



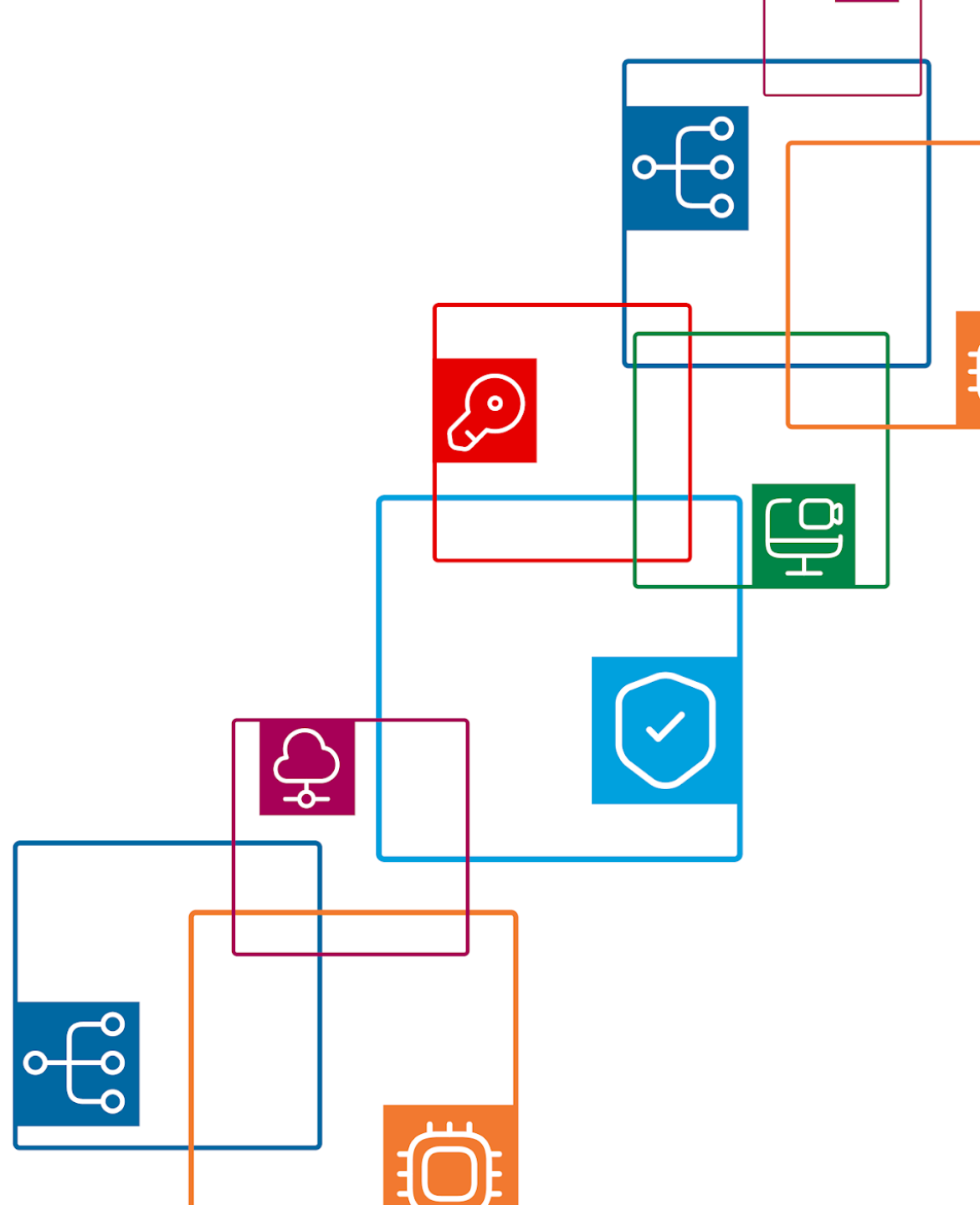
E-infrastruktura CESNET a časové a frekvenční přenosy

Josef Vojtěch

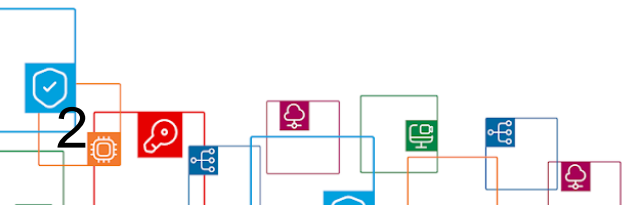
Oddělení Optických sítí

CESNET z.s.p.o.

