires, mais cela n'est pas approprié à toutes les situations cryptographiques et fournit une moindre sécurité. Pour passer aux distances plus longues en gardant le même niveau de sécurité, il est nécessaire de développer des répéteurs quantiques (voir fiche « Communications quantiques »), qui se positionnent dans le moyen à long terme. De plus, ces applications nécessitent un ordinateur quantique universel ou un réseau d'ordinateurs quantiques à grande échelle ainsi que l'accès à une grande quantité de mémoire quantique (voir fiche « Ordinateurs quantiques »).

## Le quantique serait-il nécessaire ?

Les technologies quantiques joueront probablement un rôle crucial dans la sécurisation des informations à l'avenir, mais il reste difficile d'attester qu'elles pourront être utiles dans toutes les situations évoquées dans les scénarios, notamment dès lors qu'on considère la communication longue distance. Le quantique ne règlera pas non plus tous les problèmes de sécurisation qui reposent en grande partie sur des erreurs humaines ou de conception.

# SUPRACONDUCTIVITÉ



Représentation imaginaire d'une microcentrale à fusion nucléaire gérée par les collectivités locales exploitant le phénomène de supraconductivité (scénario « Les pouvoirs décentralisés »)

## Que disent nos scénarios ?

Les réacteurs à fusion nucléaire évoqués dans les scénarios utilisent la supraconductivité de certains matériaux pour mettre en œuvre, à grande échelle, la fusion nucléaire par confinement magnétique (réacteurs de type « Tokamak »). Il est imaginé qu'elle permette de déployer des « mini-centrales » venant compléter, localement, l'infrastructure de centrales nucléaires existantes à l'échelle d'un réseau national afin de faciliter la décarbonation énergétique des activités humaines.

Dans les scénarios, ces réacteurs sont accusés d'avoir des impacts sanitaires importants sur les populations vivant à proximité, se traduisant par l'apparition de pathologies neuro-dégénératives inconnues. Les puissantes ondes magnétiques générées sont soupçonnées d'en être à l'origine.



### Que dit la science ?

Lorsque l'on refroidit certains métaux ou alliages à des températures de quelques kelvins (proche du zéro absolu, soit  $-273^{\circ}\text{C}$ ) ils deviennent des supraconducteurs. Ils obtiennent la capacité de conduire parfaitement un courant électrique : la résistance du matériau est intégralement annulée, ce qui empêche la perte d'énergie. Les réacteurs à fusion nucléaire utilisent des aimants constitués de fils supraconducteurs qui permettent de générer des champs magnétiques très intenses de plusieurs teslas (qui est dix mille fois le champ magnétique terrestre). Ils sont utilisés pour le confinement magnétique, qui empêche les particules, en fusion à l'intérieur, d'entrer en contact avec les parois du réacteur. C'est le fonctionnement de l'ITER (International thermonuclear experimental reactor), un réacteur expérimental en construction près d'Aix-en-Provence. La supraconductivité et la fusion nucléaire sont des phénomènes de physique quantique. Cependant, elles

ne sont pas généralement considérées comme des technologies quantiques, car elles se produisent sans que nous ayons besoin d'intervenir au niveau quantique.

### Est-ce faisable à horizon 2050 ?

Un des challenges pour la recherche actuelle est de trouver des solutions pour atteindre la supraconductivité, sans devoir produire ces conditions de refroidissement extrêmes et énergivores. Des matériaux quantiques de synthèse sont à l'étude pour atteindre la supraconductivité à hautes températures. Quoi qu'il en soit de cette recherche, l'ITER, utilisant des supraconducteurs connus, se trouve encore à un stade très en amont des applications civiles ; les expérimentations sont encore très loin d'atteindre une maîtrise qui permettrait leur industrialisation et généralisation comme évoqué dans les scénarios. De plus, les installations nécessaires pour cela sont beaucoup plus volumineuses que l'idée de « microcentrales » évoquée dans les scénarios.

Il est à noter que des risques sanitaires liés à cette technologie (ITER) font l'objet de normes basées sur des travaux de recherche interdisciplinaires, comme pour toutes les centrales nucléaires. Les champs magnétiques (de quelques Tesla) restent principalement à l'intérieur du réacteur, et sont similaires en magnitude aux machines IRM des hôpitaux. Il existe, depuis longtemps, des études scientifiques sur l'effet du champ magnétique sur la santé, et l'on peut s'attendre à ce que les normes en vigueur soient respectées pour le public et les personnes travaillant sur le site.

### Le quantique serait-il nécessaire ?

Les technologies quantiques ne sont pas nécessaires en soi pour la supraconductivité, mais la recherche actuelle en sciences quantiques sur les matériaux quantiques de synthèse pourrait trouver des applications pertinentes si elle parvient à développer des matériaux supraconducteurs à température moins basse, voire ambiante.

# IA QUANTIQUES



Représentation imaginaire de l'Agora quantique où Lou représente son collectif citoyen assistée par une IA quantique (scénario « Les collectifs citoyens »).

## Que disent nos scénarios ?

Les IA quantiques sont des systèmes d'information et de traitement de données massives utilisant des intelligences artificielles. Elles aident au pilotage des institutions (Agora quantique), fournissent aux pouvoirs publics une aide à la décision dans les situations complexes et permettent d'automatiser l'exécution de mécanismes de régulation à l'échelle du territoire. Notamment pour optimiser la consommation énergétique, le pilotage du système de santé ou, même, pour soutenir la croissance démographique ! Les données peuvent provenir, entre autres, des IA personnelles (voire fiche « IA personnelles »). Dans nos scénarios, cette application quantique est controversée car suspectée de recourir à des réseaux de calculateurs quantiques plus gourmands en ressources que les bénéfices d'efficacité et de sobriété énergétiques qu'ils visent.

### Que dit la science ?

La littérature scientifique se focalise principalement sur le développement des algorithmes quantiques permettant d'accélérer des tâches au cœur de l'apprentissage automatique, ou « *machine learning* », l'usage le plus courant de l'IA à ce jour. L'objectif est de développer des IA plus performantes, capables de traiter des ensembles de données plus importants, d'être entraînées plus rapidement ou, encore, de gagner en qualité ou en exactitude. Néanmoins, s'il existe des résultats suggérant des avantages quantiques dans certaines de ces tâches, de nombreuses incertitudes demeurent sur l'ampleur des avantages éventuels apportés par l'apprentissage automatique quantique et par la mise en œuvre de telle technologie. Par exemple, il serait nécessaire de préparer les données sous une forme quantique, un problème qui pourrait se révéler souvent coûteux.

Pour le moment, les prototypes d'ordinateurs quantiques existants sont trop imprécis et sous-dimensionnés pour espérer faire fonctionner une IA quantique (voir fiche « Ordinateur quantique »). De nombreuses recherches sont en cours pour essayer de déterminer les améliorations nécessaires pour qu'une IA quantique

fonctionne. Bien que les chercheurs nourrissent de grands espoirs, de nombreux obstacles doivent être surmontés. Il est donc impossible de prédire si et quand une IA quantique pourrait exister et si elle serait meilleure qu'une IA conventionnelle.

Une autre vision de l'IA quantique, quoique plus éloignée des scénarios 2050, consiste à étudier des systèmes quantiques afin de comprendre leurs propriétés. Elle semble avoir davantage de raisons d'accélérer les processus dans certains domaines, car elle s'applique directement aux données déjà sous une forme quantique. Néanmoins, les avantages théoriques restent à confirmer dans la pratique.

