

Futurs Réseaux Quantiques: Nouveaux besoins en Synchronisation

FIRST-TF Assemblée Générale 2022

ORANGE INNOVATION



orange™

Olivier Le Mout - olivier.lemout@orange.com

5 octobre 2022

Quantique: repères

Evolution

1^{ère} révolution quantique:
Transistor, horloge atomique,
laser, IRM, ...

2^{ème} révolution quantique:
Utiliser des propriétés
spécifiques: l'intrication, le non-
clonage, la superposition, ...

Domaines

Apports du quantique:
Calcul, apprentissage
automatique, simulation,
métrologie, communication.

Télécoms

Exemples de cas d'usage:
Optimisation, compression
de bruit, sécurité, Internet
Quantique

Recherche

**Participation ou leadership
d'Orange:**
CiViQ, OpenQKD, Qosac,
Oqtavo, ParisRegionQCI,
Q@UCA, FranceQCI

Objectifs

Pragmatisme privilégié:
Insertion dans l'écosystème
européen et donc français, bâtir une
compétence, expérimenter et
anticiper les cas d'usage

Défis

Gérer les incertitudes:
Domaine quantique en évolution
accélérée, mobilisations des GAFAM,
ressources limitées des opérateurs.



A woman with dark hair and gold hoop earrings, wearing a black top, is looking down at a tablet device. A man with a beard and short hair, wearing a dark blue sweater, is also looking at the tablet. They are in a professional setting, possibly a meeting or a workshop. The background is blurred, showing other people and office equipment.

Priorités d'Orange

Être leader ou contributeur dans différents projets de Recherche ou de mises en pratique de différentes technologies quantiques, en particulier pour les communications quantiques. Implication dans le plan quantique France et dans EuroQCI (Dorsale Internet Quantique pour l'Europe).

La synchronisation pour les réseaux quantiques

Elle est nécessaire pour les fonctions de base des réseaux, en particulier pour la distribution de l'intrication, ressource primaire pour de nombreuses fonctionnalités.

Elle n'est pour l'instant pas définie en normalisation, ni pour les réseaux de transport, ni pour les services anticipés actuellement (e.g., calcul quantique distribué, capteurs quantiques distribués).

Les différentes technologies explorées pour la synchronisation sont soit classiques soit hybrides (quantique + classique).

Nouveaux défis en Synchronisation



La synchronisation des réseaux quantiques ira du plus simple (NTP pour la gestion des équipements et des services) au plus pointu: l'usage de l'intrication impliquera des mesures d'interférométrie très précise..

⇒ Pour intriquer deux nœuds quantiques distants, une mesure de coïncidence dans un nœud intermédiaire exigera une synchronisation meilleure que le temps de cohérence des photons.

L'utilisation d'une source de paires de photons intriqués pour aider à la synchronisation de deux horloges distantes apportera des exigences.

⇒ Faire une corrélation croisée entre des temps de réception de photons intriqués nécessitera une synchronisation des données, une syntonisation des horloges et une poursuite en fréquence.

Les contraintes des solutions plus pointues (e.g., mise en phase de qubits, porteurs d'information quantique) ne sont pas connues.

Conclusion



Les applications des technologies quantiques, en particulier dans les réseaux de communication, amèneront des contraintes de synchronisation étendues, probablement allant de la milliseconde à la picoseconde, défiant les solutions classiques.

Une mobilisation des acteurs du domaine T&F est souhaitable, en particulier en tenant compte de l'aspect critique de certaines applications du quantique. Dans ces cas-là, la notion de souveraineté européenne et/ou nationale se traduira aussi en nouvelles opportunités.

Pour finir, les solutions de synchronisation dans le domaine quantique pourront être utilisées pour les réseaux classiques, voire constituer des solutions de redondance (partielle ?) aux technologies actuelles.