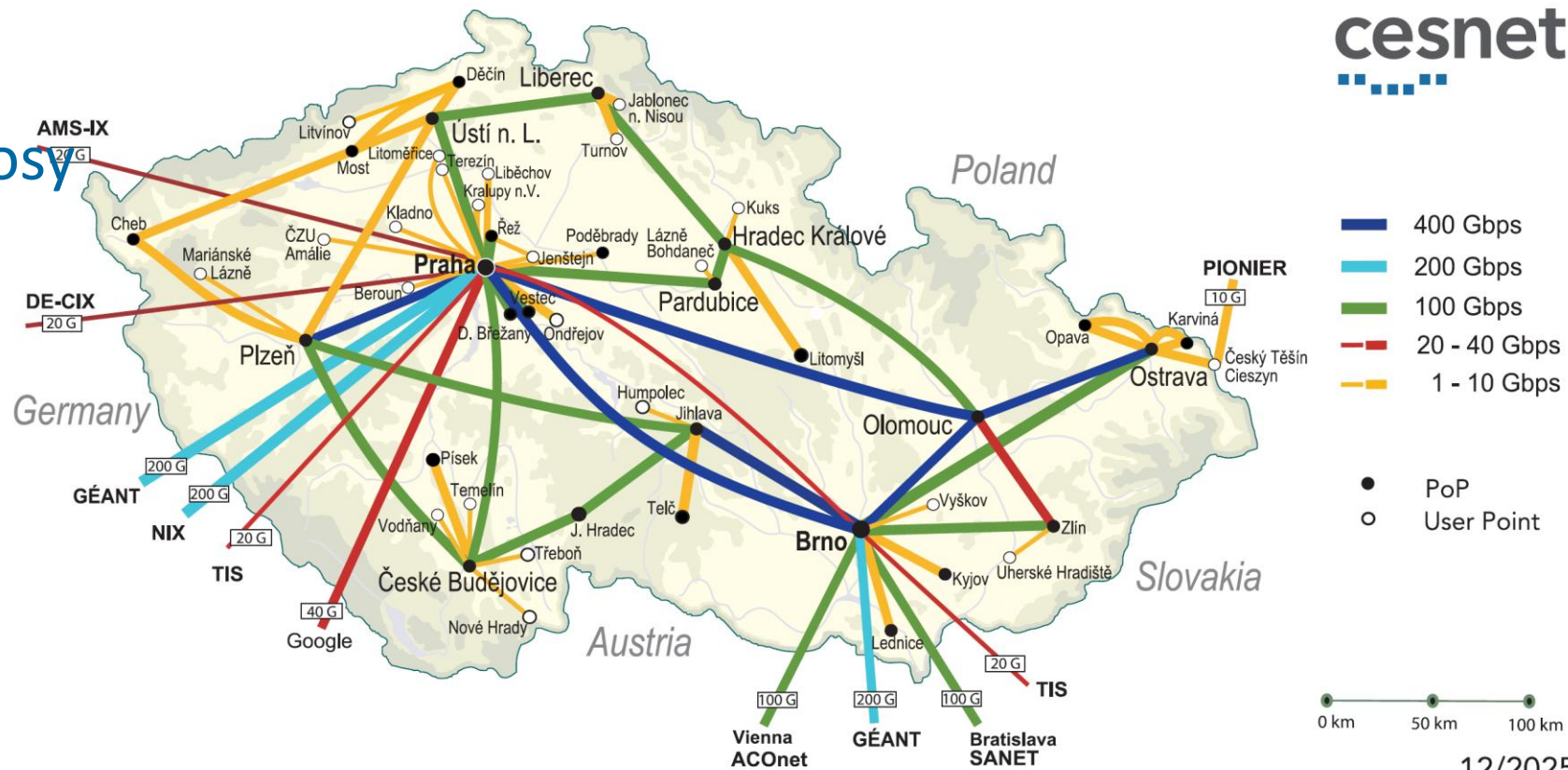
Průmyslový den, 28. 4. 2026



- Optická síť CESNET
- Motivace
- GÉANT
- Long haul White Rabbit trial
- Národní TF síť
- TF a QKD koexistence
- Závěr



- 5800 km vláknových tras
- Zejména koherentní přenosy 100/400 Gbit/s
- Flexibilní DWDM systém
- Komerční a vlastní návrh
- Vyhrazené pásmo pro TF