### Est-ce faisable à horizon 2050 ?

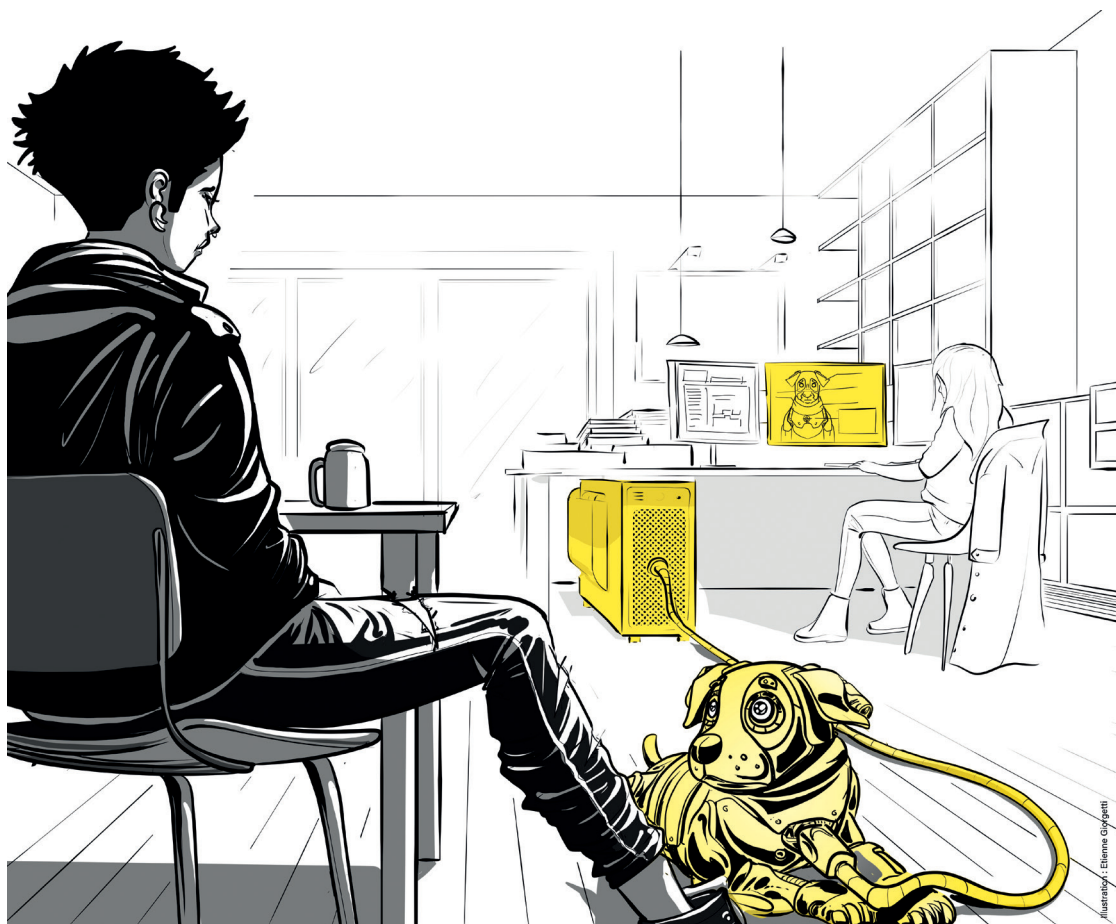
Le domaine évolue très rapidement. Il y a quelques années, nous ne disposions d'aucun prototype d'ordinateur quantique. Aujourd'hui, il en existe avec environ mille qubits (voir fiche « Ordinateurs quantiques »). En principe, cela pourrait être suffisant pour commencer à expérimenter l'IA quantique. Malheureusement, de telles expériences sont presque impossibles aujourd'hui, car ces qubits ne sont pas assez précis. Actuellement, il subsiste une erreur dans 0,5 % des opérations logiques, de sorte que si l'on effectue une

seule opération logique avec chacun des qubits de l'ordinateur, nous aurons au moins un qubit en erreur. Pour l'IA quantique, chaque qubit doit effectuer de très nombreuses opérations logiques sans erreur. Les experts ne s'accordent pas encore sur le nombre d'opérations logiques nécessaires, mais il s'agit au moins de centaines, jusqu'à plus d'une dizaine de milliers d'opérations. Cela signifie qu'il faut considérablement améliorer la qualité des opérations logiques faites par les qubits, avant d'arriver à une IA quantique performante. Les pistes proposées pour cette amélioration n'en sont qu'à leur début.

### Le quantique serait-il nécessaire

Même si nous disposions d'un ordinateur quantique capable d'exécuter un apprentissage automatique quantique plus rapide et fiable que les apprentissages conventionnels, on ne sait pas dans quelle mesure il conduirait aux gains technologiques évoqués dans les scénarios. Il existe aussi d'autres solutions algorithmiques sans IA pour une telle machine. L'informatique et l'IA conventionnelle progressent rapidement (avec certaines de ces avancées inspirées par les progrès en informatique quantique) : les dépasser est un défi pour l'IA quantique.

# IA PERSONNELLES



Représentation imaginaire d'une IA quantique personnelle en cours de reprogrammation (scénario « Les communautarismes », Kao et son chien-robot Gaxx après la cyberattaque).

## Que disent nos scénarios ?

Les IA quantiques personnelles sont des systèmes d'information et de traitement de données locales utilisant des intelligences artificielles afin de soutenir l'aide à la décision des individus. Ces IA personnelles peuvent nourrir en données les systèmes d'information globaux utilisés par les pouvoirs publics (voir fiche « IA quantiques »). En retour, les IA quantiques gouvernementales interagissent avec ces IA personnelles pour influencer voire contraindre les comportements dans le cadre de politiques publiques (énergie, relations interpersonnelles, etc.). Pour cette raison, les IA personnelles sont parfois fournies gratuitement par les pouvoirs publics. On peut donc considérer les IA individuelles, mentionnées dans les scénarios, comme des extensions des systèmes d'IA quantiques plus globales. Ces IA quantiques « globales » utiliseraient alors les IA classiques « locales » à la fois comme des « émetteurs » de données et des « récepteurs » de messages incitatifs.

### Que dit la science ?

La littérature scientifique concernant les IA quantiques (voir fiche « IA quantiques ») ne mentionne pas de recherches concernant le niveau d'applications individuelles. Les IA quantiques étudiées en 2024 sont appliquées au traitement de données massives en lien avec le développement d'ordinateurs quantiques et, en particulier, pour des applications de « *machine learning* ». Ces ordinateurs ne sont pas conçus pour les applications individuelles car trop volumineux, coûteux et potentiellement trop énergivores pour cette échelle d'application (voir fiche « Ordinateurs quantiques »).

### Est-ce faisable à horizon 2050 ?

Une technologie d'IA quantique « dans la poche » n'existera pas. En revanche, il est possible d'imaginer un accès personnel, via un *cloud*, à une IA entraînée et à du temps de calcul d'un ordinateur quantique : un peu comme ChatGPT est accessible aujourd'hui au moyen d'une simple connexion, alors que ces IA ont nécessité un coûteux entraînement inaccessible aux particuliers.

À condition de lever ces verrous, l'obstacle ne serait donc pas technologique mais conceptuel, c'est-à-dire celui de voir émerger des besoins, des usages et, surtout, qu'ils soient acceptables. Par exemple, le coût de développement, évoqué en amont, pourrait rendre l'accès à des telles IA très cher et générer

des inégalités sociales au sein de la population. Inversement, si, comme dans les scénarios, les pouvoirs publics équipaient gratuitement les individus, alors c'est le risque d'autoritarisme qui pourrait être questionné.

### Le quantique serait-il nécessaire ?

Les IA personnelles dites « quantiques », mises en scène dans les scénarios, ne sont pas directement liées au développement de technologies quantiques, mais elles ressemblent davantage à des IA classiques qui accèdent à des connaissances ou des informations issues d'opérations permises par des technologies quantiques (IA et ordinateur quantiques). L'entraînement d'IA quantique n'est pas effectué localement et n'est pas personnalisé.



# MÉTAVERS QUANTIQUES



Représentation imaginaire d'un métavers permettant de procurer en ville la sensation d'une déambulation dans un environnement naturel (scénario « Les pouvoirs décentralisés »).