Merci

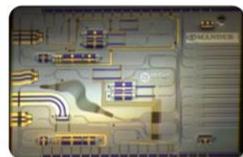
#WeMakeInnovation



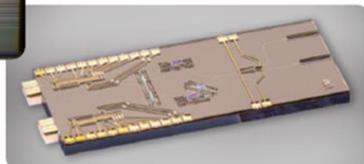
Race into the Future

Photonic Integration for Quantum Communications

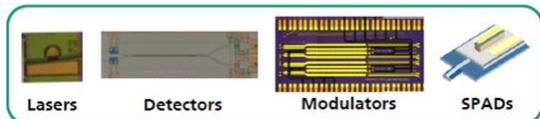
Towards integrated components and circuits



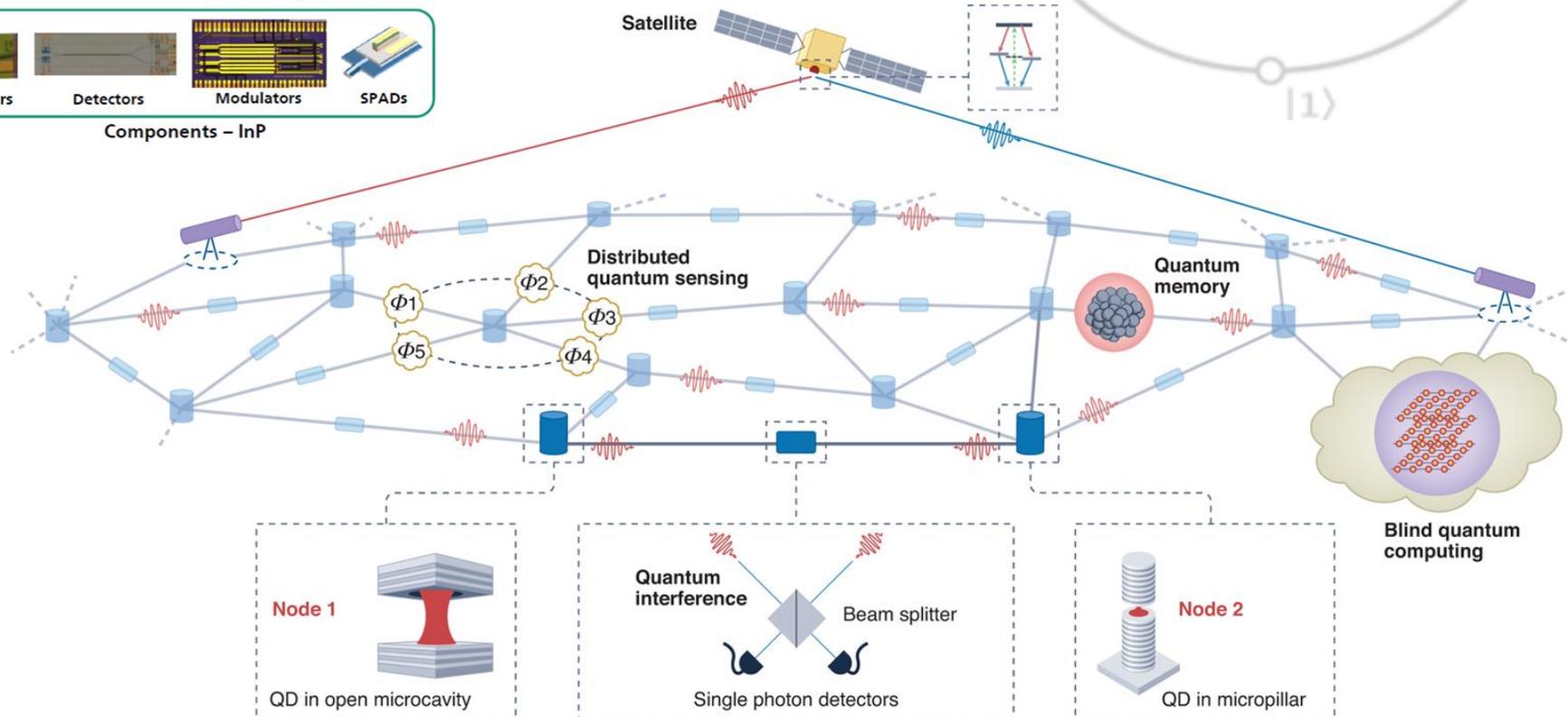
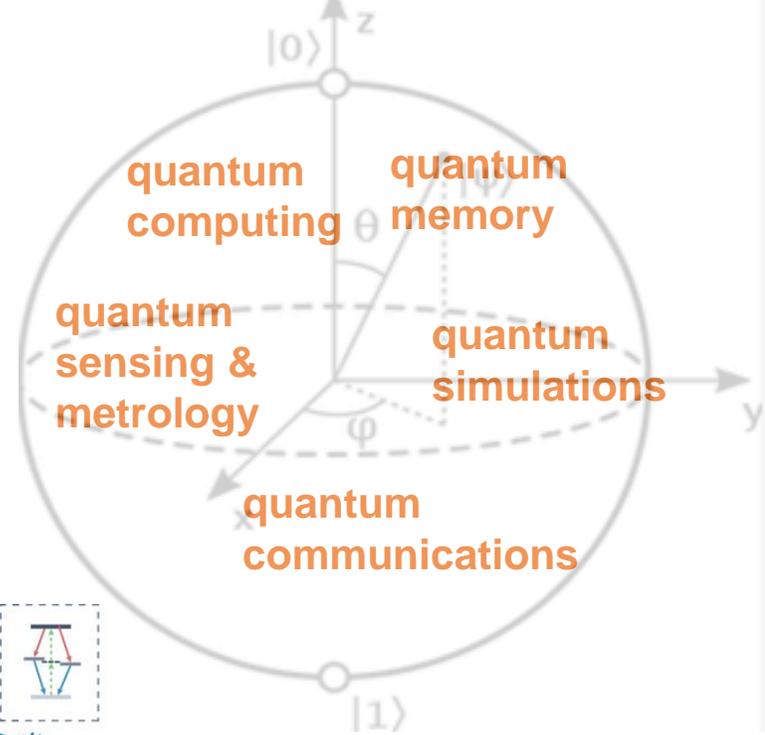
Monolithic PICs - InP



