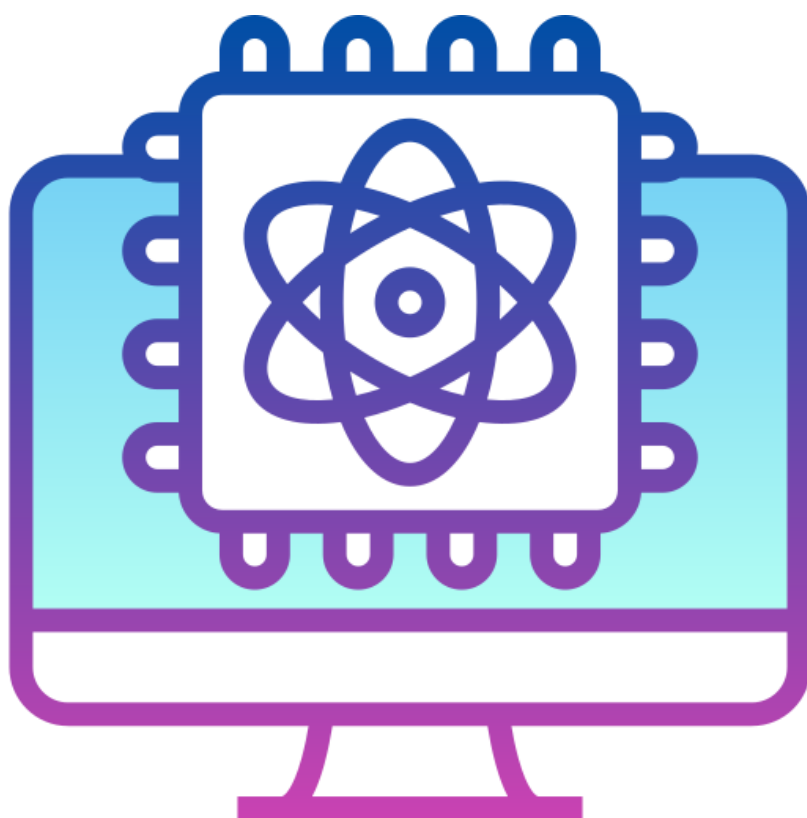


# VEILLE TECHNOLOGIQUE : DEVELOPPEMENT ET EVOLUTION DES ORDINATEURS QUANTIQUES



|             |                                                          |           |
|-------------|----------------------------------------------------------|-----------|
| <b>I/</b>   | <b>Introduction.....</b>                                 | <b>2</b>  |
| 1-          | Qu'est-ce que la physique quantique ? .....              | 2         |
| 2-          | Ordinateur classique vs ordinateur quantique .....       | 2         |
| 3-          | Le défi actuel : maîtriser la fragilité quantique .....  | 3         |
| 4-          | Contexte de cette veille technologique .....             | 3         |
| <b>II/</b>  | <b>Cahier des charges .....</b>                          | <b>3</b>  |
| 1-          | Descriptif de l'existant.....                            | 3         |
| 2-          | Besoins .....                                            | 3         |
| 3-          | Contraintes.....                                         | 4         |
| <b>III/</b> | <b>Ressources .....</b>                                  | <b>5</b>  |
| 1-          | Ressources mises à disposition .....                     | 5         |
| 2-          | Ressource nécessaire à la mise en place.....             | 5         |
| 3-          | Gestion des ressources .....                             | 6         |
| <b>IV/</b>  | <b>Analyse.....</b>                                      | <b>6</b>  |
| 1-          | Descriptifs des solutions .....                          | 6         |
| 2-          | Comparaisons des solutions.....                          | 8         |
| 3-          | Choix d'une solution .....                               | 8         |
| 4-          | Phasage de l'intervention .....                          | 9         |
| <b>V/</b>   | <b>Mise en place.....</b>                                | <b>10</b> |
| 1-          | Création du compte Inoreader et ajout des flux RSS ..... | 10        |
| 2-          | Configuration de Google Alerts.....                      | 11        |
| 3-          | Filtre Gmail Google Alerts .....                         | 12        |
| 4-          | Collecte, analyse et synthèse mensuelle .....            | 13        |
| 5-          | Synthèse de la veille.....                               | 14        |
| 6-          | Analyse et perspectives.....                             | 19        |
| <b>VI/</b>  | <b>Bilan .....</b>                                       | <b>20</b> |
| 1-          | Conclusion.....                                          | 20        |
| 2-          | Auto-évaluation.....                                     | 20        |

# I/ Introduction

---

L'informatique quantique représente l'une des révolutions technologiques les plus importantes du 21<sup>e</sup> siècle. Pour comprendre son importance, il est essentiel de saisir ce qui la distingue fondamentalement de l'informatique classique que nous utilisons quotidiennement.

## 1- Qu'est-ce que la physique quantique ?

La physique quantique est la science qui étudie le comportement de la matière à l'échelle infiniment petite : celle des atomes et des particules subatomiques. À cette échelle microscopique, les lois de la physique classique ne s'appliquent plus, et la matière se comporte de façon contre-intuitive.

### Deux phénomènes quantiques clés :

- **La superposition** : Une particule peut exister dans plusieurs états simultanément. C'est comme si une pièce de monnaie pouvait être à la fois pile ET face en même temps, jusqu'à ce qu'on la regarde. Dès qu'on l'observe, elle "choisit" un état (pile ou face).
- **L'intrication** : Deux particules peuvent être liées de telle sorte que l'état de l'une influence instantanément l'état de l'autre, quelle que soit la distance qui les sépare. Einstein appelait cela "l'action fantôme à distance".

## 2- Ordinateur classique vs ordinateur quantique

### a) L'ordinateur classique : des interrupteurs binaires

Un ordinateur traditionnel fonctionne avec des bits, qui sont comme des interrupteurs pouvant être soit allumés (1), soit éteints (0). Toutes les opérations informatiques se résument à des combinaisons de 0 et de 1. Pour résoudre un problème complexe, l'ordinateur teste les solutions une par une, de manière séquentielle.

#### **Exemple :**

*Pour trouver la bonne combinaison d'un cadenas à 4 chiffres (10 000 possibilités), un ordinateur classique doit essayer potentiellement toutes les combinaisons de 0000 à 9999, l'une après l'autre.*

### b) L'ordinateur quantique : la puissance de la superposition

Un ordinateur quantique utilise des qubits (bits quantiques). Grâce à la superposition quantique, un qubit peut être 0, 1, ou les deux en même temps. Cette propriété permet à un ordinateur quantique d'explorer simultanément de multiples solutions à un problème.

