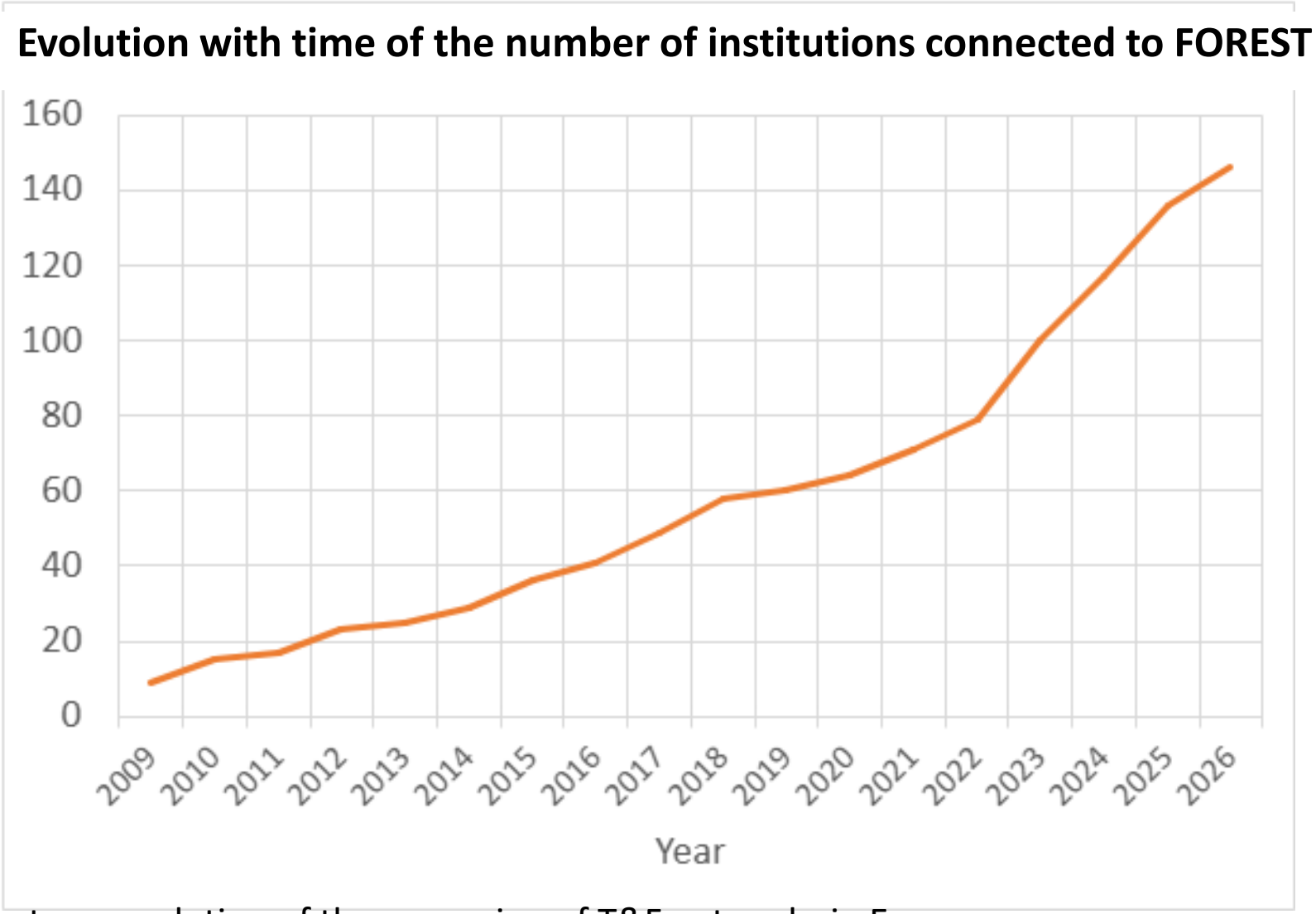
Assemblée Générale de FIRST-TF
Paris – 1-2 October 2026

The new European Research Infrastructure, FOREST,
Fibre-based Optical network for European Science and Technology

by Christian Chardonnet (CNRS, LPL)
Coordinator of FOREST


FOREST

Evolution with time of the number of institutions connected to FOREST



- Long-term evolution of the expansion of T&F networks in Europe over years.
- Evidence of the scientific demand of institutions asking for connections

Construction of the FOREST partnership and list of the support letters

FOREST MOU:
61 signatories from 17 countries including GÉANT, 13 NMIs, 13 NRENs and 33 univ./pub. res.

