

Orange

Synchronisation & Quantique

Olivier Le Mout

10/11/2023

olivier.lemout@orange.com



Sommaire



Orange Expert
Future
networks

- 1 Activités d'ORANGE dans le Quantique
- 2 Synchronisation ORANGE
- 3 Quelle synchronisation pour le Quantique?
- 4 Exemples de solutions
- 5 Le Quantique pour la synchronisation
- 6 État actuel en normalisation
- 7 Conclusion – vers une convergence?

1. Activités d'ORANGE dans le Quantique



Orange Expert
Future
networks



ParisRegionQCI

Développement et tests d'un réseau quantique en Ile-de-France

OPEN  QKD

Des cas d'usage aux tests terrains, a permis de fédérer l'écosystème QKD en Europe

2019-2023
OpenQKD

2021-2023
Paris
RegionQCI

2023-2027
FPA-QSNP

Quantum Secure Networks
Partenariat pour booster le marché Européen de la Communication Quantique

2018-2022
CiviQ



CV-QKD – Réduire les coûts via l'intégration photonique et réutiliser l'infrastructure existante.



2021-2022
OQTAVO

Études pour EuroQCI
Réseau sécurisé, dorsale du futur Internet Quantique Européen

2019-2026
Quantum@UCA

Université Côte d'Azur Q@UCA
Expérimentation utilisant l'intrication



2023-2025
FranceQCI

Réseau expérimental France pour la QKD et autres technos – Partie Française d'EuroQCI

2020
QOSAC

Initiatives /Sponsors

Digital Europe Program - DEP
Premiers services Internet Quantique

2018-2028+
Quantum Flagship

2018-2028+
Framework Partnership Agreement - FPA

2019-2027
Quantum Communication Infrastructure - QCI

2019-2027
Plan Quantique France

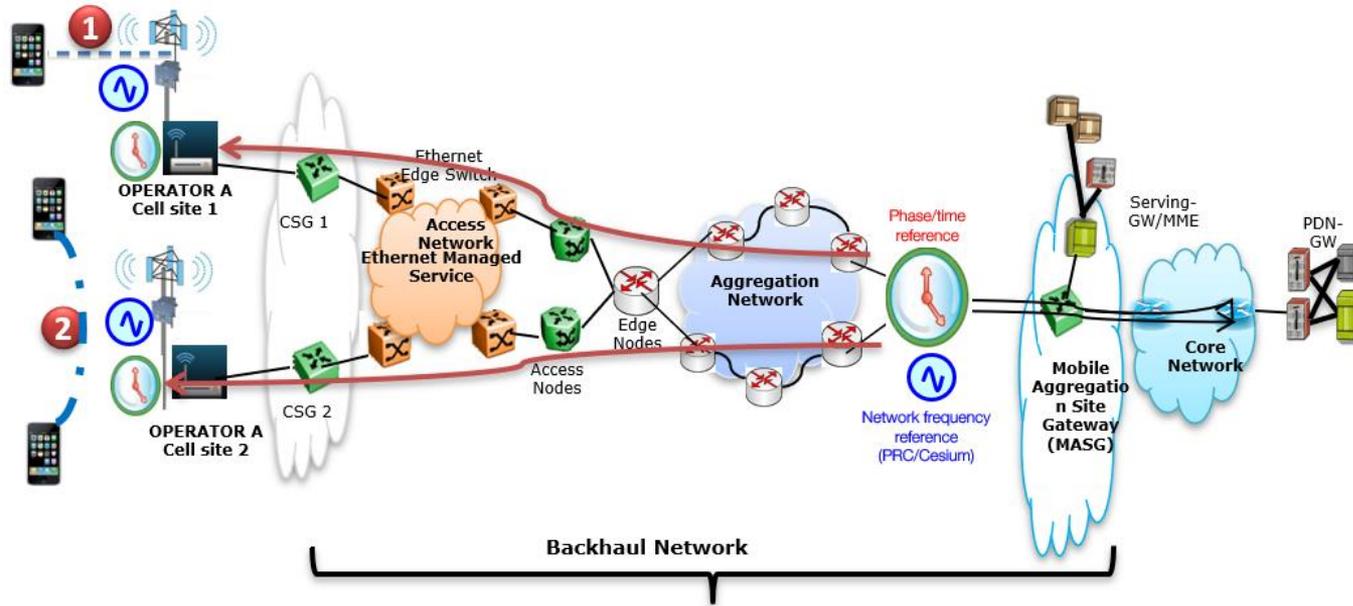
Other



2. Synchronisation ORANGE

Deux finalités de synchronisation pour les réseaux d'ORANGE:

1. Synchronisation en **Fréquence**: Réseau de distribution d'architecture arborescente, issue de deux bâtis primaires avec horloges atomiques (Césium + Rubidium) et d'autres pour les DOM-TOM/filiales.
2. Synchronisation en **Phase/Temps**: Besoin récent dû à la généralisation de la 5G.



Besoins:

- 1 Radio Framing
Accuracy
- 2 Hand-over

Respect strict des normes correspondantes issues de l'ITU-T (e.g. Study Group 15, Question 13).