## Que disent nos scénarios ?

Les métavers quantiques sont des mondes virtuels persistants connectés à un « Internet quantique ». Certains sont uniquement destinés à des usages « récréatifs », comme pour simuler des environnements naturels pour des populations citadines. D'autres, comme l'Agora quantique, sont destinés à être des espaces d'expression et d'échanges entre les représentants des différents collectifs citoyens. Ils sont utilisés comme espace de régulation des interdépendances entre ces collectifs et d'arbitrage des conflits. Ces métavers sont dotés d'intelligences artificielles faisant office de modération des échanges entre les individus.

Les métaverse quantiques sont accessibles via de multiples interfaces intégrées dans le quotidien des individus, que ce soit dans des robots d'accompagnement et les animaux de compagnies augmentés comme QBit, le chien de Lou, ou dans les appareils plus « traditionnels » comme les smartphones, les ordinateurs domestiques, etc.

### Que dit la science ?

À ce jour, la littérature ne propose pas de publications scientifiques sur un « métavers quantique ». Il n'existe donc pas de véritables travaux de scientifiques sur ce concept ; en revanche, la recherche actuelle pourrait un jour avoir un impact sur les métavers.

De rares travaux de recherche établissent un lien entre les technologies quantiques et des applications liées à des métavers classiques. Par exemple, il existe des hypothèses d'exploitation de l'ordinateur quantique et d'algorithmes quantiques pour optimiser l'allocation de ressources entre serveurs et métavers.

### Est-ce faisable à horizon 2050 ?

Le rôle potentiel des technologies quantiques dans

l'apparition d'un métavers de nouvelle génération ferait probablement appel aux développements de plusieurs briques technologiques, notamment l'ordinateur quantique, l'IA quantique, la communication, la cryptographie quantique et les capteurs quantiques. Les trajectoires et temporalités de recherche et de développement de ces briques sont elles-mêmes incertaines.

Cependant, sans cahier des charges concret et plus précis des besoins technologiques pour répondre aux usages futurs d'un métavers, il est impossible de se prononcer sur la faisabilité d'un métavers dit « quantique ».

### Le quantique serait-il nécessaire ?

Bien qu'il n'y ait pas de recherche quantique susceptible d'avoir un impact

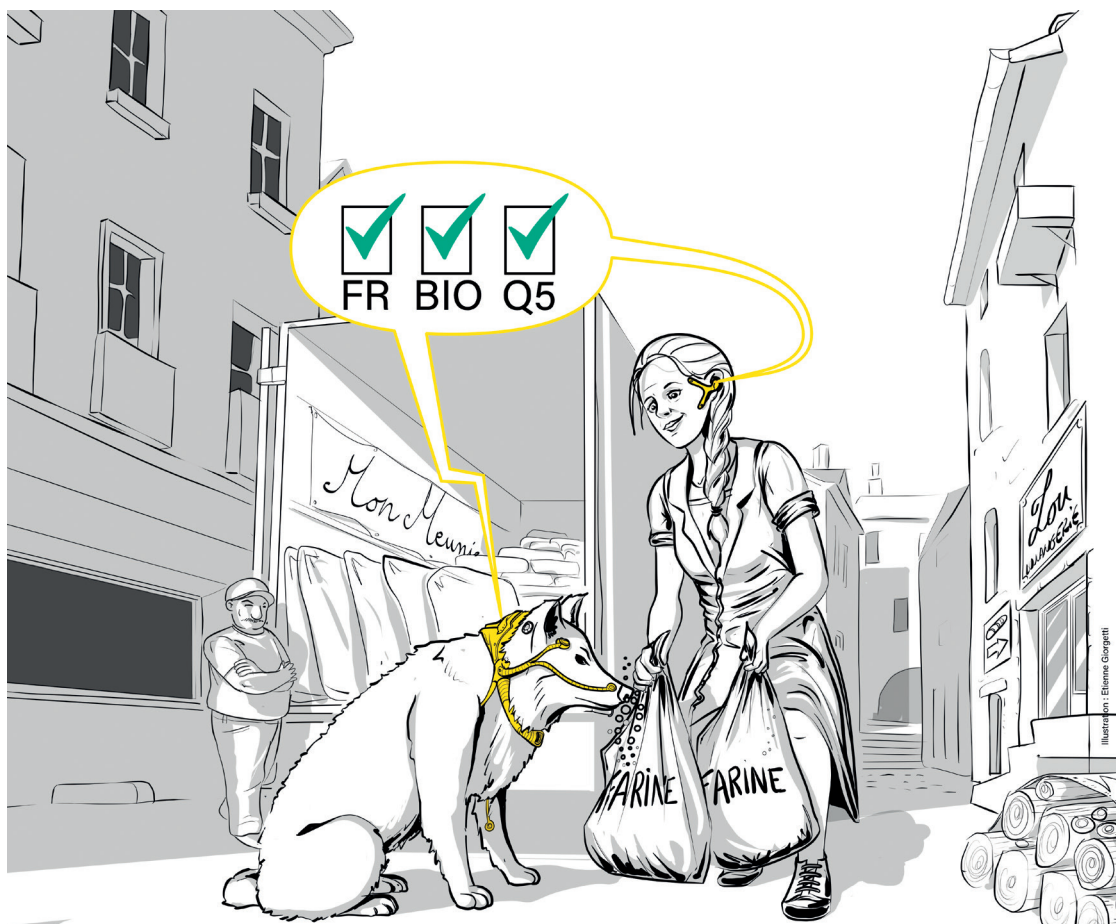
direct sur les métavers, la recherche actuelle pourrait avoir, cependant, un intérêt pour les métavers classiques :

- Interaction dans un métavers avec des IA quantiques entraînées par un algorithme quantique ;
- Métavers optimisés pour être plus performants (meilleure allocation de ressources, environnements virtuels plus réalistes, etc.) ;
- Sécurisation de communication dans les métavers.

Il est impossible d'évaluer aujourd'hui l'importance des impacts liés à ces technologies quantiques sur la conception ou le fonctionnement des futurs métavers. Pour l'utilisation de métavers tels que décrits dans les scénarios, la pertinence des technologies quantiques est incertaine.



# HYBRIDATION ORGANIQUE—QUANTIQUE



Représentation imaginaire d'un chien équipé de capteurs lui permettant d'augmenter son odorat et de communiquer les données à son maître (scénario « Les collectifs citoyens », Lou et son chien Qbit).

## Que disent nos scénarios ?

On trouve quatre formes d'« hybridation » entre le vivant et les technologies quantiques. Ces formes sont hybrides au sens où elles mobilisent à la fois des technologies et des propriétés du vivant. Quatre exemples :

- Qbit est un chien organique doté de capteurs quantiques qui augmentent son odorat pour analyser des matières premières. Il communique les informations à sa maîtresse ;
- Gaxx est un robot qui fonctionne grâce une IA quantique. Son comportement imite celui d'un chien « organique » ;
- Kaï est une IA qui prend une forme organique pour interagir avec l'environnement physique. Elle développe une sensibilité psychologique propre au vivant et revendique une conscience ;
- Enfin, sont évoquées les possibilités d'interaction avec les organismes vivants non-humains (par exemple, des bactéries, des végétaux, des champignons) grâce aux apports de l'IA quantique et de communication quantique (voir fiches « IA quantiques » et « Communication quantique »).

### Que dit la science ?

Il n'existe pas de travaux scientifiques permettant d'émettre et de valider des hypothèses concernant le développement futur de technologies quantiques applicables aux formes d'hybridation avec le vivant telles qu'évoquées dans les scénarios.

### Est-ce faisable à horizon 2050 ?

Les applications reposant sur une hybridation de technologies quantiques avec le vivant étant déconnectées

d'une réalité scientifique, la question de leur faisabilité n'est pas pertinente.

### Le quantique serait-il nécessaire ?

La notion d'hybridation avec le vivant, imaginée dans les scénarios, semble convoquer plusieurs briques technologiques quantiques (notamment l'IA, les capteurs et la communication quantique) mais ces technologies quantiques, en l'état de la connaissance scientifique en 2024, ne sont pas mobilisables dans les scénarios

imaginés et ne figurent pas aux agendas de recherche prioritaires.