Letters of support: 105 LoS including:

- 13 signatories at the ministerial level from 10 countries, 3 with financial commitment (CZ, FR, IT)
- 5 from European Ris (CERN, LOFAR, EPOS, ESRF, JIVE)
- EURAMET, BIPM, JRC
- 21 from private companies

NMI: National Metrology Institute
NREN: National Research and Education Network

List of the FOREST stakeholders

# per MS	Member State	Acronym
1	EU	GÉANT
3	AT	ACONET
	AT	BEV
	AT	TUW
2	BE	BELNET
	BE	ROB
2	CZ	CESNET
	CZ	ISI
3	DE	DFN
	DE	PTB
	DE	GFZ
1	ES	RED.ES

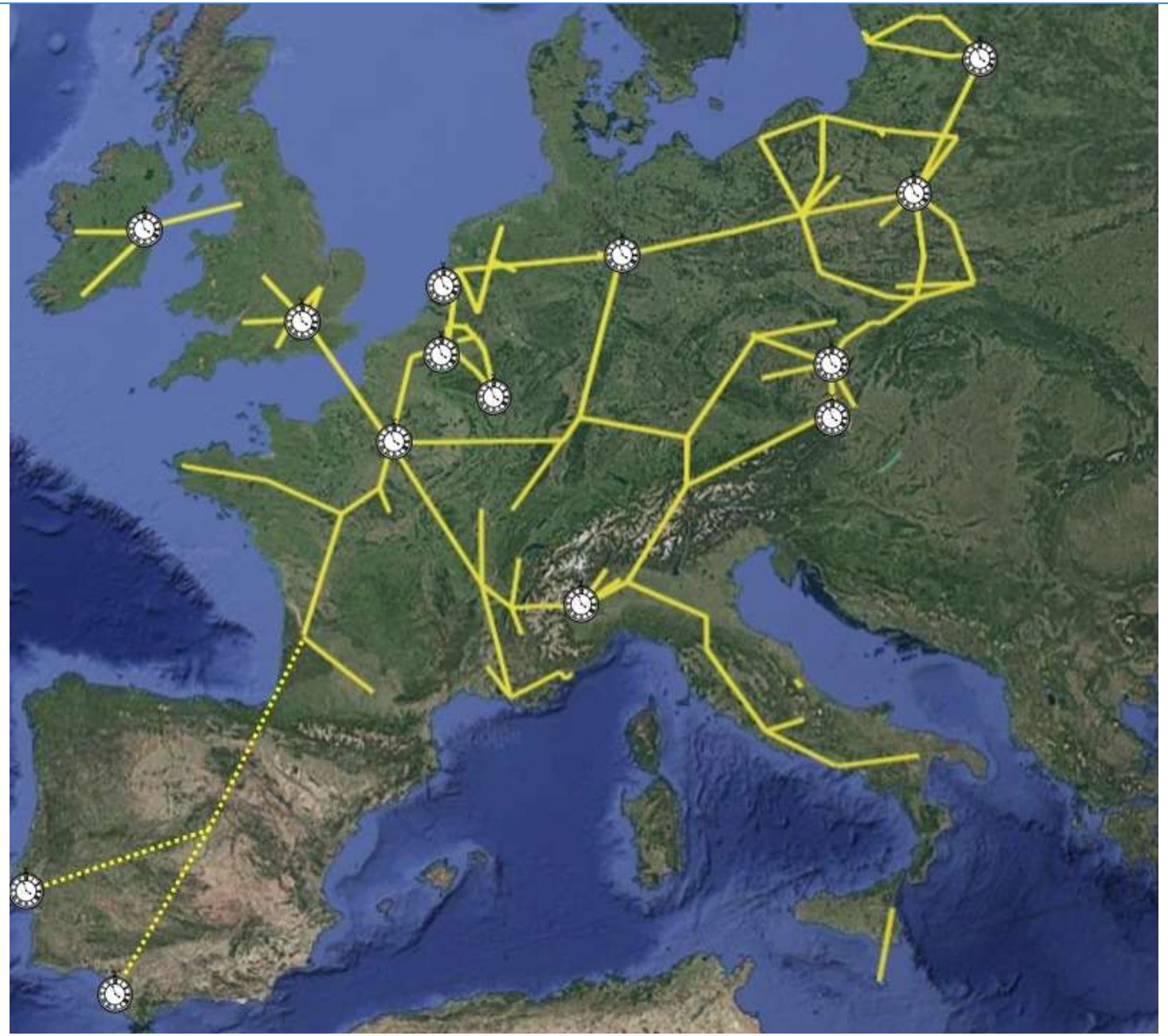
# per MS	Member State	Acronym
13	FR	CNRS
	FR	LNE
	FR	USPN
	FR	SU
	FR	UGA
	FR	UNICA
	FR	OCA
	FR	AMU
	FR	UL
	FR	OP
	FR	UPSaclay
	FR	UMLP
	FR	UR