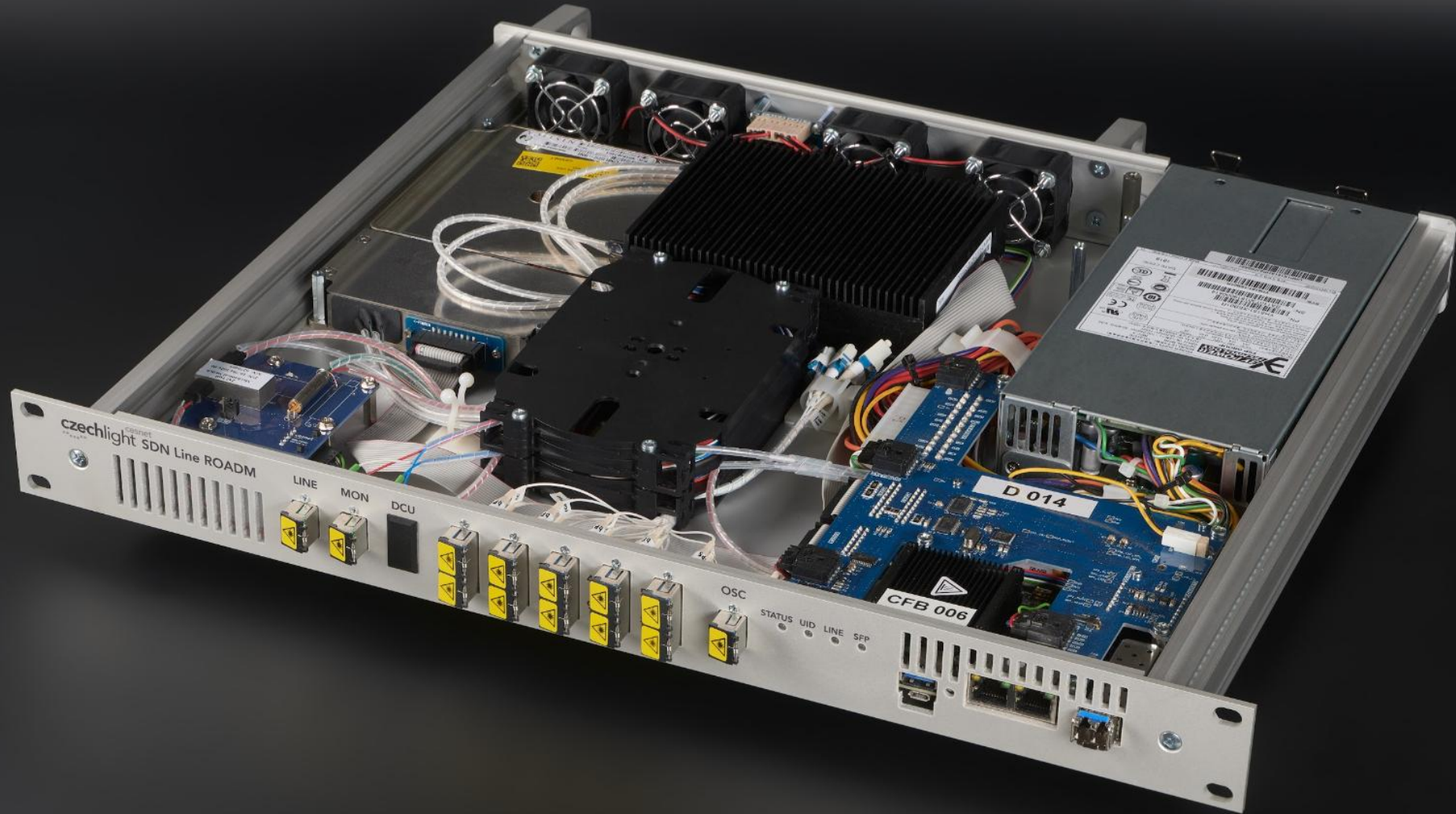


S	C	L	U
1450-1530	1530-1565	1570-1605	1605-1675

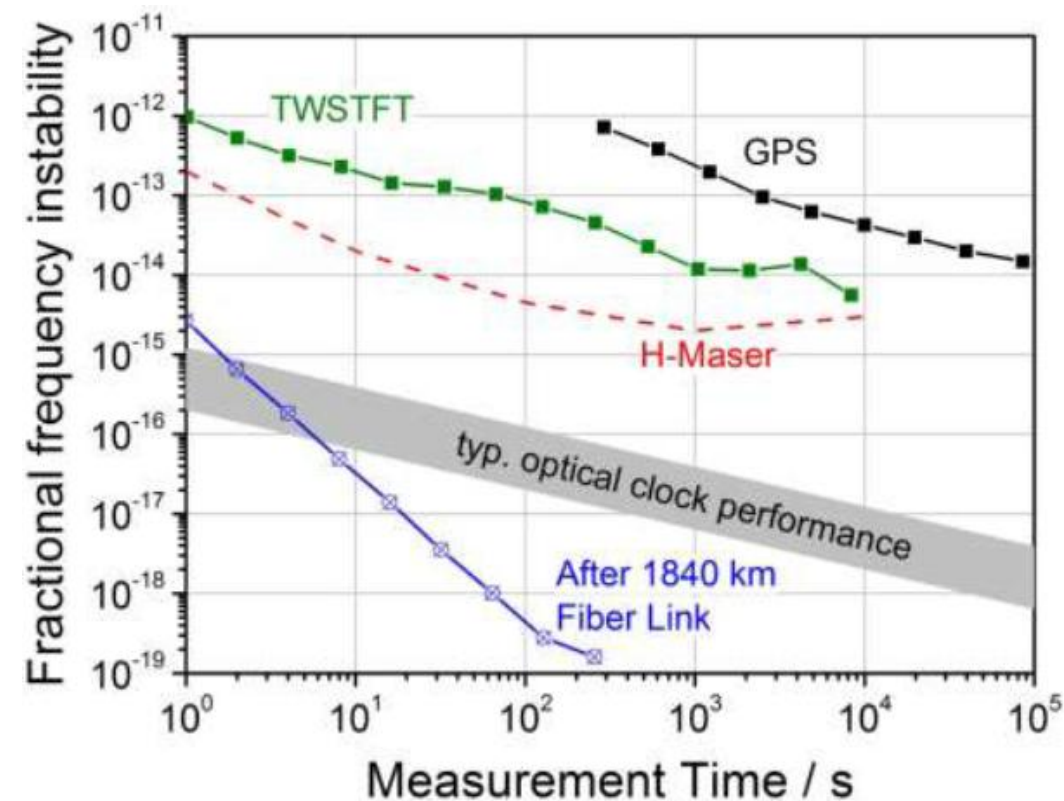
Scalable,
Modular,
Open

ROADMs,
EDFAs,
BiDi EDFAs

SDN Control and
Monitoring

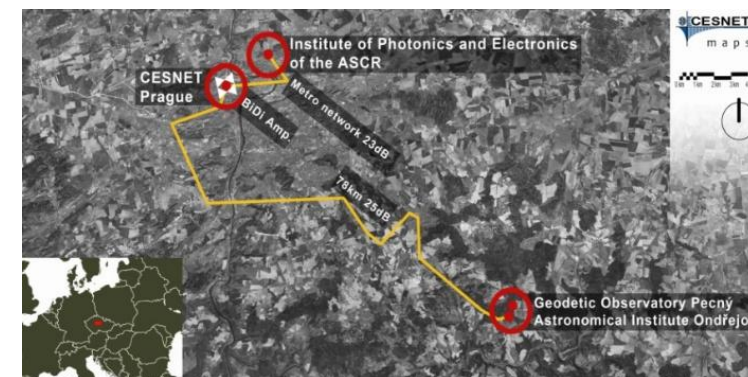