L'intégration des technologies dans le vivant (souvent appelée transhumanisme lorsqu'elle s'applique aux humains) est plus susceptible de dépendre de technologies non quantiques. Son éthique fait l'objet d'un débat dans les médias et parmi les experts, et il est peu probable que les technologies quantiques affectent de manière significative ces questionnements à l'horizon 2050.

# RÉFÉRENCES UTILISÉES

## Ordinateurs quantiques

- Bluvstein, D., Evered, S.J., Geim, A.A. *et al.*, « Logical quantum processor based on reconfigurable atom arrays », *Nature*, 2023.
- Arute, F., Arya, K., Babbush, R. *et al.*, « Quantum supremacy using a programmable superconducting processor », *Nature*, 574, 2019.
- Kim, Y., Eddins, A., Anand, S. *et al.*, « Evidence for the utility of quantum computing before fault tolerance », *Nature*, 618, 2023.

## Capteurs quantiques

- Degen C. L. *et al.*, « Quantum Sensing », *Rev. Mod. Phys*, 89, 035002 – 2017.
- Aslam, N., *et al.*, « Quantum sensors for biomedical applications », *Nat Rev Phys*, 5, 157–169, 2023.
- Bongs, K. *et al.*, « Quantum sensors will start a revolution – if we deploy them right », *Nature*, 2023.
- Presse & Médias, *Les capteurs quantiques, des instruments de mesure à la précision inégalée* (cea.fr), consulté le 24 janvier 2024.
- Étienne, I., « L'intégration des capteurs quantiques dans la vie de tous les jours est en marche et il pourrait s'agir d'une véritable révolution ! », *Sciences et Vie*, 2023.

## Communications quantiques

- <https://www.nature.com/articles/nature23655>
- <https://www.nature.com/articles/nature07127>
- <https://arxiv.org/abs/2309.00221>
- <https://www.nature.com/articles/s41534-023-00754-0>

## Cryptographie quantique

- Portmann C. & Renner R., « Security in quantum cryptography », *Review of Modern Physics*, 94, 2022.
- Zapatero, V. *et al.*, « Advances in device-independent quantum key distribution », *Npj Quantum Inf* 9, 10, 2023.
- Pirandola, S. *et al.*, « Advances in Quantum Cryptography », *Advances in Optics and Photonics*, Vol. 12, Issue 4, 2020.
- Kretschmer, W. *et al.*, « Quantum Cryptography », *Algorithmica*, 1589-1602, 2023.
- Bartusek, J., Khurana, D., *Cryptography with Certified Deletion*, 10.48550/arXiv.2207.01754, 2022.
- « La cryptographie et la communication quantiques », CEA, 2021.

## Supraconductivité quantique

- « Une étape historique pour la fusion inertielle », CEA, 2021.
- « La supraconductivité et ses applications », CEA, 2016.

Fournier, P. et al., *Quelle interdisciplinarité pour évaluer la toxicité pour l'Homme de particules nanométriques n'existant pas encore ? L'exemple des poussières tritiées de tungstène qui seront produites dans les machines de fusion nucléaire du futur. Contaminations, environnement, santé et société: de l'évaluation des risques à l'action publique*, Centre d'étude et de recherche Travail Organisation Pouvoir (CERTOP) ; Géosciences Environnement, Toulouse, 2018.

### IA quantiques et IA personnelles

- Aaronson, S., « Read the fine print », *Nature Phys*, 11, 291–293, 2015.
- Benedetti, M. et al., *Quantum-Assisted Learning of Hardware-Embedded Probabilistic Graphical Models*, 2016.
- Biamonte, J., Wittek, P., Pancotti, N. et al., « Quantum machine learning », *Nature*, 549, 195–202, 2017.
- Harrow, A-W., Hassidim, A. & Lloyd, S., « Quantum Algorithm for Linear Systems of Equations », *Phys. Rev. Lett.*, 103, 150502, 2009.
- Huang, H-Y. et al., « Quantum advantage in learning from experiments », *Science*, vol 376, issue 6598, 2022.
- Liu, Y., Arunachalam, S. & Temme, K., « A rigorous and robust quantum speed-up in supervised machine learning », *Nat. Phys.*, 2021.
- Peral García, D., Cruz-Benito, J. & García-Peñalvo, F-J., *Systematic Literature Review: Quantum Machine Learning and its applications*, 2022.
- Saggio, V., Asenbeck, B.E., Hamann, A. et al., « Experimental quantum speed-up in reinforcement learning agents », *Nature*, 591, 2021.
- Tang, E., « A quantum-inspired classical algorithm for recommendation systems, STOC 2019 », *Proceedings of the 51st Annual ACM SIGACT Symposium on Theory of Computing*, 2019.

### Métaverse quantique

Emu, M. et al., *Quantum Computing Empowered Metaverse: An Approach for Resource Optimization*, 2023.

### Hybridation organique–quantique

- de Rosnay, J., « Vers la fusion homme-machine. Un Web en symbiose avec notre cerveau et notre corps », *Sociétés*, 129, 2015.
- Rummens, F., « Systèmes intégrés pour l'hybridation vivant-artificiel : modélisation et conception d'une chaîne de détection analogique adaptative », Université de Bordeaux, 2015.

# La démarche en sciences ouvertes et participatives

## Une question d'innovation sociotechnique

Les technologies quantiques représentent une question idéale de recherche en innovation. L'innovation est une action et son résultat. Depuis quelques années, la communauté des sciences quantiques réalise qu'elle est entrée dans les processus de l'innovation (l'action) et que les acteurs socio-économiques s'interrogent sur l'impact socio-économique des technologies issues de ses recherches (le résultat).

En effet, de nombreux gouvernements nationaux et transnationaux ont lancé leurs programmes de soutien à la recherche et au développement en sciences quantiques. Il s'agit de garder ou d'acquérir une souveraineté technologique et d'accélérer la maturation des résultats scientifiques puis leur transfert vers les premières applications. En 2018,

la Commission européenne annonce le Quantum Technologies Flagship qui vise à « *placer l'Europe à l'avant-garde de la seconde révolution quantique*<sup>1</sup> », avec budget d'un milliard d'euros sur dix ans. Début 2021, le président Macron présente la Stratégie nationale sur les technologies quantiques, avec un plan doté de 1,8 milliard d'euros sur cinq ans. L'un des objectifs est de « *créer 16 000 emplois directs à l'horizon 2030, pour une activité qui représentera à terme entre 1 et 2% des exportations françaises*<sup>2</sup> ». Dans le même temps, le Canada met en place une Stratégie quantique nationale visant, comme en France et en Europe, à maintenir l'avance de son « *écosystème croissant de centres d'expertise quantique de calibre mondial dans les universités et les entreprises*<sup>3</sup> ».

À ce volontarisme politique répondent une multitude d'initiatives industrielles qui

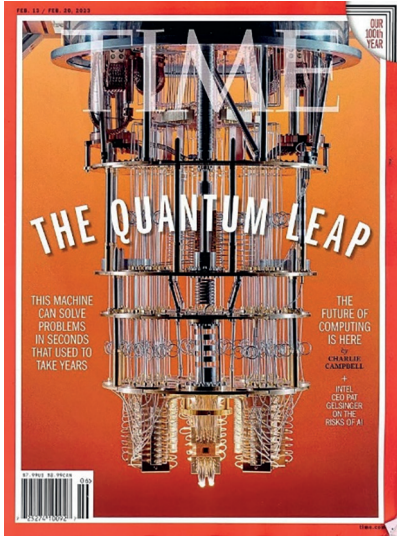
---

1 [https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/IP\\_18\\_6205](https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/IP_18_6205), Communiqué de presse, 29 octobre 2018.

2 <https://www.gouvernement.fr/actualite/18-m-eu-en-faveur-des-technologies-quantiques>, Communiqué de presse, 25 janvier 2021.

3 <https://ised-isde.canada.ca/site/national-quantum-strategy/sites/default/files/attachments/2022/NQS-SQN-fra.pdf>, Gouvernement du Canada, Stratégie quantique nationale.

se traduisent par la création d'une constellation de start-up dans le domaine des technologies quantiques et d'investissements massifs dans la R&D de la part des leaders de l'économie numérique, mais aussi, parfois, dans les secteurs industriels traditionnels dont l'activité pourrait être impactée.