# per MS	Member State	Acronym
1	HR	IoPZg
5	IE	Asiera
	IE	NSAI
	IE	DIAS
	IE	TCD
	IE	SETU
10	IT	GARR
	IT	INRIM
	IT	UNIPI
	IT	UNIVAQ
	IT	UNINA
	IT	INAF
	IT	INFN
	IT	CREF
	IT	UNIFI
	IT	INGV

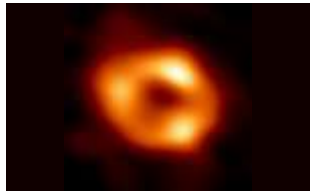
# per MS	Member State	Acronym
2	LT	FTMC
	LT	LITNET
2	LU	RESTENA
	LU	ILNAS
1	MT	Univ Malta
4	NL	SURF
	NL	VSL
	NL	UvA
	NL	VU
4	PL	PSNC
	PL	GUM
	PL	UMK
	PL	CBK PAN
3	PT	IPQ
	PT	FCT
	PT	PQI
2	SK	IPSAS
	SK	QUTE.sk
2	UK	JISC
	UK	NPL

COLOR CODE	
	NREN
	NMI or acting as NMI
	University/ Public, research Institution

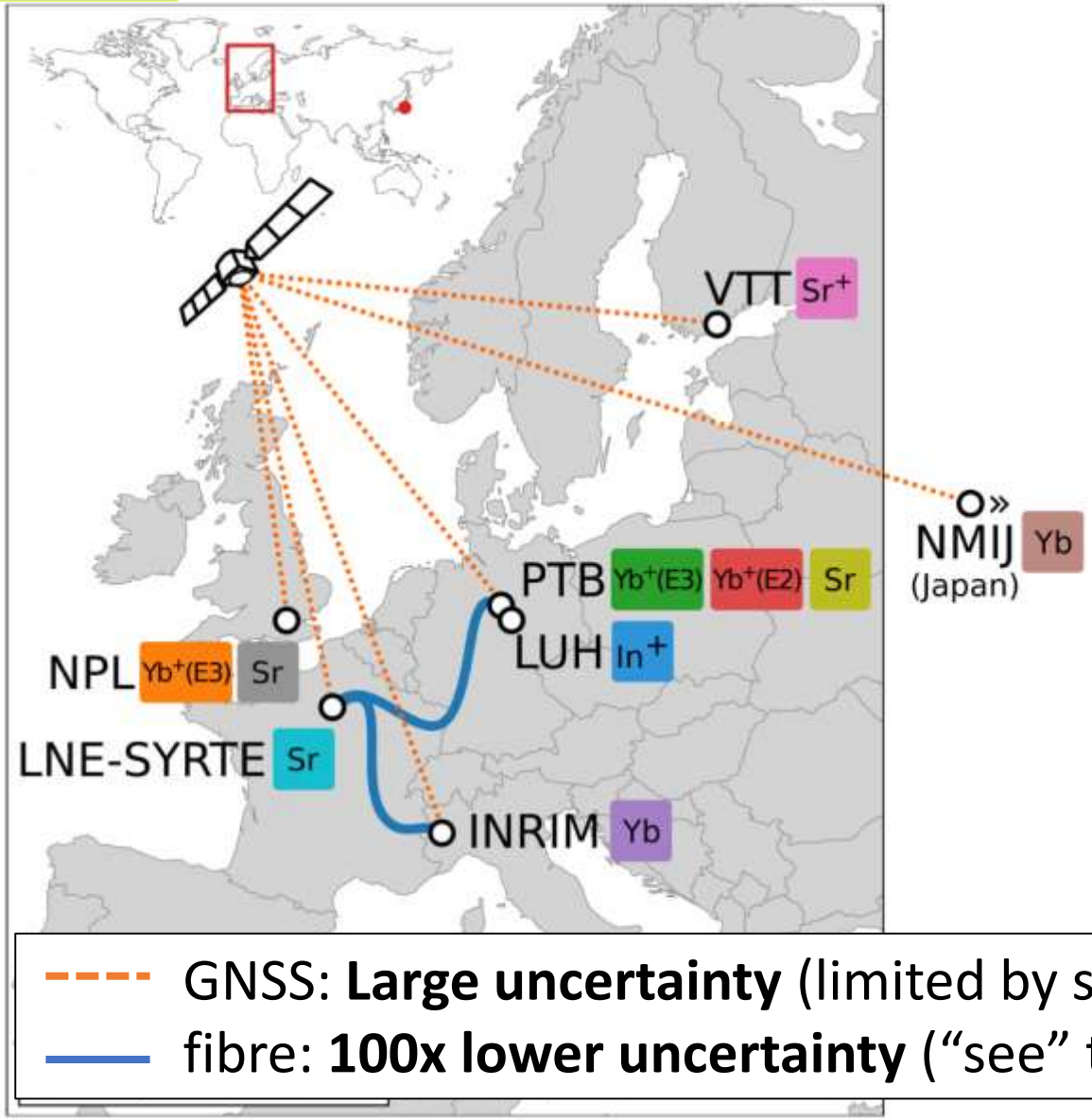
FOREST network connecting NMI clocks



List of services to be delivered by FOREST

	International metrology	**Scientific demand**: compare clocks with 19-digit precision (now 16-digit is possible)
	Fundamental physics (ALPHA @CERN)	**Scientific demand**: need for reliable timescale, better than GPS
	Astrophysics: Very Long Baseline Interferometry (VLBI)	**Performance enhancement & new science:** 100x more precise and reliable clocks
	Fibre Sensing	**Performance enhancement & new science**: Sensing at EU scale, advanced timestamping
	Quantum Communication	**Performance enhancement & new science**: research facility for quantum technologies