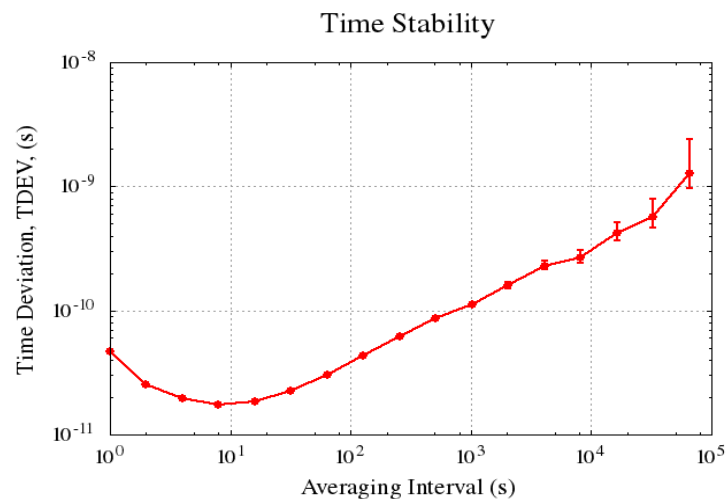
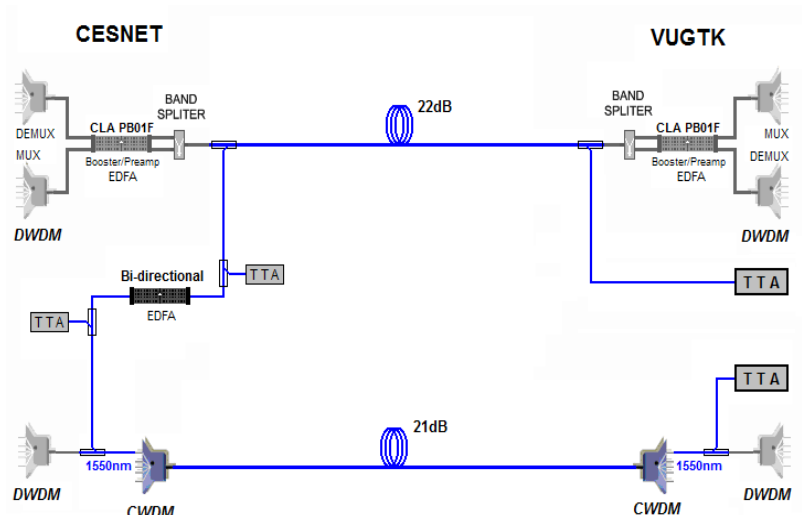


- Přenos vlákny překonává stabilitou RF metody (CV GPS, TWSTF)
- Odolné proti RF rušení
- Lze využít telekomunikační vlákna, jejich množství narůstá
- A další aplikace včetně QKD a snímání