#### **Exemple :**

*Pour le même cadenas à 4 chiffres, un ordinateur quantique pourrait théoriquement tester toutes les combinaisons en parallèle, réduisant drastiquement le temps de calcul.*

### c) La puissance exponentielle du quantique

Plus on ajoute de qubits, plus la puissance de calcul croît de manière exponentielle :

- 2 qubits peuvent représenter 4 états simultanément (00, 01, 10, 11)
- 10 qubits = 1 024 états simultanés
- 50 qubits = plus de 1 000 milliards d'états simultanés
- 300 qubits = plus d'états que d'atomes dans l'univers observable

C'est cette capacité à explorer massivement des solutions en parallèle qui rend les ordinateurs quantiques si prometteurs pour résoudre certains problèmes impossibles à traiter par les ordinateurs classiques : simulation moléculaire, cryptographie, optimisation logistique, intelligence artificielle, etc.

### **3- Le défi actuel : maîtriser la fragilité quantique**

Cependant, les qubits sont extrêmement fragiles. Le moindre bruit, la moindre vibration ou variation de température peut détruire leur état quantique (on parle de décohérence). C'est pourquoi les ordinateurs quantiques actuels doivent fonctionner dans des conditions extrêmes : proches du zéro absolu (-273°C), isolés de toute perturbation électromagnétique.

Les chercheurs travaillent donc sur deux fronts : augmenter le nombre de qubits (pour plus de puissance) et améliorer leur stabilité grâce à la correction d'erreurs quantiques.

### **4- Contexte de cette veille technologique**

Cette veille technologique couvre les développements majeurs survenus entre septembre 2025 et février 2026, une période charnière qui marque le passage de la recherche expérimentale vers des applications commerciales.

Cette période de cinq mois a été marquée par des avancées significatives en matière de correction d'erreurs, d'augmentation du nombre de qubits, et de premières démonstrations d'avantage quantique vérifiable. Pour la première fois, des ordinateurs quantiques ont prouvé qu'ils pouvaient résoudre certains problèmes des milliers de fois plus rapidement que les supercalculateurs les plus puissants au monde.

Ce document présente une synthèse des événements clés, des acteurs majeurs, et des perspectives d'évolution de cette technologie révolutionnaire qui pourrait transformer en profondeur de nombreux secteurs : santé, finance, énergie, cybersécurité, et bien d'autres.

## **II/ Cahier des charges**

### **1- Descriptif de l'existant**

Avant la mise en place de cette veille technologique, aucun processus formel de surveillance des évolutions technologiques n'était en place concernant l'informatique quantique. Les informations étaient collectées de manière ponctuelle et non structurée, principalement via :

- Consultation occasionnelle de sites d'actualités généralistes
- Absence de sources spécialisées identifiées
- Aucun outil de centralisation ou d'archivage des informations
- Risque de manquer des évolutions majeures dans un domaine en développement rapide

### **2- Besoins**

Dans le cadre de cette veille technologique consacrée au développement et à l'évolution des ordinateurs quantiques, plusieurs besoins fonctionnels ont été identifiés afin de garantir la pertinence et l'exploitabilité des travaux réalisés.

La première exigence consiste à collecter et organiser de manière structurée les informations pertinentes relatives à l'informatique quantique. Cette organisation doit permettre un classement

logique des données (évolutions technologiques, avancées scientifiques, acteurs industriels, limites actuelles, perspectives), afin de faciliter leur consultation et leur mise à jour.

Il est également nécessaire d'identifier les principaux acteurs du secteur et de suivre leurs avancées. Cela inclut les entreprises technologiques majeures, les laboratoires de recherche ainsi que les institutions académiques investies dans ce domaine. L'objectif est de comprendre les orientations stratégiques, les innovations proposées et le positionnement de chacun sur le marché.

Un autre besoin essentiel concerne le suivi de l'évolution des performances des ordinateurs quantiques, notamment à travers l'augmentation du nombre de qubits, l'amélioration des taux d'erreur, la stabilité des systèmes et les progrès réalisés en matière de correction d'erreurs quantiques. Ce suivi permet d'évaluer la maturité progressive de cette technologie.

Enfin, la veille doit aboutir à la production d'une synthèse, claire et structurée, exploitable dans le cadre du BTS SIO. Cette synthèse doit permettre de présenter les informations de manière pédagogique, en mettant en évidence les enjeux techniques, les limites actuelles et les perspectives d'évolution.

La réalisation de cette veille technologique nécessite plusieurs ressources techniques indispensables à son bon déroulement :

- Un accès à Internet afin de consulter des sources spécialisées, des publications scientifiques, des communiqués d'entreprises et des articles d'actualité technologique.
- Un outil de traitement de texte permettant la rédaction, la mise en forme et l'actualisation du document de synthèse.
- Une solution de stockage et d'archivage des informations collectées, afin de conserver les sources, structurer les données et assurer leur disponibilité dans le temps.

Ces éléments techniques constituent le socle minimal nécessaire à la mise en œuvre efficace et structurée de la veille technologique.

### **3- Contraintes**

La mise en œuvre de cette veille technologique s'inscrit dans un cadre défini par plusieurs contraintes, principalement d'ordre temporel et budgétaire.

#### **Contraintes temporelles :**

La période de veille a été fixée de septembre 2025 à février 2026. Cette échéance a été déterminée de manière stratégique afin de disposer d'un temps suffisant pour analyser les informations collectées, structurer les contenus et rédiger le compte rendu final, tout en conciliant les autres travaux exigés dans le cadre du BTS SIO.

Afin de garantir la pertinence et l'actualité des informations, une fréquence minimale de collecte hebdomadaire a été définie. Cette régularité permet d'assurer un suivi continu des évolutions technologiques, d'éviter l'accumulation tardive de données et de maintenir une démarche rigoureuse tout au long de la période de veille.

#### **Contraintes budgétaires :**

Le projet s'inscrit dans une contrainte budgétaire stricte, avec un budget nul. Par conséquent, l'ensemble des outils utilisés pour la recherche, la collecte, l'organisation et la rédaction des

informations doit être gratuit. Cette contrainte implique le recours exclusif à des ressources accessibles librement en ligne ainsi qu'à des logiciels ou services sans coût de licence.

Cette limitation budgétaire impose une sélection rigoureuse des outils afin de garantir leur fiabilité, leur pérennité et leur adéquation aux besoins du projet, tout en respectant le cadre économique défini.

### **III/ Ressources**

---

#### **1- Ressources mises à disposition**

Dans le cadre de cette veille technologique, les ressources mises à disposition sont volontairement limitées et correspondent à un environnement de travail standard.

La première ressource essentielle est une connexion à Internet. Elle permet l'accès aux sources d'information spécialisées, aux publications scientifiques, aux actualités technologiques ainsi qu'aux communications officielles des entreprises et organismes de recherche impliqués dans le développement des ordinateurs quantiques.