La presse de vulgarisation scientifique s'empare du sujet et amorce ainsi une forme de mise en société de la « question quantique » et, à défaut de pouvoir parler

véritablement d'*innovation quantique*, elle promet déjà une *révolution quantique*. On ne compte plus les numéros spéciaux accordés par la presse scientifique<sup>4</sup>, économique<sup>5</sup> ou spécialisée<sup>6</sup> jusqu'à l'hebdomadaire américain *Time* ouvrant l'année 2023 sur un « Quantum Leap<sup>7</sup> ». Les publications scientifiques et les ouvrages d'experts sont plus prudents pour confirmer l'horizon temporel de l'avènement, mais semblent converger sur l'inéluctabilité d'une évolution industrielle accompagnée de changements sociétaux<sup>8</sup>.

S'ils n'attestent pas encore d'une réalité de l'innovation quantique, ces mouvements démontrent que les acteurs et les mécanismes désormais connus d'une « économie de la promesse<sup>9</sup> » sont activés autour du fait quantique : « *L'informatique quantique porte la promesse d'une technologie de rupture qui repousse les frontières de l'informatique. Cette promesse pourrait adresser et résoudre quelques-uns de nos challenges les plus importants et urgents*<sup>10</sup>. » En effet, il est habituel que ces stratégies de pilotage et de financement

4 *La Recherche* (n°547, mai 2019), *Pour La Science* (n°107, mai 2020), *Sciences et Avenir* (n°902, avril 2022).

5 *Les Échos*, « Promesses et vertiges de l'ordinateur quantique », 24 janvier 2023.

6 *L'Usine Nouvelle*, « Quantique, la naissance d'une industrie », décembre 2023.

7 *Time Magazine*, 13 février 2023.

8 Bobroff, J., *Bienvenue dans la nouvelle révolution quantique*, Flammarion, 2022.

9 Dandurand, G., Lussier-Lejeune, F., Letendre, D. & Meurs, M.-J. (dir.). (2022). *Attentes et promesses technoscientifiques*, Montréal, Les Presses de l'Université de Montréal.

10 Scholten, T.L., Williams, C.J., Moody, D., Mosca, M., Hurley, W., Zeng, W.J., Troyer, M. & Gambetta, J.M. *Assessing the Benefits and Risks of Quantum Computers*, 2024. (traduit de l'anglais : « *quantum computing holds a promise as a disruptive technology that extends the frontiers of computation. This promise could tackle and solve of our most pressing grand challenges.* »)



de l'innovation mobilisent avant tout les acteurs de l'innovation technologique issus des réseaux académiques et industriels. Tout comme il est habituel qu'elles n'impliquent pas, ou peu, les autres acteurs de la société dans la fabrication d'un « horizon d'attente » partagé et désirable. L'effet peut se révéler contre-productif pour les relations entre science et société, car « *le discours des promesses génère un contre-discours alarmiste, et le renforcement mutuel promesses/catastrophes polarise l'espace social*<sup>11</sup>. »

Aux prémisses des processus de l'innovation quantique, il est donc légitime d'impliquer tous les acteurs de la société civile dans la conception d'une vision partagée des enjeux suffisamment en amont des impacts sociétaux envisageables. C'est d'ailleurs ce que recommandent des chercheurs et industriels experts du domaine des technologies quantiques, qui suggèrent récemment d'articuler les agendas de recherche technologiques au regard des enjeux socio-économiques : « [...] *créer des communautés d'intérêt pour*

*stimuler la discussion et l'engagement avec les utilisateurs finaux des ordinateurs quantiques afin d'identifier les domaines potentiellement prometteurs dans lesquels l'utilisation des ordinateurs quantiques pourrait avoir un impact, et définir des agendas de recherche engagés*<sup>12</sup>. ».

### **L'approche en sciences ouvertes et participatives**

Choisissant d'explorer « *un régime alternatif, celui de l'expérimentation collective, afin de mettre en évidence d'autres façons possibles de gouverner l'innovation et les rapports entre science et société*<sup>13</sup> », la communauté scientifique grenobloise a impulsé en 2022 un programme de sciences ouvertes et participatives sur les enjeux humains et sociétaux des technologies quantiques. L'initiative « Explorations quantiques 2050 » mobilise la communauté des Sciences humaines et sociales (SHS), incarnée par Fédération de recherche Innovacs<sup>14</sup> et la communauté des Sciences quantiques incarnée par la Fédération de recherche QuantAlps<sup>15</sup> et le programme TiQua<sup>16</sup>.

11 Joly, P.-B., « Chapitre 8. À propos de l'Économie des promesses techno-scientifiques », dans Lesourme, J. (dir.), *La Recherche et l'Innovation en France. FutuRIS 2013*, Paris, Odile Jacob, « FutuRIS », 2013.

12 Scholten, 2024. (traduit de l'anglais : « [...] *nucleate communities of interest to stimulate discussion and engagement with end-users of quantum computers to identify potentially-promising areas where using quantum computers could make an impact, and chart aggressive research agendas* »)

13 Joly, P.-B., 2013.

14 Innovation, Connaissances et Société (Innovacs, FR 3391, Université Grenoble Alpes, CNRS, Grenoble INP).

15 Centre interdisciplinaire pour les sciences et technologies quantiques de Grenoble (QuantAlps, FR 2053 CNRS / UGA / CEA / Centre Inria de l'université Grenoble Alpes / Grenoble INP).

16 Tools for Interdisciplinarity in QuantAlps (TIQuA, Cross Disciplinary Program, Université Grenoble Alpes).



L'objectif principal de ce programme est d'explorer les imaginaires collectifs pour identifier les questions de recherche en innovation posées aux SHS par la « promesse quantique ».

Ce livret présente les résultats de la première saison (2023) dédiée à l'exploration des imaginaires et les prémisses à la deuxième saison dédiée à la traduction en nouvelles questions de recherche scientifique.

En effet, les technologies quantiques peuvent être analysées comme « la » question de recherche en innovation. Tout d'abord parce qu'elles se présentent, on l'a vu, comme une promesse d'impact sociétal global souvent qualifié de « révolutionnaire ». D'autre part, elles interviennent dans un contexte où la R&D technologique et, plus largement, les sciences, sont questionnées au regard de la soutenabilité environnementale des technologies, se traduisant par des mouvements qui ébranlent la communauté scientifique et les écoles d'ingénieurs<sup>17</sup>. Enfin, leur horizon temporel incertain, souvent qualifié de long terme mais, également, considéré comme inéluctable et déjà enclenché, laisse envisager l'hypothèse d'un dialogue science-société suffisamment en amont pour que les impacts sociétaux soient discutés.

La méthodologie vise donc à impliquer les acteurs de la société civile (citoyens, entreprises, étudiants, associations, artistes, etc.) dans la définition des

agendas de la recherche interdisciplinaire sur les enjeux humains et sociétaux des technologies quantiques.