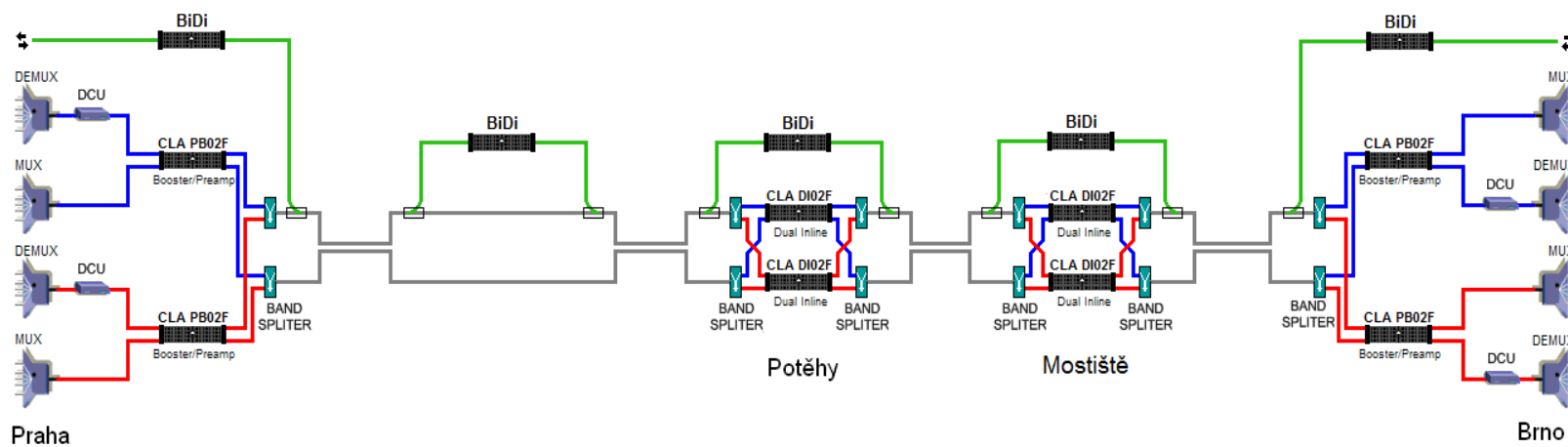


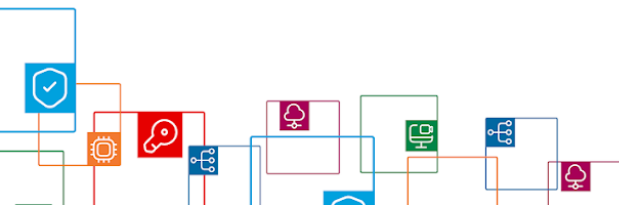
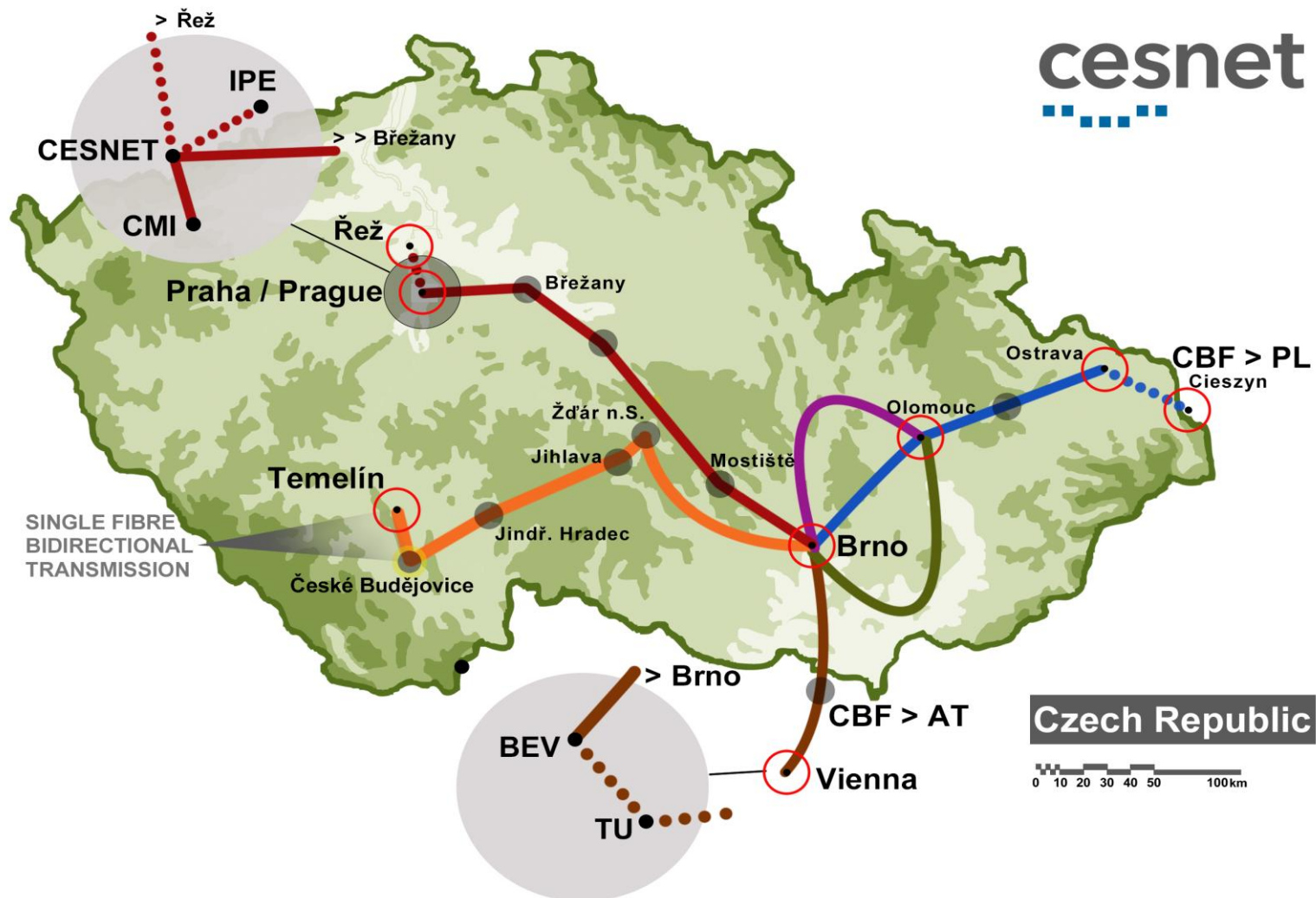
Credit: Droste13