Un compte de messagerie électronique est également disponible. Il permet de s'inscrire à des newsletters, de recevoir des alertes d'actualités, de créer des comptes sur certaines plateformes spécialisées et d'assurer le suivi des informations collectées.

L'outil principal de travail est un ordinateur personnel. Il constitue le support central pour la consultation des ressources en ligne, la rédaction du dossier, l'organisation des informations et l'archivage des documents.

Aucune infrastructure spécifique ni matériel supplémentaire n'a été nécessaire pour la mise en œuvre de cette veille, celle-ci reposant exclusivement sur des ressources numériques accessibles en ligne.

#### **2- Ressource nécessaire à la mise en place**

La mise en place de la veille technologique nécessite l'identification et le suivi de sources variées, complémentaires et fiables. L'objectif est de garantir à la fois la qualité scientifique des informations recueillies et leur pertinence stratégique et économique.

Les sources sélectionnées couvrent différents niveaux d'analyse : publications officielles d'acteurs majeurs du secteur, revues scientifiques spécialisées, médias technologiques, presse économique et plateformes d'agrégation dédiées au calcul quantique.

Les principales ressources retenues sont les suivantes :

- Google Quantum AI Blog – Blog officiel – Consultation mensuelle
- IBM Quantum Network – Blog officiel – Consultation hebdomadaire
- Nature – rubrique Quantum Computing – Revue scientifique – Consultation mensuelle
- Futura Sciences – Média spécialisé – Consultation quotidienne
- Quantum Computing Report – Agrégateur spécialisé – Consultation hebdomadaire
- IEEE Spectrum – Publication technique – Consultation hebdomadaire
- TechCrunch / Bloomberg – Presse économique et technologique – Consultation quotidienne

Le choix de ces sources repose sur leur complémentarité. Les blogs officiels permettent de suivre les annonces et avancées techniques des principaux acteurs industriels. Les revues scientifiques et

publications techniques apportent une vision plus approfondie et académique des recherches en cours. Les médias spécialisés et la presse économique offrent quant à eux une lecture plus globale des enjeux stratégiques, financiers et industriels.

Le suivi régulier de ces différentes sources permet d'obtenir un volume d'informations suffisant tout en garantissant leur fiabilité et leur diversité. Cette pluralité est essentielle afin de croiser les points de vue, d'éviter une vision biaisée et d'assurer une veille pertinente sur un domaine technologique en évolution rapide.

### **3- Gestion des ressources**

La gestion des ressources repose sur une organisation temporelle structurée afin d'assurer la régularité, la pertinence et l'efficacité de la veille technologique. Cette planification permet d'éviter une accumulation désorganisée d'informations et garantit un traitement progressif et méthodique des contenus collectés.

Chaque semaine est organisée selon un rythme précis. Le lundi est consacré à la consultation des flux RSS et des alertes Google, pour une durée moyenne de trente minutes. Cette étape permet d'identifier les nouvelles publications et de présélectionner les contenus susceptibles d'être pertinents.

Le mercredi est dédié à la lecture approfondie des articles retenus. Cette phase d'analyse, estimée à environ une heure, consiste à examiner les informations techniques, à identifier les avancées significatives et à évaluer leur intérêt dans le cadre de la veille.

Le vendredi est réservé à la synthèse hebdomadaire et à l'archivage des informations. Les publications sélectionnées au cours de la semaine sont transmises à une intelligence artificielle d'analyse textuelle (Claude). Celle-ci est utilisée pour analyser les contenus, les classer par thématique, évaluer leur pertinence et produire une première synthèse structurée.

Cette méthode permet de gagner du temps, d'améliorer l'efficacité du traitement de l'information et de faciliter l'organisation des données. Toutefois, les résultats générés font systématiquement l'objet d'une vérification humaine afin de garantir leur exactitude, leur cohérence et leur adéquation avec les objectifs de cette veille.

Cette gestion planifiée, combinant analyse humaine et assistance par intelligence artificielle, garantit une veille continue, structurée et exploitable, tout en restant compatible avec les contraintes temporelles de la formation.

## **IV/ Analyse**

---

### **1- Descriptifs des solutions**

#### **Veille manuelle :**

La veille manuelle constitue l'approche la plus simple et la plus traditionnelle. Elle consiste à consulter régulièrement les sites web sélectionnés via un navigateur, en utilisant des marque-pages pour accéder rapidement aux différentes sources. Les informations pertinentes sont ensuite analysées, synthétisées et consignées dans un document unique, généralement sous format Word.

Cette méthode ne nécessite aucun outil spécifique ni configuration technique. Elle offre un contrôle total sur la sélection et l'analyse des informations. Cependant, elle est chronophage, peu automatisée

et expose à un risque d'oubli ou de dispersion des données. Elle repose exclusivement sur la rigueur et la disponibilité de l'utilisateur.

#### **Feedly :**

Feedly est un agrégateur de flux RSS permettant de centraliser automatiquement les publications provenant de différents sites web. L'utilisateur ajoute les flux RSS des sources qu'il souhaite suivre, et les nouveaux articles apparaissent dans une interface unique, organisée par thématiques ou dossiers.

L'outil facilite la consultation rapide des nouveautés et permet de marquer, sauvegarder ou partager des articles. Dans sa version gratuite, il propose des fonctionnalités suffisantes pour une veille étudiante. Toutefois, certaines options avancées (analyse approfondie, intégrations étendues) sont réservées aux versions payantes.

#### **Inoreader :**

Inoreader est également un agrégateur de flux RSS, similaire à Feedly, mais offrant davantage de fonctionnalités dans sa version gratuite. Il permet non seulement de centraliser les flux, mais aussi d'automatiser certaines actions, de filtrer les contenus par mots-clés et d'organiser les informations de manière plus fine.

Son interface permet un classement par dossiers et une gestion avancée des abonnements. Inoreader propose également des règles de filtrage qui facilitent la priorisation des informations importantes. Il constitue une solution performante et adaptée à une veille structurée.

#### **Google Alerts :**

Google Alerts est un service gratuit proposé par Google permettant de surveiller des mots-clés spécifiques. L'utilisateur définit des expressions ou termes stratégiques, et reçoit par courrier électronique une notification dès qu'un nouveau contenu correspondant est indexé par le moteur de recherche.

Cet outil ne centralise pas des flux RSS, mais agit comme un système d'alerte automatique. Il est particulièrement utile pour détecter rapidement des annonces, des publications ou des actualités imprévues. Son principal avantage réside dans sa simplicité d'utilisation et son caractère entièrement gratuit.

#### **Digimind :**

Digimind est une plateforme professionnelle de veille stratégique et concurrentielle. Elle propose une surveillance automatisée de multiples sources (sites web, réseaux sociaux, bases de données spécialisées), une analyse sémantique des contenus et la génération de rapports détaillés.