Elle s'appuie sur deux approches méthodologiques complémentaires, les sciences participatives et le récit, qui permettent de répondre ensemble au double impératif scientifique et sociétal :

1. Les Sciences participatives, entendues comme les « *formes de production de connaissances scientifiques auxquelles participent, avec des chercheurs, des acteurs de la société civile, à titre individuel ou collectif, de façon active et délibérée*<sup>18</sup> », permettent de co-construire des questions de recherche avec la société. Une mise en société précoce de la réflexion technologique offre une première forme d'accès au terrain pour les chercheurs en sciences sociales, dont les méthodes se nourrissent du contact avec les acteurs par l'enquête, l'observation et l'expérimentation. Par la mise en place de « forums hybrides », elles permettent de « *construire des formes de dialogue et de confrontation des points de vue afin que l'ensemble des acteurs, élus, experts et profanes entrent dans des processus d'apprentissage. Ils concernent la manière de construire des objets scientifiques et techniques avec lesquels la société est appelée à vivre alors que ces derniers sont entourés d'incertitudes quant à leurs effets hors des laboratoires de recherche*<sup>19</sup> » ;

17 Lefebvre, O., *Lettre aux ingénieurs qui doutent*, L'Échappée, 2023.

18 Charte des Sciences participatives en France, 2017.

19 Vinck, D., *Les nano-technologies*, Éditions Cavalier Bleu, coll. Idées Reçues, 2009.

2. Le récit, ou *storytelling*, figure parmi les approches méthodologiques formalisées, notamment au travers du *Scenario-based design*<sup>20</sup> pour appréhender les enjeux humains et sociétaux dans les processus d'innovation technologique. Des outils plus récents, comme le *Design Fiction*<sup>21</sup>, permettent d'appréhender les technologies très en amont dans le processus d'innovation, alors qu'elles sont encore méconnues, trop immatures pour être mises en expérimentation ou, même, trop complexes pour être aisément discutées dans la sphère publique. Or, pour mobiliser la recherche en sciences sociales, il faut des objets, des représentations ou des terrains observables dont les chercheurs peuvent se saisir. Le récit offre alors un espace de projection pour anticiper des enjeux sociétaux qui donneront prise aux questions de recherche en sciences humaines et sociales. Les artefacts ou scénarios qu'il produit fonctionnent comme autant d'*objets frontières*<sup>22</sup> permettant aux acteurs de projeter, sur un concept complexe et polysémique,

leurs enjeux ou leurs attentes individuelles, et de mettre en scène les opportunités ou controverses collectivement discutées.

### La dynamique de sciences participatives et de récit

Au total, cent soixante personnes ont participé à une année d'« explorations quantiques », dont la dynamique s'est renforcée au rythme d'un atelier par mois, lancée par une conférence inaugurale fin 2022 et ponctuée par une conférence de restitution des scénarios début 2024.

Une communauté créative diversifiée et représentative s'est constituée avec des acteurs concernés par les enjeux humains et sociétaux de l'innovation technologique. Composée à parts égales d'académiques (chercheurs en sciences quantiques et en SHS) et de citoyens (étudiants, jeunes actifs, entrepreneurs, artistes, industriels, associatifs, élus, etc.).

Trois registres d'exploration ont coexisté au fil des ateliers, évoluant de l'un vers l'autre dans un objectif de plus en plus réflexif : d'abord le temps du *récit*, puis le temps des *enjeux* et, enfin, le temps de la *science*.

---

20 Carroll, J.M., *Scenario-Based Design: Envisioning Work and Technology in System Development*, New-York, John Wiley & Sons, Inc, 1995.

21 Bleecker, J., Foster, N., Girardi, F. & Nova, N., *The Manual of Design Fiction*, Near Future Laboratory, 2022.

22 Star, S. & Griesemer, J., « Institutional ecology, "Translations", and Boundary objects: amateurs and professionals on Berkeley's Museum of vertebrate zoologie », *Social Studies of Science*, 19(3) : 387-420, 1989.



Dans le premier temps, celui du *récit*, l'objectif est avant tout celui de la création d'un imaginaire technologique et de la projection des participants dans un horizon temporel : dans notre cas, 2050, en cohérence avec les perspectives de maturité technologique anticipées par les acteurs des sciences et technologies quantiques<sup>23</sup>. Cela produit la description d'un contexte socio-économique futuriste mettant en scène des applications hypothétiques des technologies et des figures archétypales d'acteurs personnifiant la relation à ces technologies (au sens des *characters* utilisés en *Design Thinking*<sup>24</sup> ou des *personas* mobilisés dans les approches *UX*<sup>25</sup>). Ils incarnent

tout aussi bien le citoyen et l'« utilisateur final » que le décideur, voire le régulateur politique des « applications quantiques » dans la société. Il est intéressant de noter l'incursion des intelligences artificielles à de multiples niveaux et dès le début de cette dynamique : l'IA en tant que « compagnons-robots » ou même un *persona* à part entière avec « Kai », une IA de simulation et d'optimisation quantiques omniprésente dans les scénarios et, enfin, l'IA comme outil dans notre processus. En effet, l'IA générative convoquée par notre partenaire graphiste<sup>26</sup> pour interpréter les verbatim issus des ateliers dans ses *prompts* afin d'incarner une première représentation

23 Lagermann, H., Süssenguth, F., Kömer, J. & Liepold, A., *The Innovation Potential of Second-generation Quantum Technologies - Scientific Figure on ResearchGate*, acatech IMPULS, 2023.

24 « Design Thinking Bootleg », d.school, Université de Stanford, consulté en février 2024, <https://dschool.stanford.edu/resources/design-thinking-bootleg>.

25 Leggett, M. & Bilda, Z., « Exploring design options for interactive video with the Mneovie hypervideo system », *Design studies*, 29 : 6, 2008.

26 Agence Proton, Grenoble.

visuelle des *personas*. Le lancement des « explorations quantiques », fin 2022, en même temps que le grand public découvrait les IA génératives comme ChatGPT ou MidJourney aura donc fortement influencé notre démarche. L'IA

générative a certes facilité la projection de notre communauté dans un monde quantique 2050, mais, également, elle a accordé une omniprésence peut être excessive dans la vision des applications quantiques en 2050.



Dans le deuxième temps, celui des *enjeux*, nous donnons aux ateliers une impulsion réflexive afin d'explorer la relation des technologies à des questions de société volontairement ciblées ou apparues spontanément dans les scénarios. Nous avons intentionnellement abordé des enjeux comme ceux de la décarbonation énergétique, de l'évolution du système de santé publique, l'industrie du futur et de la création artistique en 2050. Des enjeux de société sont apparus plus spontanément, tels que l'alimentation, l'impact sur la santé, la natalité, les enjeux autour des données personnelles ou encore les questions de modification du vivant par la technologie. Le résultat se traduit par l'identification de « domaines d'application quantique », la caractérisation de leurs impacts potentiels et l'expression des « attentes », des « risques » ou des formes de controverses associés. À ce stade, la démarche prend une forme ambivalente

que certains participants ont aussi relevée à l'occasion des ateliers : alors que l'activité de *design fiction* s'avère ludique et se déroule dans une atmosphère légère, le résultat exprimé dans les scénarios se révèle non seulement sérieux, mais parfois anxiogène. Cela démontre la capacité du *storytelling* à engager un public aux expertises variées dans l'appréhension d'un sujet dit complexe, sérieux et, parfois, rebutant. Cela confirme également l'orientation réflexive, potentiellement critique, d'une approche en sciences participatives, qui ne vise pas à fabriquer un imaginaire d'acceptabilité pour un futur technologique *désirable* mais à explorer les représentations d'une proposition technologique dans l'imaginaire collectif d'un futur plus ou moins *souhaitable*.

Le troisième temps est celui de la *science* où l'objectif est celui de la traduction des enjeux sociétaux en enjeux scientifiques et, plus précisément, en

question de recherche. Il s'agit d'explorer les pistes de recherches académiques nouvelles et de questionnements susceptibles de faire l'objet de projets scientifiques dans l'interdisciplinarité entre SHS et Sciences quantiques. Les problématiques soulevées dans le temps des enjeux pourront donner prise à ces futurs projets : enjeux éthiques liés aux IA et, plus largement, au numérique, enjeux de santé publique, enjeux de vie privée et de liberté individuelle, enjeux de qualité de vie au travail et de management, enjeux démographiques, enjeux de transition énergétique, de relation au vivant et à la biodiversité, enjeux agroalimentaires, etc. Autant de problématiques mises en scène dans les scénarios pour questionner l'impact des technologies quantiques. Ce temps s'appuie sur les initiatives scientifiques qui esquissent de

nouvelles formes de collaboration entre monde académique et société civile, et qui seront développées dans une continuité de sciences participatives. Cette réflexivité scientifique sur les enjeux de l'innovation quantique se manifeste déjà au travers de plusieurs initiatives : thèses en droit et philosophie<sup>27</sup>, en sociologie<sup>28</sup>, séminaires sur les méthodes narratives dans les processus de recherche et d'innovation<sup>29</sup>, séminaire « SHS pour le quantique », publication interdisciplinaire sur les imaginaires du développement technologique<sup>30</sup>, analyse linguistique lexicale<sup>31</sup> et participation à Quantum Energy Initiative<sup>32</sup>. L'analyse technologique des scénarios présentée dans le chapitre précédent de ce livret constitue également une initiative amorcée avec les scientifiques ouvrant des perspectives nouvelles de recherche interdisciplinaire.