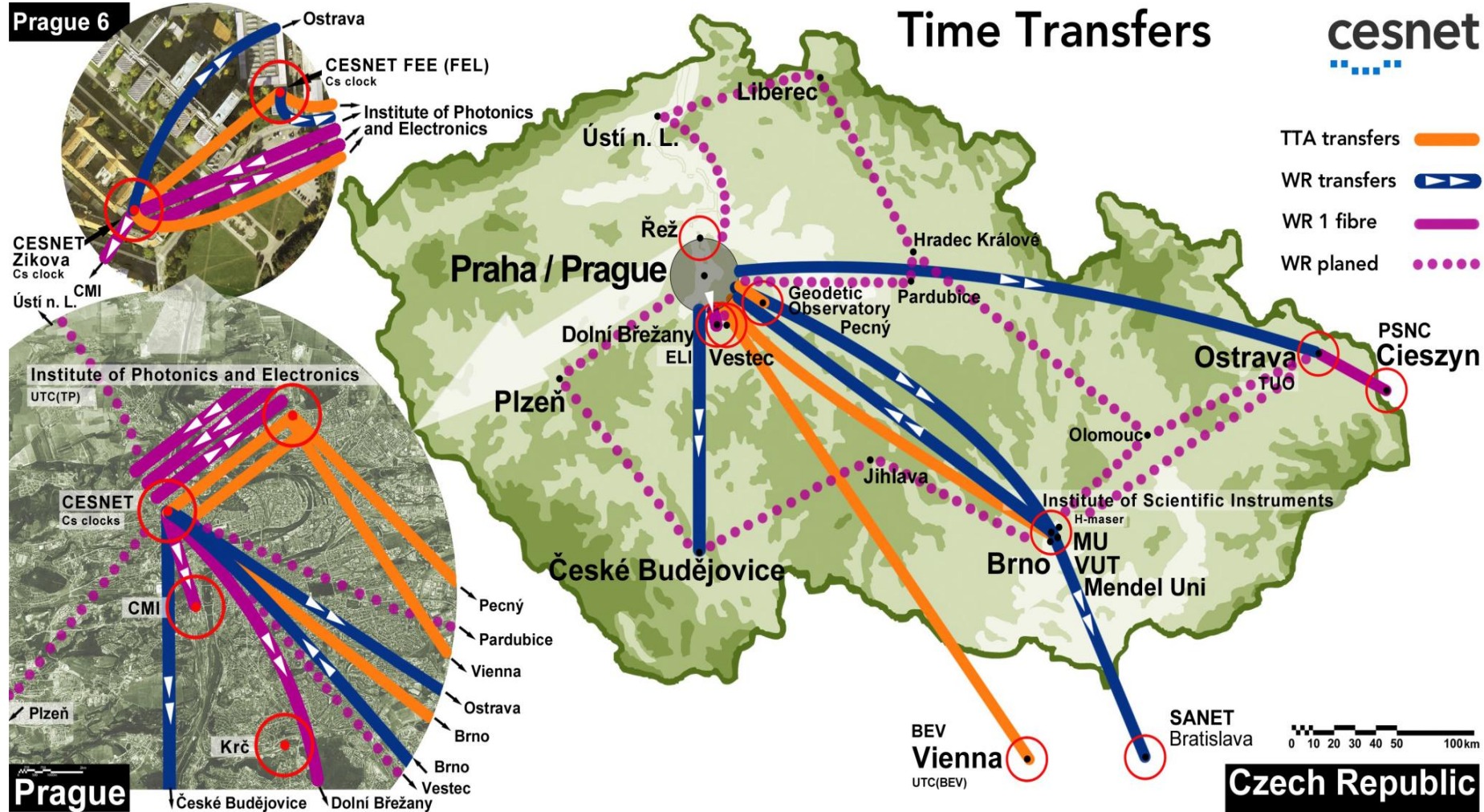
- Obousměrné počátky - 2013, 2014



UFE

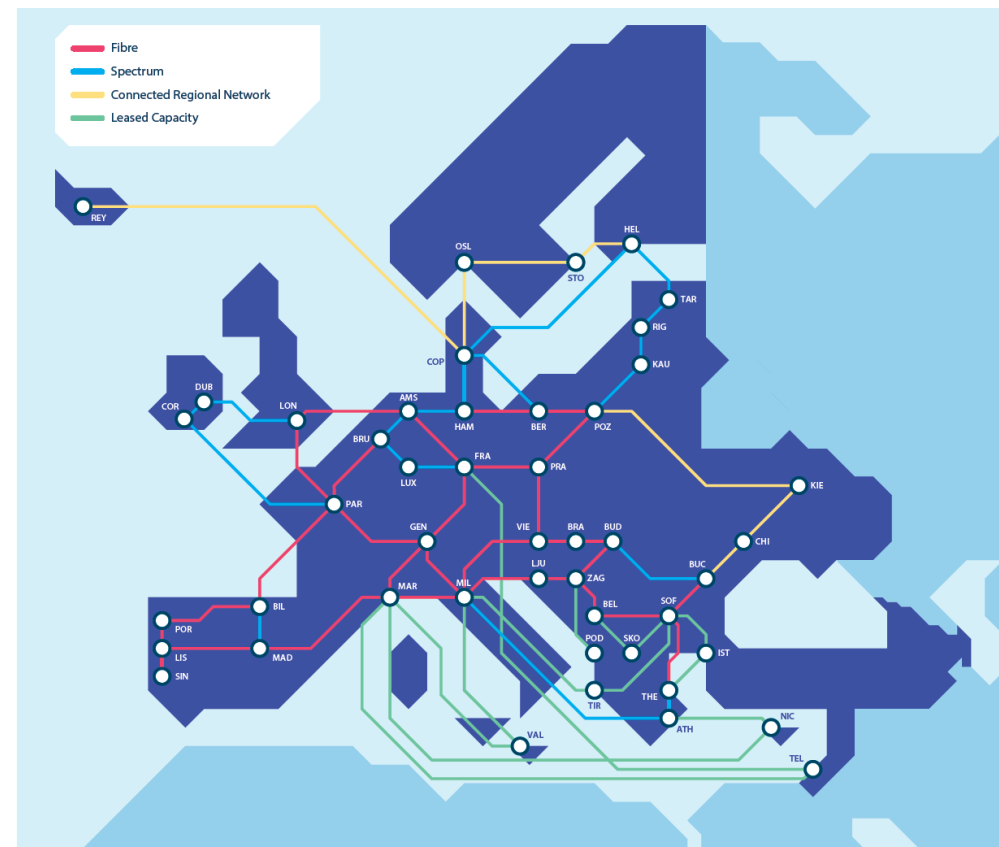






- CESNET členem, 38 partnerů
- Série projektů vývoje sítě (cca 30 let)
- Dlouhodobá spolupráce v oblasti času a frekvence, snímání a QKD
- CESNET v řídicím výboru Special Interest Group for the Time and Frequency Network (SIG-TFN) od roku 2024
- Podpora PTB, REFIMEVE, GUM, INRIM, NPL, METAS, Observatoire de Paris, Observatoire de Bruxelles, VSL, UFE, FAMO, CERN.