L'outil intègre des fonctionnalités avancées d'analyse de tendances, de cartographie des acteurs et de visualisation des données. Il s'adresse principalement aux entreprises disposant d'un service dédié à la veille stratégique. Son coût élevé le rend inadapté dans un contexte étudiant à budget nul.

#### **Talkwalker :**

Talkwalker est une plateforme professionnelle spécialisée dans la veille médiatique et l'analyse de données issues du web et des réseaux sociaux. Elle permet de surveiller un grand volume de contenus



en temps réel, d'effectuer des analyses sémantiques avancées et de produire des tableaux de bord personnalisés.

Cette solution offre une puissance d'analyse importante, notamment pour le suivi de réputation, l'étude de tendances ou la veille concurrentielle. Toutefois, elle est destinée aux grandes organisations et implique un coût financier significatif, incompatible avec les contraintes budgétaires définies dans ce projet.

## 2- Comparaisons des solutions

| Solution                     | Coût                  | Niveau d'automatisation      | Facilité d'utilisation         | Fonctionnalités avancées                 | Adapté aux attentes      |
|------------------------------|-----------------------|------------------------------|--------------------------------|------------------------------------------|--------------------------|
| Veille manuelle              | Gratuit               | Très faible                  | Simple                         | Aucune                                   | Adaptée mais chronophage |
| Feedly (version gratuite)    | Gratuit (limité)      | Moyen                        | Intuitive                      | Organisation par dossiers                | Adaptée                  |
| Inoreader (version gratuite) | Gratuit (fonctionnel) | Élevé (filtres, règles)      | Intuitive et complète          | Filtres automatiques, règles de tri      | Très adaptée             |
| Google Alerts                | Gratuit               | Moyen (alertes automatiques) | Très simple                    | Surveillance par mots-clés               | Très adaptée             |
| Digimind                     | Payant                | Très élevé                   | Complexe (outil professionnel) | Analyse sémantique, rapports automatisés | Non adaptée (budget)     |
| Talkwalker                   | Payant                | Très élevé                   | Complexe (outil professionnel) | Analyse avancée, tableaux de bord        | Non adaptée (budget)     |

## 3- Choix d'une solution

Après analyse des différentes solutions, le choix s'est orienté vers une combinaison de Google Alerts et Inoreader.

La veille manuelle, bien que gratuite et simple à mettre en œuvre, présente une charge de travail trop importante et un risque d'oubli élevé. Elle manque d'automatisation et devient rapidement inefficace dans un domaine technologique évoluant aussi rapidement que l'informatique quantique.

Feedly constitue une solution intéressante, mais ses fonctionnalités gratuites restent plus limitées que celles proposées par Inoreader, notamment en matière de filtrage et d'automatisation.

Les plateformes professionnelles telles que Digimind et Talkwalker offrent des capacités d'analyse avancées et une automatisation poussée. Toutefois, leur coût est incompatible avec la contrainte budgétaire fixée à zéro euro.

La combinaison de Google Alerts et Inoreader répond pleinement aux besoins définis dans le cahier des charges :

- Google Alerts permet une surveillance proactive des mots-clés stratégiques liés aux ordinateurs quantiques.

- Inoreader centralise les flux RSS des sources sélectionnées et permet un classement structuré grâce à ses fonctionnalités de filtrage et d'organisation.
- Les deux outils sont gratuits et simples à mettre en œuvre.
- Le niveau d'automatisation est suffisant pour garantir un gain de temps significatif.
- La solution reste cohérente avec un environnement étudiant et un budget nul.

Cette combinaison offre donc un équilibre optimal entre efficacité, automatisation, simplicité et respect des contraintes définies dans le projet.

#### 4- Phasage de l'intervention

La mise en place de la veille technologique a été organisée en plusieurs phases successives afin d'assurer une progression méthodique, de la préparation initiale à la production finale du document de synthèse. Chaque phase a été planifiée avec une durée estimée et un statut, garantissant un suivi clair de l'avancement.

| Phase   | Tâches                                                                       | Durée      | Statut       |
|---------|------------------------------------------------------------------------------|------------|--------------|
| Phase 1 | Identification des sources, création des comptes, configuration de Inoreader | 1 heure    | ✓<br>Terminé |
| Phase 2 | Structuration de Notion (base de données, tags, modèles)                     | 1 heure    | ✓<br>Terminé |
| Phase 3 | Paramétrage de Google Alerts (mots-clés stratégiques)                        | 30 minutes | ✓<br>Terminé |
| Phase 4 | Tests et ajustements (1 semaine d'essai)                                     | 1 semaine  | ✓<br>Terminé |
| Phase 5 | Collecte mensuelle et synthèse (septembre-février)                           | 5 mois     | ✓<br>Terminé |
| Phase 6 | Rédaction du document de synthèse final                                      | 3 heures   | ✓<br>Terminé |

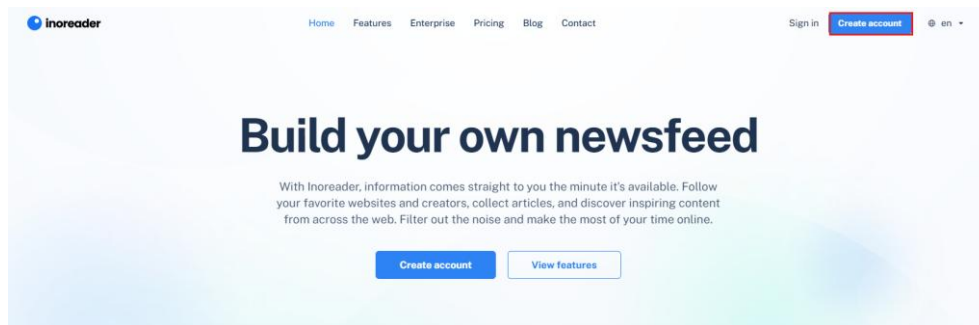
Chaque étape a été réalisée de manière séquentielle pour assurer la cohérence de la veille : après avoir configuré les outils et structuré les données, des tests ont permis de valider le fonctionnement avant de lancer la collecte régulière des informations. La dernière phase a consisté en la rédaction et la synthèse finale, permettant de compiler l'ensemble des résultats de la veille dans un document exploitable.