Comparisons between NMI optical



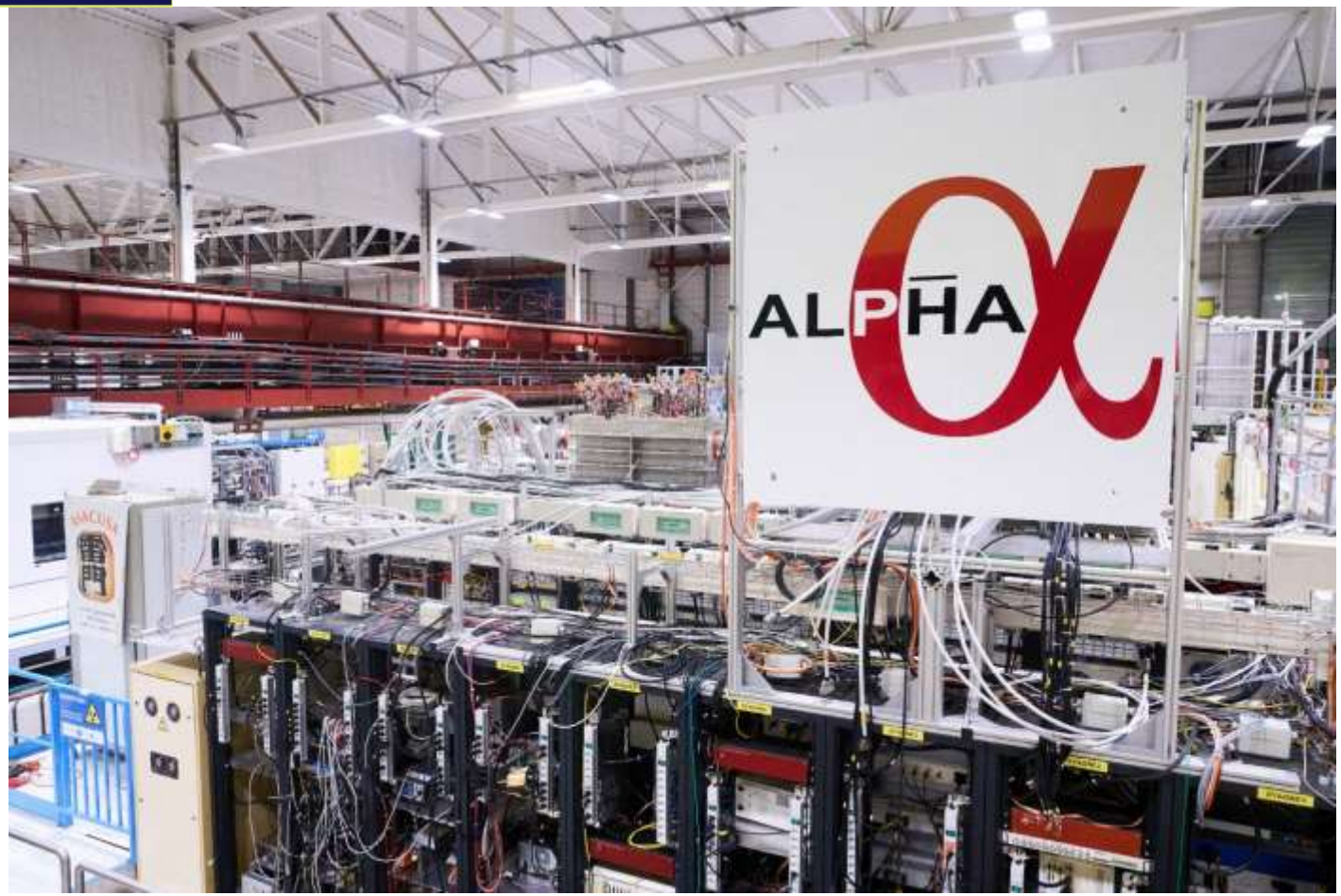
EURAMET/ CCTF conclusions :

- *« The capability to compare remote clocks below 5.10^{-17} has been robustly demonstrated.*
- *Identification of inconsistencies in the GNSS links »*

Added value of FOREST:

- Extension of the number of clocks involved in Europe
- Continuity of the comparisons
- EU shaping the future of metrology

ALPHA experiment at CERN





Observation of the effect of gravity on the motion of antimatter E.K Anderson et al., *Nature* **volume 621**, 716–722 (2023)

Added value of FOREST:

- Direct calibration of the experiment by an optical clock of a NMI through a T&F network.
- Expected gain of more than one order of magnitude in accuracy.