Pan-evropská síť GÉANT

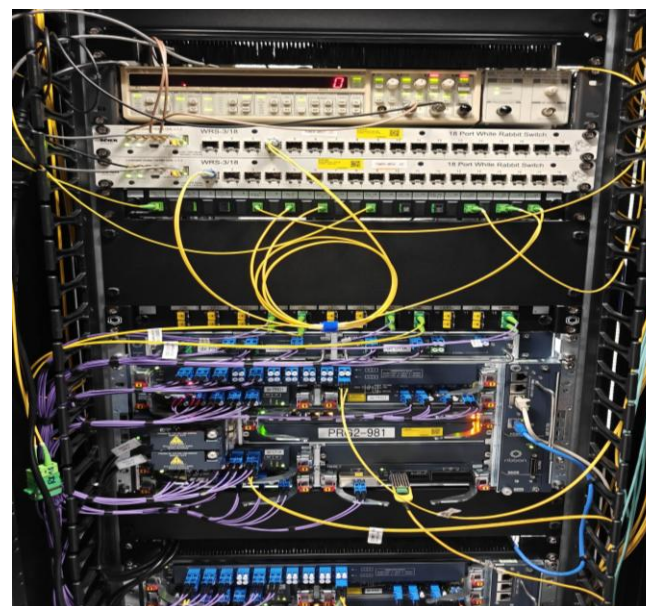
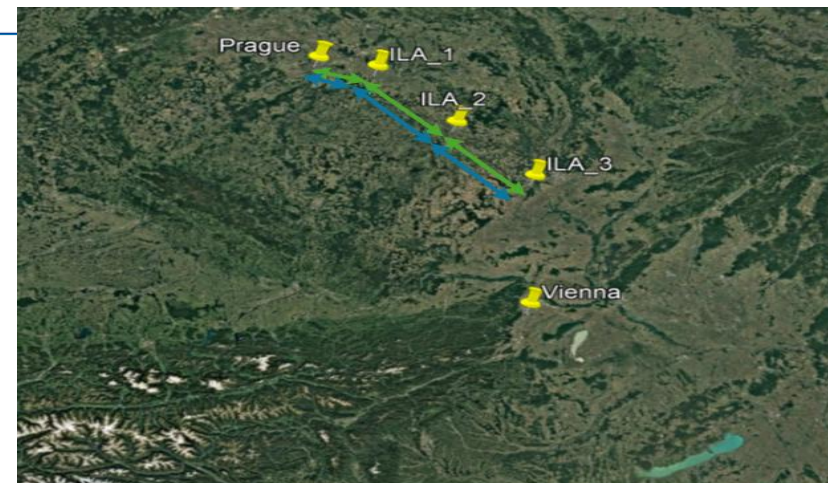