## v/ Mise en place

### 1- Création du compte Inoreader et ajout des flux RSS

#### a) Création du compte inoreader

- Aller sur la page d'Inoreader via ce [lien](#)
- Cliquer sur le bouton "Create account" en haut à droite
- Choisir l'inscription via Google (recommandé) ou par email
- Valider et vous connecter à votre compte



#### b) Procédure pour ajouter un flux RSS dans Inoreader

- Cliquer sur le bouton "+" ou "Add feed" dans la barre latérale gauche
- Coller l'URL du flux RSS dans le champ de recherche
- Cliquer sur "Search" puis sélectionner le flux dans les résultats
- Choisir ou créer un dossier : "Ordinateurs Quantiques"
- Cliquer sur "Subscribe" (S'abonner)
- Répéter l'opération pour chacun des 9 flux RSS listés ci-dessous



Ajout des flux RSS - Sources principales

Voici la liste des flux RSS à ajouter pour la veille sur les ordinateurs quantiques :

- **Sources officielles des grands acteurs :**
  - **Google Quantum AI Blog** recherche : google quantum computing
  - **IBM Quantum Blog** recherche : ibm quantum computing
  - **Microsoft Azure Quantum Blog** URL : recherche : microsoft azure quantum blog
- **Médias spécialisés en technologie :**

- **Futura Sciences - Physique** URL : <https://www.futura-sciences.com/sciences/physique/rss/>
- **IEEE Spectrum** URL : <https://spectrum.ieee.org/feeds/feed.rss>
- **Quantum Computing Report** URL : <https://quantumcomputingreport.com/feed/>
- **HPCwire** URL : <https://www.hpcwire.com/>
- **The Next Platform** URL : <https://www.nextplatform.com/>
- **Presse scientifique et économique :**
  - **Nature News - Quantum Physics** URL : <https://www.nature.com/subjects/quantum-physics.rss>
  - **TechCrunch** URL : <https://techcrunch.com/feed/>
  - **Phys.org** URL : <https://phys.org/>
  - **Scientific American** URL : <https://www.scientificamerican.com/>

A noter que certains paramètres tels que les règles de filtrage, la création de sous dossier et l'ajout de flux RSS gmail ne sont possible qu'avec un abonnement payant.

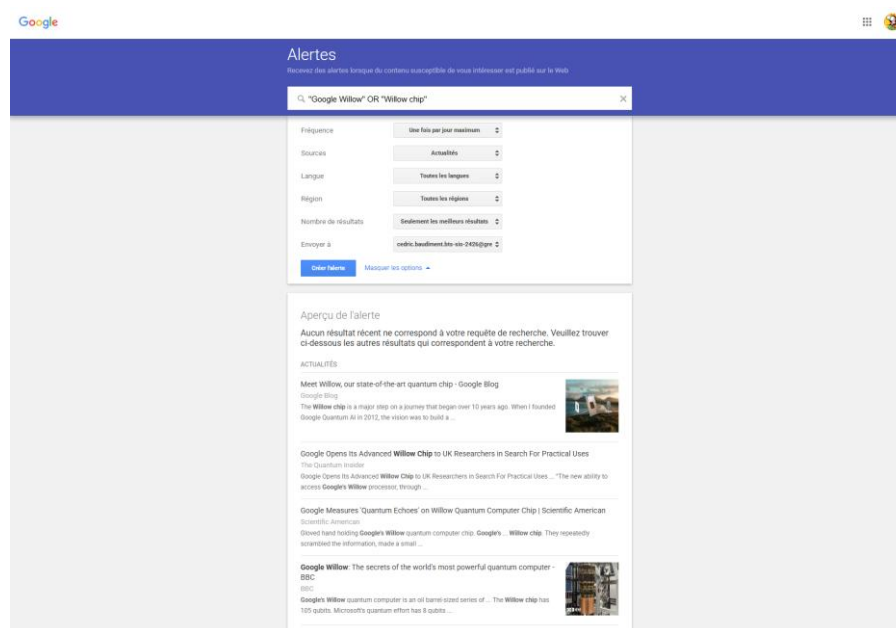
## 2- Configuration de Google Alerts

### a) Accès à Google Alerts

- Aller sur : <https://www.google.com/alerts>
- Se connecter avec votre compte Google

### b) Procédure pour créer une alerte

- Dans le champ de recherche, taper la requête (ex: "Google Willow" OR "Willow chip")
- Cliquer sur "Afficher les options" pour personnaliser
- Configurer : - Fréquence : Au maximum une fois par jour - Sources : Actualités - Langue : Français + Anglais - Région : France - Quantité : Tous les résultats
- Vérifier que "Envoyer à" est bien votre adresse Gmail
- Cliquer sur "Créer l'alerte"
- Répéter pour chacune des 6 alertes



### c) Création des alertes - Mots-clés stratégiques

Créez les 6 alertes suivantes pour couvrir l'essentiel de l'actualité quantique :

- **Google Willow**
  - **Requête** : "Google Willow" OR "Willow chip"
  - **Fréquence** : Au maximum une fois par jour
  - **Sources** : Actualités
  - **Langue** : Français + Anglais
  - **Envoyer à** : Votre adresse Gmail
- **IBM Quantum**
  - **Requête** : "IBM Quantum" OR "IBM Nighthawk" OR "IBM Heron"
  - *Mêmes paramètres que l'alerte 1*
- **Ordinateurs quantiques (général)**
  - **Requête** : "ordinateur quantique" OR "quantum computer" OR "informatique quantique"
  - *Mêmes paramètres que l'alerte 1*
- **Qubits logiques**
  - **Requête** : "qubits logiques" OR "logical qubits" OR "quantum error correction"
  - *Mêmes paramètres que l'alerte 1*
- **Atom Computing**
  - **Requête** : "Atom Computing" OR "atomes neutres" OR "neutral atom"
  - *Mêmes paramètres que l'alerte 1*
- **Acteurs français**
  - **Requête** : "Pasqal" OR "Quandela" OR "Alice&Bob" OR "C12 Quantum"
  - *Mêmes paramètres que l'alerte 1*

### 3- Filtre Gmail Google Alerts

Cette étape permet de centraliser les alertes Google dans Inoreader pour avoir tout au même endroit.

#### a) Création d'un libellé Gmail pour les alertes

- Ouvrir Gmail (<https://mail.google.com>)
- Dans la barre latérale gauche, descendre à Libellés > appuyer sur +.
- Cliquer et nommer le libellé : "Veille Quantique"
- Créer

#### b) Création d'un filtre pour automatiser le classement

- Dans Gmail, cliquer sur l'icône "Paramètres" (roue dentée) en haut à droite
- Sélectionner "Voir tous les paramètres"
- Aller dans l'onglet "Filtres et adresses bloquées"
- Cliquer sur "Créer un filtre"
- Dans le champ "De" (From), entrer : **googlealerts-noreply@google.com**
- Cliquer sur "Créer un filtre"
- Cocher : Appliquer le libellé : "Veille Quantique" ; Ne jamais envoyer dans les spams ; Marquer comme important
- Cliquer sur "Créer un filtre"

Paramètres Fr ▼

Général
Libellés
Boîte de réception
Comptes et importation
Filtres et adresses bloquées
Transfert et POP/IMAP
Modules complémentaires
Chat et Meet
Paramètres avancés