Tunable BB84 transmitter based on Polyboard Hybrid PICs



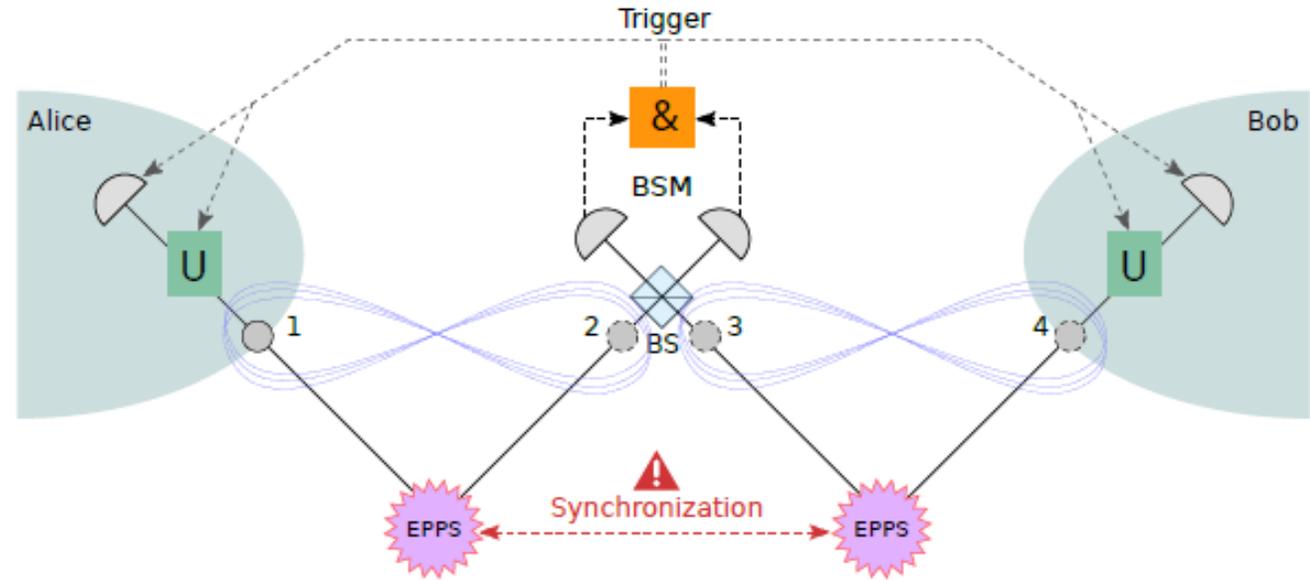
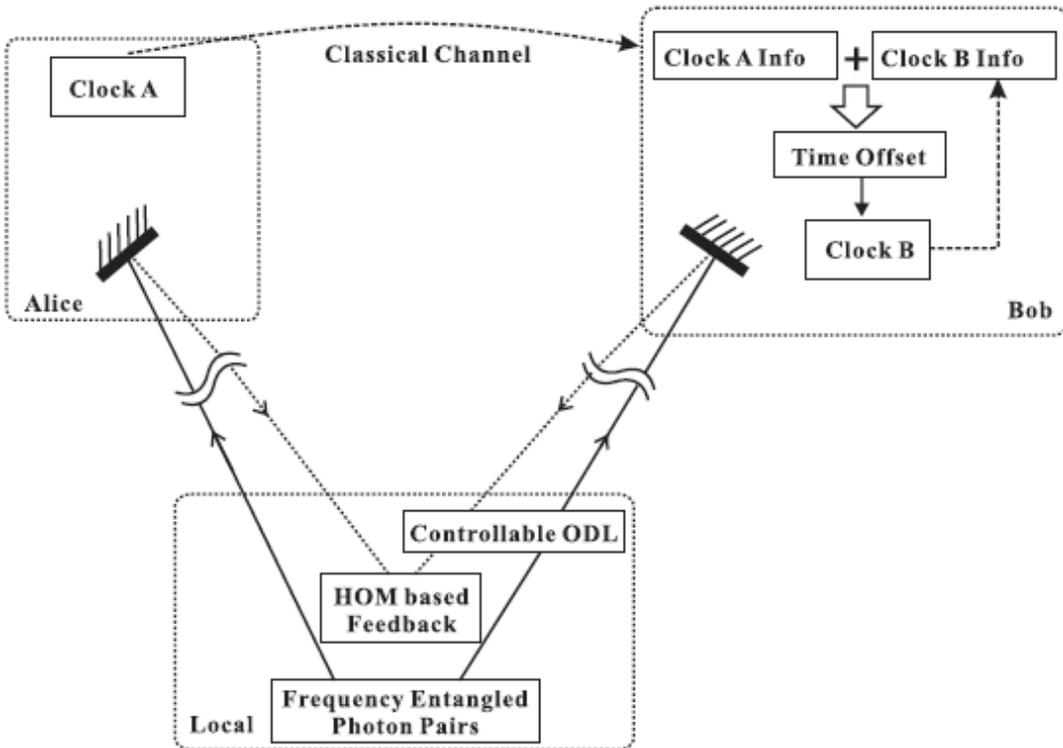
Components - InP



Synchronisation examples

Synchronisation in a quantum relay:

Entanglement swapping for a quantum relay:
Photons 2 & 3 (each come from one **EPPS*** source) are projected onto one maximally entangled Bell state (BSM). This triggers a signal for Alice and Bob to open their detectors and choice for U unitary transformation, enabling correlation between photons 1 & 4 reconstruction.



Hong-Ou-Mandel (HOM) interferometric setup for remote clock synchronisation:

As soon as the entangled photon pairs are “coincident at clocks A and B”, their arrival-time data are recorded with respect to each local clock. Then cross correlation between specific functions of arrival-time data is executed to extract time offset between clocks.

* **EPPS:** Entangled photon pair source

Last minute

Nobel Physic Prize:

Quantum specialists

Aspect, Clauser, Zeilinger

"Breakthrough Prize in fundamental physics (2023)" :

Charles Bennett, Gilles Brassard, David Deutsch, Peter Shor

Remerciements

Fédération de Recherche FIRST-TF pour l'invitation et le financement de la mission