---

27 Arnaud de Vellis, *Impacts et enjeux sociaux de la science quantique et de ses domaines appliqués*, sous la direction d'Amélie Favreau, CR, Université Grenoble Alpes, Université de Sherbrooke et CNRS.

28 Thibault Ponchon, *Les enjeux des coopérations science/industrie : le cas des technologies quantiques*, sous la direction de Séverine Louvel, PACTE, Université Grenoble Alpes.

29 Journée d'étude à la MAison de la Création et de l'Innovation, « Aux frontières des sciences : les écritures plurielles de la recherche », 19 décembre 2023, organisée par le GRESEC, FR Innovacs, SFR Création, MSH-Alpes, ANR SAPS.

30 À paraître dans *Les imaginaires du développement technologique : une typologie*, coordonné par Emmanuelle Caccamo (Université du Québec) et Marie-Julie Catoir-Brisson (Université de Nîmes).

31 Caroline Rossi (Université Grenoble Alpes – ILCEA4), en collaboration avec le CEA – Atelier Arts Sciences.

32 Quantum Energy Initiative, <https://quantum-energy-initiative.org/>.

# LES TECHNOLOGIES QUANTIQUES



technologies quantiques, sont apportées. Elles sont structurées autour de deux volets principaux :

- Un volet scientifique présentant les sciences quantiques et les principales connaissances qu'elles produisent, focalisées sur les concepts principaux (intrication, dualité onde-particule, superposition d'états, quantification) ;
- Un volet applicatif, reprenant ces concepts dans quatre exemples parmi les plus connus de briques technologiques innovantes : le calcul quantique, les capteurs quantiques, les communications quantiques et la cryptographie quantique.

Une documentation et des visuels détaillant ces connaissances ainsi que des informations complémentaires sur les applications sectorielles (énergie, santé, industrie, etc.) sont également mis à disposition des participants tout au long des ateliers. De plus, un podcast de vulgarisation, sur les sciences quantiques et ses domaines d'applications, présenté par Olivier Ezratty<sup>33</sup> et issu de la conférence inaugurale, est proposé en visionnage avant les ateliers.

## Du processus de créativité...

Le processus créatif des scénarios s'appuie sur des ateliers mensuels de *design fiction* animés en trois phases : un apport de « connaissances quantiques » (1), puis deux phases de *design fiction* : « design d'artefacts » (2) et « design de situation » (3).

1. La phase d'apport de « connaissances quantiques » permet de remettre en contexte chaque atelier par rapport au « monde quantique 2050 » imaginé lors des ateliers précédents. Puis, les connaissances minimales, permettant aux participants de partager un socle commun d'informations sur les

<sup>33</sup> Olivier Ezratty, « Les technologies quantiques », conférence inaugurale, Innovacs, novembre 2022 <https://youtu.be/strtBKoXscA?si=pyCoyABAlnmAedkP>.



temporel et un contexte différent. La littérature en *design fiction* attribue à ces « prototypes diégétiques<sup>34</sup> », ou « fragments de futur », la qualité de raconter un monde à venir d'une manière sensible et incarnée qui suscite émotions, débats et discussions. Dans nos ateliers, les participants ont conçu des « unes » de l'actualité quantique en 2050, des prospectus de programmes politiques, des œuvres d'art quantiques, des prototypes d'objets innovants quantiques, etc. ;

3. La phase du « design de situation » est une immersion des participants dans les circonstances d'usage du prototype (ou artefact) en 2050. Cette phase s'inspire également des principes essentiels du *design fiction*, mais, au lieu de se focaliser sur les objets, elle se concentre sur les interactions entre les concepteurs, usagers et autres acteurs concernés par la mise en société des dispositifs. Le prototype, ici, est une mise en scène interprétée par les participants dans un exercice de jeu de rôles où chacun peut incarner un *persona* ou autres acteurs concernés par une situation 2050. Ainsi, dans nos

ateliers, les « artefacts quantiques » ont été mis en scène dans l'interprétation de journaux télévisés, une convention citoyenne pour la santé, l'inauguration d'une biennale d'art quantique, le Salon du Made in Europe 2050, etc. Ce temps permet d'aller plus loin, avec les participants, dans la démarche de *design fiction* en s'immergeant dans les questions de société, dans les délibérations sur les opportunités ou les risques des technologies quantiques, dans les controverses. Le récit converge ici avec la finalité des sciences participatives visant à animer le débat sur le rôle des sciences et des technologies dans la fabrique du monde à venir. Cette mise en situation fait l'objet d'une capture audiovisuelle intégralement transcrite et qui constitue la matière première du processus d'écriture des scénarios.

### ... à l'écriture des scénarios

L'écriture des scénarios est un travail de synthèse de ces « fragments de futur » structuré par la méthode d'*analyse morphologique*<sup>35</sup> fréquemment utilisée en prospective<sup>36, 37</sup> et récemment formalisée<sup>38</sup>. Elle s'appuie la définition des

---

34 Sterling, B., « Design Fiction: diegetic prototypes », *Wired*, 5 février 2011.

35 Zwicky, F., « Morphology and Nomenclature of Jet Engines », *Aeronautical Engineering Review*, vol. 6, n°6, juin 1947, p. 49-50.

36 ADEME, *Repenser les villes dans la société post-carbone*, Paris, 2014.

37 Buclet, N., Debizet, G., Gauthier, C., Forest, F., La Branche, S. & Menanteau, P., *Quatre scénarios de coordination de l'énergie en milieu urbain à l'horizon 2040*, dans Debizet, G. (dir.), *Scénarios de transition énergétique en ville: Acteurs, régulations, technologies*, La Documentation française, 2016, pp. 13-72.

38 Lamblin, V., *L'analyse morphologique, Une méthode pour construire des scénarios prospectifs*, Futuribles, 2018.



variables structurantes d'un système, un modèle de société dans notre cas, et que l'on utilise pour décrire tous les modèles scénarisés. La variation d'hypothèses sur chaque variable permet de faire contraster les scénarios explorés.

Pour les *Explorations quantiques 2050*, sept variables principales ont structuré les scénarios :

1. l'échelle de ces modèles de société ;
2. leur type de gouvernance ;
3. leur dynamique démographique ;
4. leur modèle de régulation économique ;
5. les briques technologiques mobilisées ;
6. leur maîtrise de la R&D quantique ;
7. le niveau d'intégration sociale des technologies quantiques.

Dans l'analyse morphologique, nous avons retenu et particulièrement mobilisé le concept de « moteur dominant » ou d'« acteur dominant<sup>39</sup> », qui désigne la ou les variables qui vont influencer les autres et faire plus particulièrement contraster les scénarios. Cette notion renvoie à la figure de l'« acteur pivot » en sciences de gestion<sup>40</sup> (management stratégique) et, plus encore, à la « théorie de l'acteur stratégique » en sociologie des organisations<sup>41</sup> (analyse stratégique), qui analyse les interdépendances entre la logique

des systèmes et la stratégie d'acteurs. Un acteur pivot exerce « *un poids déterminant dans le système d'acteurs en jeu [...]. Est pivot l'acteur capable de mobiliser d'autres acteurs en fonction de son intérêt pour les enjeux, de sa légitimité et de son pouvoir de coercition*<sup>42</sup> ». Dans notre système de variables, la « gouvernance » est alors dominante, car elle fait varier, dans les scénarios, la figure du pouvoir, celle qui incarne la légitimité d'une autorité politique ou économique imprimant au système son modèle de société. Des variables exogènes, non structurantes car liées aux risques et aléas dans la trajectoire vers l'horizon temporel, peuvent être introduites pour prendre en compte des hypothèses plus spécifiques : découverte scientifique, tournant politique, épidémie, conflit, etc. Dans les *Explorations quantiques 2050*, nous avons aussi introduit ce type de variables exogènes.