Hors connexionThèmes

Les filtres suivants sont appliqués à tous les messages que vous recevez :

☐ Correspondance : from:(googlealerts-noreply@google.com)  
Action : Appliquer le libellé "Veille Quantique", Ne jamais envoyer dans le dossier Spam, Marquer comme important
modifier supprimer

Sélectionner Tous, Aucun

Exporter Supprimer

Créer un filtre Importer des filtres

## 4- Collecte, analyse et synthèse mensuelle

### a) Collecte mensuelle des articles

- Collecte dans Inoreader :
  - Ouvrir Inoreader et aller dans le dossier "Ordinateurs Quantiques"
  - Filtrer les articles par date : afficher uniquement le mois en cours
  - Parcourir tous les articles du mois
  - Marquer d'une étoile les articles pertinents
  - Objectif : Sélectionner environ 20 - 30 articles maximum pour le mois
  - Critères de sélection :
    - Annonces officielles majeures (Google, IBM, Microsoft, etc.)
    - Publications scientifiques dans Nature, Science
    - Avancées techniques significatives (nouveaux records de qubits, correction d'erreurs)
    - Applications commerciales concrètes
    - Analyses de marché et investissements
    - Actualités des startups françaises (Pasqal, Quandela)
- Collecte dans Gmail (Google Alerts) :
  - Ouvrir Gmail et aller dans le libellé "Veille Quantique"
  - Filtrer par date pour afficher uniquement le mois en cours  
*Dans Gmail : taper dans la recherche "label:Veille-Quantique after:2025/09/01 before:2025/09/30"*
  - Parcourir toutes les alertes reçues
  - Marquer d'une étoile les articles qui ne sont PAS déjà dans Inoreader
  - Objectif : Compléter avec 5-10 articles supplémentaires trouvés uniquement via Google Alerts

### b) Exportation et préparation pour Claude AI

- Créer un nouveau document texte (Bloc-notes, Google Docs, ou Word)
- Nommer le fichier : "Articles\_[Mois]\_2025.txt" (ex: Articles\_Septembre\_2025.txt)
- Pour chaque article étoilé, copier les informations suivantes :

```
ARTICLE [Numéro]
TITRE : [Titre complet de l'article]  DATE : [JJ/MM/AAAA]  SOURCE :
[Nom de la source - ex: Google Quantum AI Blog] URL : [Lien complet
vers l'article] CONTENU : [Copier ici soit : - Le résumé de l'article
(2-3 paragraphes) - OU l'article complet si court (< 500 mots) - OU
les points clés sous forme de liste]
```
- Conseils pratiques :
  - Numérotez les articles (1, 2, 3...) pour faciliter le référencement dans la synthèse de Claude

- Respectez le format pour une meilleure analyse par Claude
- Si l'article est très long (> 1000 mots), ne copiez que l'introduction, les points clés, et la conclusion
- Gardez les articles dans l'ordre chronologique (du plus ancien au plus récent)
- Vérifiez que tous les liens fonctionnent avant de les inclure

### c) Analyse avec Claude AI

- Préparation de la conversation avec Claude :
  - Aller sur : <https://claude.ai>
  - Se connecter avec votre compte
  - Créer une nouvelle conversation et la nommer : "Veille Quantique"
- Utilisation du prompt optimisé :  
Lui donner le contenu du fichier créé et lui demander dans faire une synthèse dans un contexte de veille technologique, lui rappeler l'objectif de la veille : « *Cette veille porte sur l'évolution des ordinateurs quantiques, un domaine en pleine effervescence. L'objectif est de suivre les avancées techniques, les acteurs majeurs, et les applications émergentes.* », lui demander de classer et de refaire un tri des articles suivants leur pertinence.

### d) Vérification et enrichissement de la synthèse

**!/ Ne jamais faire confiance aveuglément à l'IA !**

- ✓ **Vérifier l'exactitude des faits** : Les dates sont-elles correctes ? ; Les chiffres (nombre de qubits, performances) sont-ils exacts ? ; Les noms d'entreprises et de personnes sont-ils bien orthographiés ?
- ✓ **Contrôler la cohérence** : Les événements sont-ils bien dans l'ordre chronologique ? ; Y a-t-il des contradictions entre sections ? ; Les technologies sont-elles correctement attribuées aux bonnes entreprises ?
- ✓ **Vérifier l'exhaustivité** : Tous les articles importants ont-ils été traités ? ; Claude a-t-il bien identifié les 5-7 événements majeurs ? ; Manque-t-il des acteurs ou des tendances importantes ?
- ✓ **Corriger les erreurs** : Rectifier toute imprécision factuelle ; Compléter les informations manquantes ; Améliorer les formulations maladroites
- ✓ **Enrichir si nécessaire** : Ajouter votre analyse personnelle ; Compléter avec des informations de contexte ; Mettre en perspective avec les mois précédents

## 5- Synthèse de la veille

### a) Septembre 2025 : Percées académiques

Harvard : Premier ordinateur quantique à fonctionnement continu :

**Date : 25 septembre 2025**

L'équipe du professeur Mikhail Lukin à Harvard a publié dans Nature une avancée majeure : un système de plus de 3 000 qubits capable de fonctionner en continu pendant plus de deux heures, avec un potentiel de fonctionnement théoriquement illimité.

**Points clés :**

- Plus de 3 000 qubits basés sur des atomes neutres

- Injection de 300 000 atomes par seconde pour remplacer les qubits perdus
- Utilisation de "pinces optiques" et de "tapis roulant à réseau optique"
- Première résolution du problème majeur de la perte d'atomes

**Source :**

- <https://news.harvard.edu/gazette/story/2025/09/clearing-significant-hurdle-to-quantum-computing/>
- <https://phys.org/news/2025-09-physicists-quantum-bit-capable.html>

**b) Octobre 2025 : L'avantage quantique vérifiable**

**Google Willow : Démonstration de l'algorithme Quantum Echoes :**

**Date : 22 octobre 2025**

Google Quantum AI a annoncé le premier avantage quantique vérifiable sur matériel avec sa puce Willow de 105 qubits. L'algorithme "Quantum Echoes" (basé sur les corrélateurs hors du temps - OTOC) a été exécuté 13 000 fois plus rapidement que sur le supercalculateur Frontier d'Oak Ridge.

**Caractéristiques techniques :**

- 105 qubits supraconducteurs en grille carrée
- Fidélité de 99,9975% démontrée sur 98 qubits physiques
- Correction d'erreurs sous le seuil (below-threshold)
- Simulation complétée en 2,1 heures vs 3,2 années pour Frontier
- Résultats vérifiables et reproductibles

Cette démonstration est cruciale car elle représente le premier cas d'avantage quantique sur un problème scientifiquement utile et vérifiable, contrairement aux démonstrations précédentes limitées à des benchmarks académiques.