Very Long Baseline Interferometry – VLBI (LOFAR, JIVE, IRAM)

Added value of FOREST

- **100x improvement in clock quality** & long-term stability
- Fibre-based timing to improve **resilience** of European VLBI Network (EVN)
- Release need for local H-masers (now, **extra-UE** tech)
- Common clocks for **astronomy, geodesy, metrology**



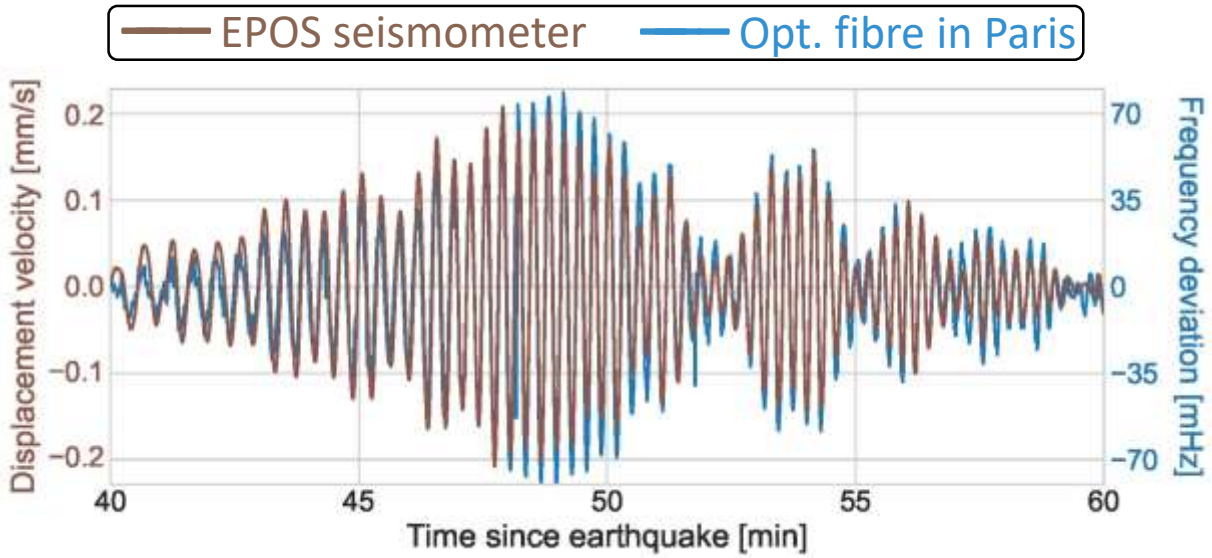
- Pioneering experiences in Italy, France, Poland

Fibre Sensing

Added value of FOREST

- An **EU-scale fibre sensing network**, partnership with EPOS & EMSO
- Fibre-based timing to improve **resilience of seismic networks**
- **Permanent** facility, support by FOREST specialists
- Foster EU competitiveness in a **growing market** (HE-CL4-DIGITAL)