Les synthèses descriptives issues du processus d'écriture « morphologique » ont été confiées à Étienne Cunge<sup>43</sup>, auteur de plusieurs romans en science-fiction, qui a effectué un travail de narration apportant à la fois une fluidité et une dramaturgie qui rendent la lecture des scénarios plus palpitante. Cette version

---

<sup>39</sup> *Ibid.*

<sup>40</sup> Mitchell, R.K., Agle, B.R. & Wood, D.J., « Toward a Theory of Stakeholder Identification and Salience : Defining the Principle of Who and What Really Counts », *The Academic of Management Review*, vol. 22, n°4, 1997.

<sup>41</sup> Crozier, M., Friedberg, E., *L'acteur et le système*, Éditions du Seuil, 1977, 1981.

<sup>42</sup> Debizet, G et al., *Scénarios de transition énergétique en ville : Acteurs, régulations, technologies*, La Documentation Française, 2016, pp. 13-72.

<sup>43</sup> Cunge, E., *Antarticas*, Éditions Critic, 2023, <https://editions.critic.fr/nos-auteurs/cunge-etienne.html>.

« romancée » des scénarios prend la forme des cinq nouvelles publiées dans ce livret.

### **Les scénarios ou le « monde en quantique 2050 »**

Les scénarios des *Explorations Quantiques 2050* proposent cinq modèles de société qui reposent sur des niveaux de gouvernance différents et des échelles géographiques graduées qui rendent leur coexistence possible. Cependant, le contraste entre modèles génère des tensions et des alliances. En cela, ces scénarios diffèrent des approches prospectives qui explorent plutôt des alternatives distinctes et sans interaction. Les cinq modèles forment une vision imaginaire d'un « monde quantique en 2050 ».

Imaginaire, mais pas si fantaisiste, car finalement les cinq modèles ne diffèrent pas fondamentalement de ceux qui composent le monde en 2024 : organisations politiques internationales, consortiums de grandes entreprises technologiques, grandes régions en tension entre dynamique industrielle et préservation de leur environnement, initiatives citoyennes, mouvements d'opposition aux technologies, mais aussi transhumanismes... Le monde 2050, que nous avons exploré, diffère simplement par son imprégnation quantique. Il ne s'agissait pas forcément d'imaginer un monde « disruptif », mais un monde impacté par l'innovation quantique et qui a, donc, évolué sous son effet.

Faut-il voir ici une forme de sagesse ou de naïveté de l'imaginaire collectif face à la promesse révolutionnaire ?

Imaginaire, mais pas si fantaisiste non plus, parce que l'on observe, en 2024, des jeux d'acteurs qui s'orientent vers un monde quantique en résonance avec les fragments de vie rapportés du futur par les « explorations quantiques 2050 ». Les programmes quantiques européens ou nationaux, évoqués précédemment, démontrent que l'on s'organise, au niveau des États, pour construire ce monde quantique. Les pouvoirs politiques entendent bien jouer un rôle régulateur du quantique et gouverner avec le quantique dans un registre qui s'apparente à celui qui est décrit dans notre premier scénario.

L'engagement des industriels dans la R&D et leurs alliances en consortiums<sup>44</sup>, fonds d'investissement<sup>45</sup> ou « think-tanks<sup>46</sup> » d'innovation quantique, démontrent que l'on se positionne aussi dans le monde économique dès 2021. L'intérêt croissant des entreprises de haute technologie pour le quantique, et aussi celui des industries traditionnelles, semble bien s'orienter vers un modèle qui est similaire à ce qui est décrit dans le deuxième scénario.

À l'échelle régionale, l'intérêt des collectivités locales pour les technologies quantiques est moins documenté ; cependant, les plans nationaux s'appuient sur des régions pilotes (les trois pôles

---

44 European Quantum Industry Consortium, <https://www.euroquic.org>.

45 Quantonation, <https://www.quantonation.com>.

46 Hub Quantique, Yspot, CEA, <https://yspot.fr/hub-quantique/>.

quantiques français de Paris-Centre, Paris-Saclay et Grenoble, ou encore les « Zones d'Innovation » au Québec). Les acteurs locaux commencent alors à s'intéresser aux enjeux de proximité et aux impacts territoriaux. Les pôles compétitivité organisent la mobilisation des entreprises locales et la création de start-up dans le domaine. Les élus locaux organisent alors des visites de sites auprès des acteurs de la R&D pour appréhender les opportunités sur leur territoire. En 2023, l'écosystème grenoblois, dont Innovacs, QuantAlps et TIQuA, a présenté ses projets et ses avancées aux élus de la métropole Grenoble-Alpes Métropole<sup>47</sup>. Le troisième scénario des « super régions » semble bien avoir commencé à se configurer autour de technopoles quantiques.

À ces dynamiques politiques, économiques et institutionnelles, répondent assez peu d'initiatives « ascendantes » émanant des citoyens et qui pourraient témoigner que la société civile dans son ensemble s'empare, comme dans nos scénarios des « collectifs citoyens » ou des « communautarismes », des enjeux adressés par le quantique. La polarisation de l'espace social par les mécanismes de l'« économie des promesses

techno-scientifiques<sup>48</sup> » pourrait alors se répéter sur la question des enjeux sociétaux de la quantique.

Certains acteurs de la recherche en sciences quantiques insistent eux-mêmes sur la nécessité de développer des recherches participatives en connexion plus directe avec les enjeux sociétaux et dans l'interaction avec les citoyens, proposant même plusieurs recommandations, parmi lesquelles :

- « Développer la sensibilisation et les possibilités de participation des citoyens pour questionner la résurgence des technologies quantiques dans l'imagination populaire, dans différents contextes culturels » ;
- « Intégrer la grande diversité des besoins et des problématiques sociétales et individuelles pour orienter le développement des technologies quantiques vers des applications qui font sens non seulement pour l'industrie mais aussi pour la société<sup>49</sup>. »

Les « Explorations quantiques 2050 » s'inscrivent à part entière dans cette ambition, en mobilisant dans une démarche participative les acteurs qui ne sont habituellement pas sollicités aussi tôt dans les processus d'innovation.

47 CEA – Grenoble-Alpes Métropole, 12 mai 2023.

48 Joly, P.-B., 2013.

49 Coenen, C., Grinbaum, A., Grunwald, A. et al., « Quantum Technologies and Society: Towards a Different Spin », *Nanoethics*, 16, 1–6, 2022. (traduit de l'anglais: « *develop outreach efforts and participatory opportunities for citizens that speak to implications of quantum technologies in the popular imagination, in different cultural contexts [...] engage with a greater variety of societal needs, hopes, and concerns, steering the development of quantum technologies toward applications that are meaningful not only for industry but also for society.* »)

**Couverture** : Étienne Giorgetti (illustration), Pierre Engerran (graphisme).

**Crédits illustrations** : Étienne Giorgetti, Pierre Engerran, Étienne Guerry.

**Crédits photo** : Fabrice Forest.

**Relecture, maquette et mise en pages** : Olivier Lavoisy.

**Police de labeur** : Museo.

**Imprimerie** : Coquand Imprimeur, 10 rue d'Arcelle, 38600 Fontaine.

**Dépôt légal** : 11 mars 2024.

**(deuxième édition)**





**TIQuA**  
Université Grenoble Alpes



**QuantAlps**

“

*[...] engage with a greater variety of societal needs, hopes, and concerns, steering the development of quantum technologies toward applications that are meaningful not only for industry but also for society.*

”

Christopher Coenen, Alexei Grinbaum & Armin Grunwald.



Fédération de Recherche INNOVACS FR 3391

Université Grenoble Alpes  
Domaine universitaire  
Maison de la Création et de l'Innovation

339 Avenue Centrale  
38400 Saint-Martin-d'Hères