**Sources :**

- <https://blog.google/technology/research/quantum-echoes-willow-verifiable-quantum-advantage/>
- <https://www.scientificamerican.com/article/google-measures-quantum-echoes-on-willow-quantum-computer-chip/>
- <https://phys.org/news/2025-10-google-latest-quantum-algorithm-outperform.html>

**c) Novembre 2025 : Vers la commercialisation**

**IBM : Annonce du processeur Nighthawk :**

**Date : 12 novembre 2025**

Lors de la Quantum Developer Conference, IBM a dévoilé sa feuille de route ambitieuse avec le processeur IBM Quantum Nighthawk, visant l'avantage quantique d'ici fin 2026 et des systèmes tolérants aux erreurs en 2029.

**Spécifications Nighthawk :**

- 120 qubits avec 218 coupleurs accordables



- Connectivité accrue de 20% par rapport à Heron
- Capacité de 5 000 portes à deux qubits (actuellement)
- Objectif de 7 500 portes fin 2026, 10 000 en 2027
- Livraison prévue fin 2025

**Source :**

- <https://newsroom.ibm.com/2025-11-12-ibm-delivers-new-quantum-processors,-software,-and-algorithm-breakthroughs-on-path-to-advantage-and-fault-tolerance>
- <https://www.nextplatform.com/2025/11/12/ibm-lets-fly-nighthawk-and-loon-qpus-on-the-way-to-quantum-advantage/>

**Atom Computing et Microsoft : Record de qubits logiques :**

**Date : 7 novembre 2025**

Atom Computing a été sélectionné par la DARPA pour la phase B du programme QBI (Quantum Benchmarking Initiative). En collaboration avec Microsoft, l'entreprise a démontré l'intrication de 24 qubits logiques et des calculs sur 28 qubits logiques.

**Réalisations :**

- Plus de 1 000 qubits physiques (atomes neutres)
- 24 qubits logiques intriqués (record mondial)
- Détection et correction d'erreurs en temps réel
- Temps de cohérence de ~40 secondes
- Livraison commerciale prévue en 2025 via Azure Quantum

**Source :**

- <https://www.prnewswire.com/news-releases/atom-computing-selected-by-darpa-for-the-next-stage-of-exploring-near-term-utility-scale-quantum-computing-with-neutral-atoms-302607998.html>
- <https://azure.microsoft.com/en-us/blog/quantum/2024/11/19/microsoft-and-atom-computing-offer-a-commercial-quantum-machine-with-the-largest-number-of-entangled-logical-qubits-on-record/>

**Pasqal : Laboratoire commun Atomiq-Lab :**

**Date : 26 novembre 2025**

Inauguration du laboratoire commun Atomiq-Lab à l'Institut d'optique de Palaiseau, rassemblant le CNRS, l'Institut d'optique et la startup française Pasqal. Ce laboratoire vise à maintenir l'avance française dans les ordinateurs quantiques à atomes froids.

**Objectifs de Pasqal :**

- 6 QPU (quantum processing units) déjà livrés
- Objectif de 10 000 qubits en 2026
- Architecture évolutive de qubits logiques
- Concurrence directe avec Atom Computing, QuEra et Infleqion (USA)

**Source :**

- <https://www.usinenouvelle.com/industrie-technologie/numerique/atomiq-lab-un-nouveau-laboratoire-commun-au-service-des-ordinateurs-quantiques-de-pasqal.SFLV2GEKWRAT7DI5O2RLJZ766I.html>
- <https://www.cnrs.fr/fr/presse/le-cnrs-linstitut-doptique-graduate-school-et-la-scale-pasqal-sassocient-pour-construire-les>

**d) Décembre 2025 : Consolidation et perspectives**

**Google Willow : Ouverture aux chercheurs britanniques :**

**Date : 12 décembre 2025**

Google et le gouvernement britannique ont annoncé l'ouverture de l'accès à la puce Willow pour les chercheurs britanniques via le National Quantum Computing Centre (NQCC). Cette initiative vise à accélérer la découverte d'applications pratiques pour les ordinateurs quantiques.

**Source :**

- <https://blog.google/around-the-globe/google-europe/united-kingdom/national-quantum-computing-centre-collaboration/>

**Quandela : Installation de Lucy au CEA**

**Date : 23 décembre 2025**

La startup française Quandela a installé Lucy, un ordinateur quantique photonique de 12 qubits, au Très Grand Centre de Calcul (TGCC) du CEA. D'ici 2026, des entreprises comme Thales et TotalEnergies pourront tester des calculs quantiques en ligne.

***Caractéristiques de l'approche photonique :***

- Qubits basés sur des photons
- Température ambiante (pas besoin de refroidissement extrême)
- Architecture quasi-universelle numérique
- Calcul hybride quantique-classique

**Source :**

- <https://www.cea.fr/presse/Pages/actualites-communiques/ntic/quandela-livre-lucy-ordinateur-quantique-TGCC.aspx>
- <https://www.futura-sciences.com/tech/actualites/ordinateur-quantique-lucy-ordinateur-quantique-photonique-plus-puissant-monde-arrive-cea-126738/>

**e) Janvier 2026 Consolidation du marché**

**Volatilité du marché et perspectives :**

**Date : Début janvier 2026**

Le marché des entreprises quantiques a connu une forte volatilité à la suite des déclarations de Jensen Huang (CEO de Nvidia) au CES 2025, estimant qu'il faudrait 20 ans avant des ordinateurs quantiques

véritablement utiles. Les actions d'IonQ, Rigetti Computing et D-Wave ont chuté significativement, effaçant les gains de fin 2024.

Cependant, les experts restent optimistes : un sondage de QuEra Computing révèle que 65% des organisations se disent prêtes à adopter l'informatique quantique d'ici trois ans.

**Source :**

- <https://fortune.com/2025/01/09/nvidia-ceo-jensen-huang-tanks-quantum-computing-stocks/>

### **Investissements européens**

**Date : 19 janvier 2026**

L'Union européenne a modifié le règlement EuroHPC pour renforcer les capacités quantiques de l'Europe. Plus de 307 millions d'euros ont été investis dans l'IA et les technologies connexes, incluant le quantique.