2022 Mexico earthquake

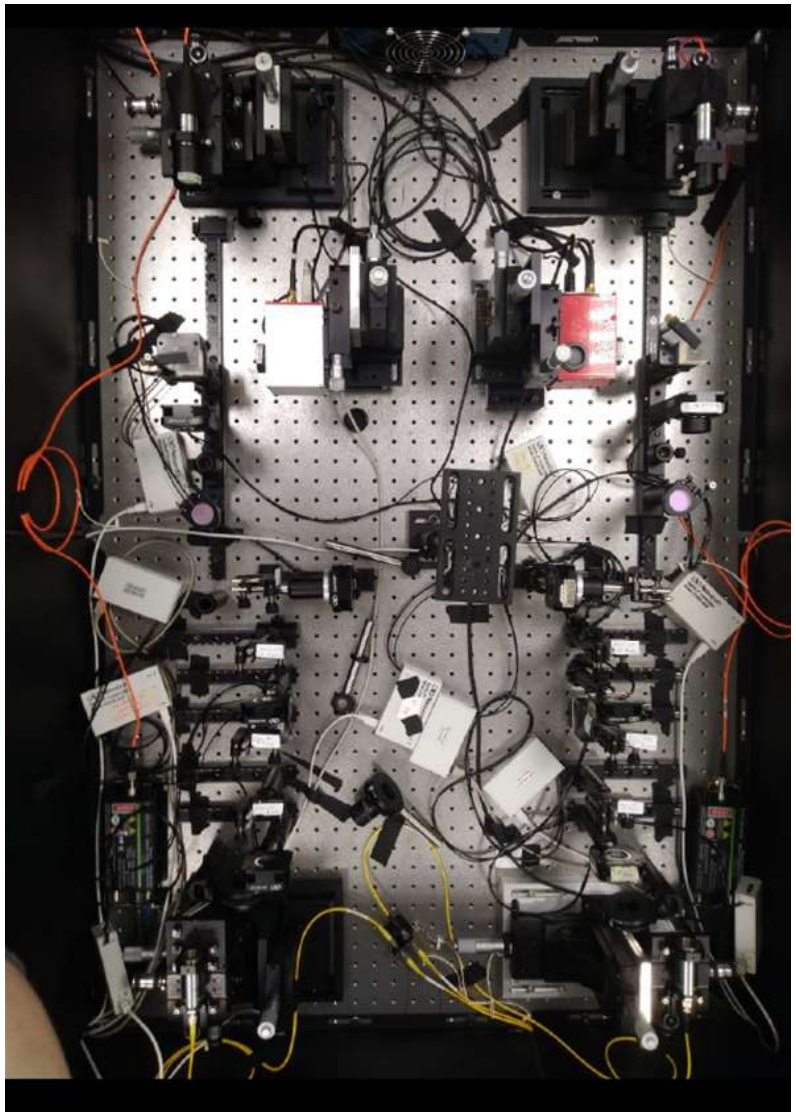


- Publications on top scientific journals
- SENSEI project

Quantum Communication

Added value of FOREST

- Support EuroQCI: interoperable **cross-border QKD** connections
- R&D for quantum security
- Research facility for **quantum internet** & entanglement
- **Synchronization** service for QKD & Quantum internet nodes



- Seminal work in Italy, UK, Germany, the Netherlands, Czech Rep.,…

2013 – KEHL – in front of the ARTE building



Refimeve+
Réseau fibré métrologique à vocation européenne

Important mediatic impact of the first optical clock comparison SYRTE-PTB by optical fiber link





8

Vers un réseau d'horloges ultra-précises

Pour comparer les horloges les plus précises au monde, les physiciens ont mis au point des liaisons par fibre optique inédites.

Philippe Pajot, journaliste

« En laboratoire, les horloges optiques sont désormais les meilleures horloges au monde, annonce Paul-Éric Pottie, du Système de référence temps-fréquence (Syrte) à l'Observatoire de Paris. Elles prennent toutes d'une seconde de retard en 13 milliards d'années, l'âge de l'Univers. » (1) On espère un jour les utiliser pour avoir une meilleure définition de la seconde. Depuis 1967, la seconde est définie comme 9 192 631 770 oscillations de la transition entre deux niveaux d'un atome de césium. En effet, les atomes vibrent très régulièrement et à des fréquences caractéristiques. À l'aide de lasers, on peut compter le nombre d'oscillations d'un atome dans un intervalle de temps donné et en déduire une durée : c'est le principe des horloges atomiques. Les horloges optiques constituent la dernière génération des horloges atomiques : elles exploitent des oscillations atomiques de haute fréquence, dans le domaine visible – ou optique, d'où leur nom. Et plus la fréquence est élevée, meilleure est la mesure.