3. Quelle synchronisation pour le Quantique?



Orange Expert
Future
networks

Divers besoins de synchronisation perçus et solutions candidates:

1. Pour la gestion des services (e.g. QKD): NTP.
2. Pour la synchronisation des équipements QKD: Solutions propriétaires en point-à-point et proposition d'utilisation de PTP en normalisation.
3. Synchronisation pour autres topologies (e.g. réseaux maillés): PTP V2 ou V2.1 (e.g. IEEE 1588-2019).
4. Synchronisation pour autres technologies (e.g. Twin-Field QKD): Référence optique type Refimeve ?
5. Synchronisation pour les réseaux intriqués: PTP V2.1 **High Accuracy** ou solutions spécifiques.
6. Synchronisation pour la coordination segments spatiaux et terrestres: Selon technos.

Un autre besoin pourrait être identifié: Contrôle de la latence.

Ce besoin est connu dans certaines applications, typiquement celles orientées temps réel (e.g. industries), pour lesquelles un corpus de protocoles existe sous la bannière IEEE TSN (**Time Sensitive Networks**).

La latence est importante pour la **5G** et le sera encore plus pour la **6G**.

4. Exemples de solutions



Orange Expert
Future
networks

Les réseaux avec intrication seront très exigeants en synchronisation.

Quelques exemples:

1. INPHYNI (FR) – Brevet de solution optique EP2761803 ou expérimentation actuelle Q@UCA
2. IEQNET (USA) - Solution optique avec brevet CalTech US20230206105.
3. NIST (USA) - Utilisation de White Rabbit (e.g. IEEE 1588-2019 option **High Accuracy**).
4. Fraunhofer Institute (Allemagne) - Solution avec des sources de photons uniques
5. NUS (Singapour) - Synchronisation d'horloge par détection à distance de paires de photons corrélées
6. SPATIAL: Jian-Wei Pan et al. (Chine), expérimentation Micius et Xairos Systems (USA).

La démarche du NIST avec White Rabbit serait proche de la probable évolution des solutions de synchronisation pour les opérateurs télécoms.

Des solutions plus ambitieuses comme de futures horloges optiques commerciales avec distribution de signaux optiques de synchronisation ou des peignes femtosecondes pourraient aussi apparaître.

5. Le Quantique pour la synchronisation



Orange Expert
Future
networks

L'utilisation du Quantique pour la synchronisation a été imaginée depuis longtemps.
Quelques exemples:

1. USA – Quantum Atomic Clock Synchronization - Josza, Abrams, Dowling, Williams 2000
2. USA – Quantum Clock Synchronization & Quantum Error Correction – Preskill 2000
3. USA – A quantum network of clocks - Kómár, P. et al. 2014.

Pour les télécoms, ce serait intéressant à plusieurs titres:

- Valoriser les réseaux quantiques avec la fonction synchronisation et remplir le besoin du slide 4.
- Disposer d'une synchronisation très performante pour de nouveaux cas d'usage (e.g., Sensing).
- Utiliser la fonction synchronisation par le quantique comme solution de redondance aux GNSS.

Exemples d'inconnues:

- Comment relier une synchronisation ultra-performante à l'UTC, même lorsqu'elle sera basée sur l'optique?
- Comment rendre robuste cette synchronisation ultra-performante? Quelle sécurité (HW & SW)?

6. État actuel en normalisation



Orange Expert
Future
networks

IETF-IRTF

QIRG: Quantum Internet,
information only.

IRTF

GSMA

GSMA

White Papers only

ETSI

More physical topics

ETSI

ISO

IEC

Security

ISO/IEC

Security

ITU-T

More architecture and interfaces
topics

ITU-T

CEN-
Cenelec

CEN-Cenelec

European standardization

Draft for **use of PTP** for QKD products, Draft Technical Report with **Secure quantum clock** synchronization & **quantum network of entangled clocks**



Orange Expert
Future
networks

Conclusion

7. Conclusion – vers une convergence ?



Orange Expert
Future
networks

Synchronisation très performante pour le Quantique ... et pour la **6G**?

1. Actuellement la **5G** nécessite de tenir une synchronisation à +/- 1.5 μ s en extrémité de réseau,
2. La **6G** devrait amener des contraintes plus fortes, éventuellement dans la gamme des ns,
3. La notion de redondance aux systèmes GNSS risque de devenir obligatoire comme aux USA.

Mondialement, les télécoms ont des contraintes de coût de plus en plus fortes.

Que peut-on en déduire ?

- Une synchronisation très performante pour le quantique devra servir pour la **6G**.
- Elle devra être nativement robuste, sécurisée et bas coût.
- Elle servira de redondance aux GNSS.

En conclusion, la synchronisation pour et par le Quantique devra converger avec les défis de la **6G**.

merci

Remerciements à FIRST-TF pour l'invitation et le financement de la mission, à First-TF et à QuantAzur pour l'organisation du Workshop TF & Quantique. Merci à l'équipe du Plateau de Calern pour le mini-stage de survie en Grand Froid et bien sûr à Mmes Hankard et Pailier pour leur efficacité et leur très grande patience.

Lead the Future