**Réalisations européennes :**

- Premier ordinateur quantique EuroHPC inauguré à Poznan (Pologne) en juin 2025
- Deuxième ordinateur "VLQ" inauguré à Ostrava (Tchéquie) en septembre 2025
- Future loi européenne sur le Quantum prévue en 2026

**Sources :**

- <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/news/eurohpc-regulation-amended-strengthen-europes-ai-and-quantum-capabilities>
- <https://www.hpcwire.com/2026/01/21/eurohpc-formalizes-role-in-europes-ai-and-quantum-infrastructure-push/>

#### **f) Février 2026 : Applications concrètes**

### **Les 5 secteurs stratégiques en pointe**

**Date : 5 février 2026**

Selon une analyse publiée début février, cinq secteurs industriels commencent à tirer parti de l'informatique quantique de manière opérationnelle :

- 1- Industrie pharmaceutique**
  - Modélisation rapide des protéines complexes et réactions chimiques
  - Conception de molécules thérapeutiques en jours au lieu de mois
  - Collaboration entre Roche et Google Quantum AI
- 2- Finance**
  - JP Morgan : algorithme d'optimisation de portefeuille 1 000 fois plus rapide
  - Exploration simultanée de millions d'hypothèses d'investissement
- 3- Chimie et matériaux**
  - Simulation de réactions biomoléculaires complexes
  - Conception de nouveaux matériaux avec propriétés spécifiques
- 4- Logistique**

- Optimisation des chaînes d'approvisionnement
- 5- **Énergie**
  - TotalEnergies : tests avec Lucy (Quandela)
  - Optimisation de la gestion des réseaux électriques

**Sources :**

- <https://phys.org/news/2026-02-ways-quantum-technology-everyday-life.html>
- <https://thequantuminsider.com/2026/01/15/quandela-quantum-computing-trends-2026/>

## 6- Analyse et perspectives

### a) L'état actuel : l'ère NISQ

La période actuelle est définie par les experts comme l'ère NISQ (Noisy Intermediate-Scale Quantum), caractérisée par des ordinateurs quantiques de taille intermédiaire avec des taux d'erreur significatifs. Les systèmes actuels oscillent entre 100 et 3 000 qubits physiques, mais la plupart ne disposent pas encore de correction d'erreurs complète.

L'objectif pour 2026-2029 est de passer à des systèmes FTQC (Fault-Tolerant Quantum Computing) avec des qubits logiques robustes et des taux d'erreur suffisamment bas pour des applications industrielles.

### b) Les différentes approches technologiques

Aucune approche ne s'est encore imposée comme référence. Voici les principales technologies en compétition :

- **Circuits supraconducteurs** : IBM, Google, Rigetti (nécessitent des températures proches du zéro absolu)
- **Atomes neutres** : Atom Computing, Pasqal, Harvard (temps de cohérence très longs, ~40 secondes)
- **Ions piégés** : IonQ, Quantinuum (haute fidélité, 99,9975%)
- **Photonique** : Xanadu, PsiQuantum, Quandela (fonctionnement à température ambiante)
- **Qubits topologiques** : Microsoft (encore expérimental, promesse de meilleure stabilité)

### c) Les défis restants

- **Correction d'erreurs** : Les taux d'erreur actuels (~0,14% par cycle pour Willow) doivent être réduits à  $10^{-6}$  pour des applications à grande échelle
- **Scalabilité** : Passer de quelques centaines à des millions de qubits
- **Coût** : Les infrastructures actuelles coûtent des dizaines de millions de dollars
- **Compétences** : Manque crucial de professionnels formés à l'informatique quantique
- **Applications** : Seulement 6 applications réellement déployées sur 177 cas d'usage recensés

### d) Prévisions pour 2026-2029

Les experts et industriels convergent vers les objectifs suivants :

- **Fin 2026** : Premiers cas d'avantage quantique vérifiés par la communauté (IBM)
- **2027** : Machines commerciales avec 50-100 qubits logiques (Atom Computing/Microsoft)
- **2029** : Premiers ordinateurs quantiques tolérants aux erreurs (IBM, Google)

## VI/ Bilan

---

### 1- Conclusion

Les cinq derniers mois (septembre 2025 - février 2026) ont marqué un tournant décisif dans l'histoire de l'informatique quantique. Trois avancées majeures se dégagent :

- **Le premier avantage quantique vérifiable** démontré par Google avec Willow (13 000× plus rapide qu'un supercalculateur)
- **Le record de qubits logiques intriqués** établi par Atom Computing et Microsoft (24 qubits logiques)
- **Le premier ordinateur quantique à fonctionnement continu** développé par Harvard (3 000+ qubits, >2 heures)

Contrairement aux prédictions pessimistes de certains observateurs, l'informatique quantique progresse rapidement. Bien que nous soyons encore dans l'ère NISQ, la transition vers des systèmes tolérants aux erreurs semble désormais tangible pour la fin de la décennie.

Pour le secteur informatique et les futurs professionnels SIO, cette évolution représente à la fois un défi et une opportunité. Les compétences en programmation quantique (Qiskit, Cirq, Q#) deviendront progressivement recherchées, particulièrement dans les domaines de la cybersécurité (cryptographie post-quantique), de l'optimisation et du calcul scientifique.

2026 ne sera pas l'année de la rupture totale, mais celle d'une consolidation patiente et méthodique qui pose les fondations d'une révolution technologique majeure.

### 2- Auto-évaluation

La réalisation de cette veille technologique constitue une première expérience complète dans ce domaine. Avant ce projet, je n'avais jamais mis en place de démarche formalisée de veille. Je ne disposais d'aucune méthodologie précise et je ne maîtrisais ni les outils ni l'organisation nécessaires pour structurer efficacement la collecte d'informations.

Dans un premier temps, j'avais envisagé une veille sur la cybersécurité. Toutefois, ce thème s'est rapidement révélé trop vaste et trop transversal pour être exploité efficacement dans le cadre du BTS SIO. La quantité d'informations disponibles, la diversité des sous-domaines et la rapidité d'évolution du secteur rendaient difficile la production d'une analyse cohérente et structurée.

Le choix de l'informatique quantique est intervenu dans un second temps. Ce sujet correspond davantage à mes centres d'intérêt personnels, notamment les sciences, l'astrophysique et la physique de l'infiniment petit, tout en restant en lien direct avec l'informatique. Ce positionnement plus ciblé m'a permis de mieux délimiter le périmètre de la veille et de travailler sur un thème innovant, à la fois scientifique et technologique.

Ne disposant pas initialement d'une méthodologie claire, j'ai largement utilisé les outils d'intelligence artificielle pour m'accompagner dans la structuration de la démarche. L'IA m'a servi de guide pour organiser le travail, définir les étapes du projet et construire un cadre cohérent. Elle a également été utilisée pour analyser et synthétiser les informations collectées chaque semaine. Cette approche m'a

permis de gagner un temps considérable et d'éviter de m'éparpiller face au volume important de données disponibles.

Cependant, l'utilisation de l'IA n'a jamais remplacé l'analyse personnelle. Les synthèses produites ont systématiquement été relues, vérifiées et adaptées afin de garantir leur exactitude et leur pertinence pédagogique. Cette démarche m'a permis de développer un esprit critique face aux contenus générés automatiquement.