De telles performances ouvrent une foule d'applications. À condition toutefois de pouvoir comparer les horloges entre elles, pour savoir si l'une retarde par rapport à l'autre par exemple. Or, alors que l'on savait comparer deux horloges optiques côte à côte en laboratoire, on ne parvenait pas à le faire à grande distance. Après dix ans d'efforts, une équipe franco-allemande a pu, en réduisant les bruits parasites, comparer deux horloges optiques, l'une située à Paris, l'autre à Brunswick, en Allemagne, via une liaison par fibre optique de 1 500 kilomètres (1).

« *Le principe consiste à renvoyer à des lasers très stables qui sont accordés à une longueur d'onde qui permet à la lumière de se propager avec le minimum de pertes sur de grandes distances* », explique Paul-Éric Pottie. La lumière laser subit des dégradations à l'aller, se réfléchit à l'extrémité de la fibre, et subit au retour les mêmes perturbations, ce qu'on appelle une liaison bidirectionnelle. Les physiciens peuvent alors mesurer en laboratoire la perturbation et la compenser. Tous les 100 km, ils amplifient le signal et compensent le bruit tous les 500 km environ. « *De cette manière, nous avons pu transférer un signal d'horloge ultra-stable de Paris à Strasbourg et nos collègues allemands ont fait de même de Brunswick à Strasbourg, où nous avons pu comparer les signaux* », raconte Paul-Éric Pottie. ■

(1) K. Predehl et al., New J. Phys., 18, 021002, 2016.
(2) C. Lisdat et al., Nat. Commun., 7, 12443, 2016.

Repères

- Il existe une vingtaine d'horloges optiques dans le monde, la dernière génération d'horloges atomiques.
- Une équipe franco-allemande vient de mettre au point une comparaison à distance de ces horloges via une liaison par fibre optique de 1500 kilomètres.
- De tels réseaux optiques permettront une nouvelle définition de la seconde et de nouvelles applications pourraient voir le jour.

« *La précision redoutable des horloges optiques ouvre de nombreuses possibilités : tester la relativité d'Einstein, améliorer le positionnement par satellite...* »

REFIMEVE, the French node of FOREST

REFIMEVE will have a major role for :

- the animation of the French scientific community on the three axes of REFIMEVE/FOREST
- The participation of France to the European calls mainly dedicated to Research infrastructures

Implication of Industrial Partners

1- Belgium - ELCOS BV
2- Belgium – Quantum Circle
3- Czech Republic – CD - Telematika
4- Czech Republic – NETWORK GROUP
5- France – Pasqal
6- France – BODET Time & Sport
7- France – EASii IC
8- France – Exail
9- France – KAPAH
10- France – LUMIBIRD
11- France – NOKIA Bell Labs

12- France – Quandela
13- France – Rakon
14- France – Safran Trusted 4D
15- France – SILENTSYS
16- France – Thales Research & Technology
17- France – WELINQ
18- Italy – OPEN FIBER
19- Italy – TOP-IX
20- The Netherlands – OPNT
21- Poland – Piktime Systems

Implication of Industrial Partners

3 reasons for industrials to interact with partners of FOREST:

- **Equipment providers**
  - White Rabbit Switches → Safran
  - ELSTAB → Piktime
- **Partnership for R&D**
  - RLS and MLS → µQuans/Exail
  - Bidir amplifiers → Kheopsys/Lumibird
  - Slimliner → Silentsys
- **FOREST users**
  - Thales R&T

29 September 2026

Inauguration of the connection of Thales R&T to the REFIMEVE network
A Premiere, in Europe

Refimeve+

Réseau fibré métrologique à vocation européenne

REFIMEVE : un réseau de fibres optiques opérationnel de 2x5000 km pour la distribution de signaux temps & fréquences ultra stables et raccordés à l'UTC(OP).

Ces signaux co-existent avec le trafic de données du réseau RENATER depuis 15 ans.

34 laboratoires connectés en France.



Thales R&T, première entreprise raccordée au réseau REFIMEVE


THALES
Building a future we can all trust
THALES
Building a future we can all trust



ESFRI

Thank you for your attention !