March 2025

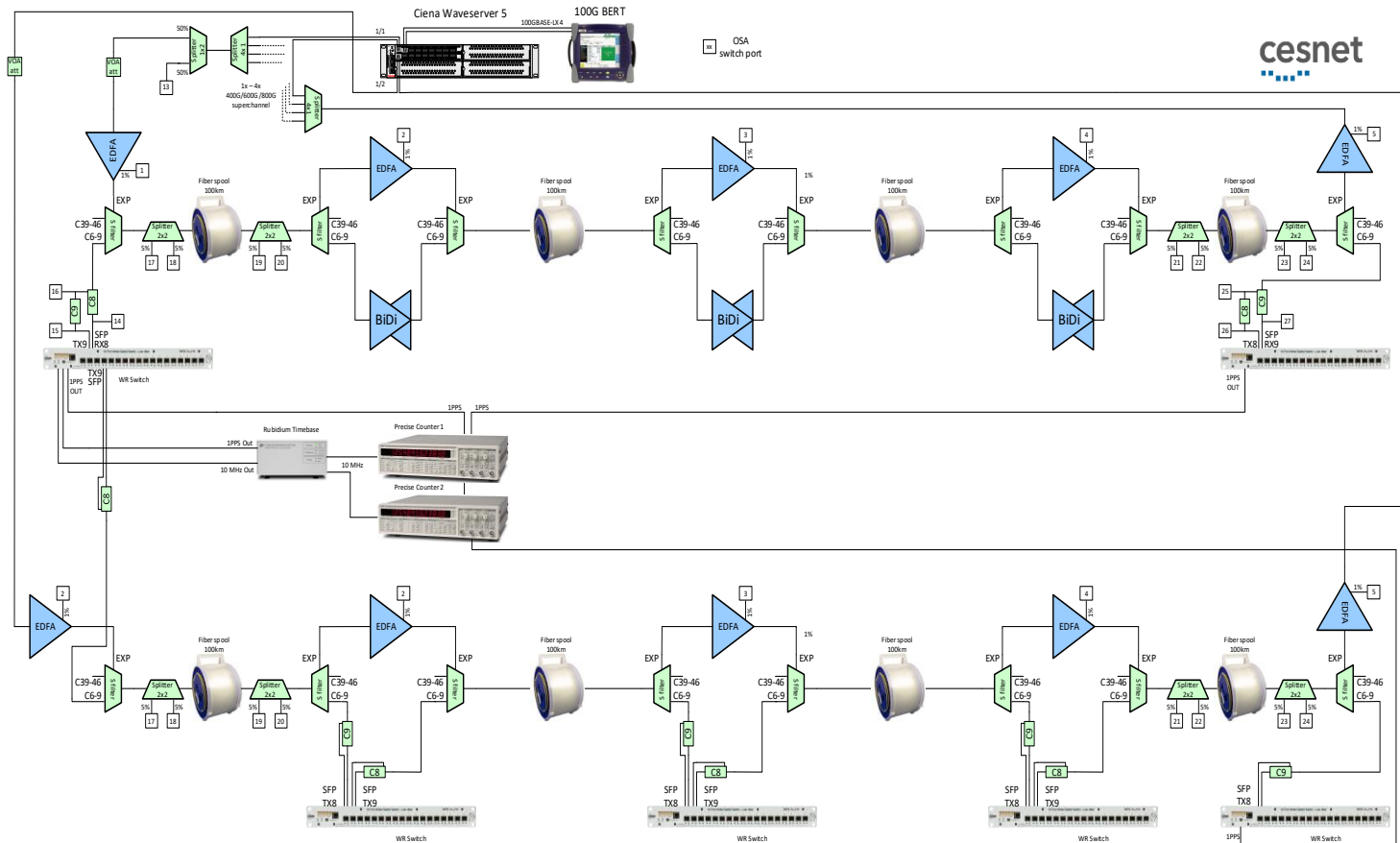


- Nasazení White Rabbit přenosu do živé 400 Gbit/s sítě GÉANT 2025
- 498 km ve trase Praha-Vídeň
- Paralelně 2x400 Gbits

Long haul White Rabbit trial



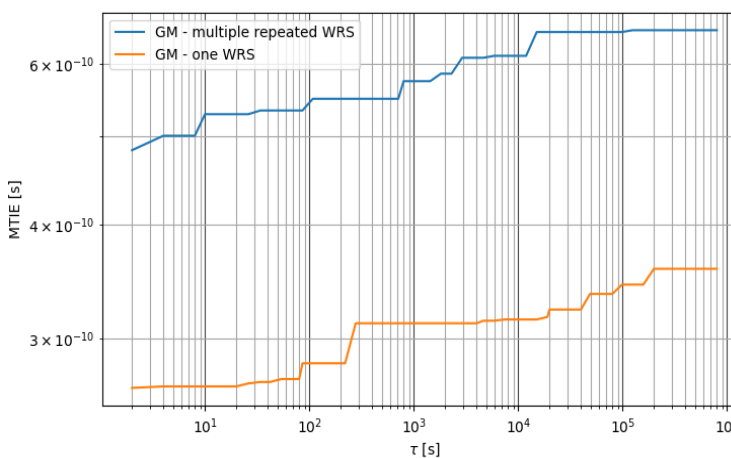
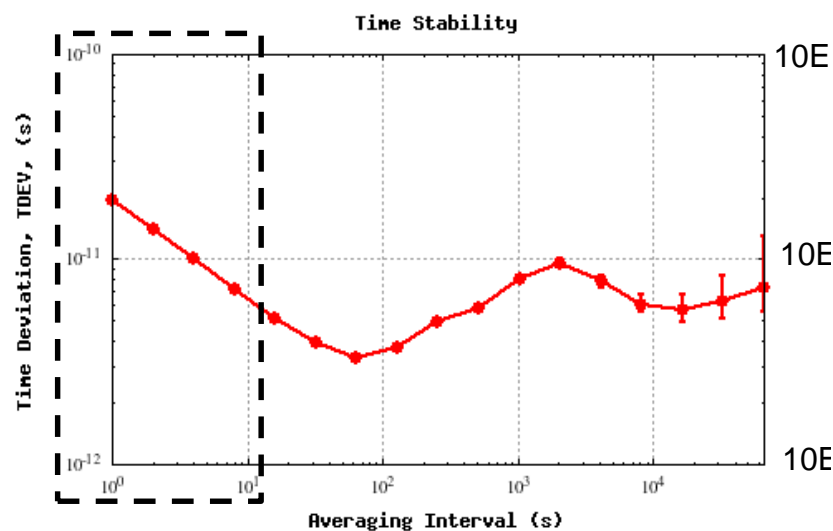
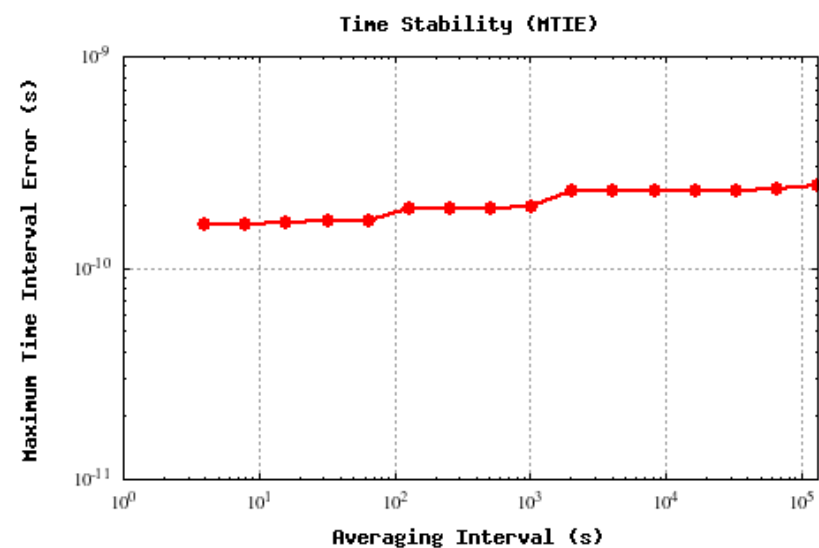
- Nejprve laboratorní ověření na 4x100 km



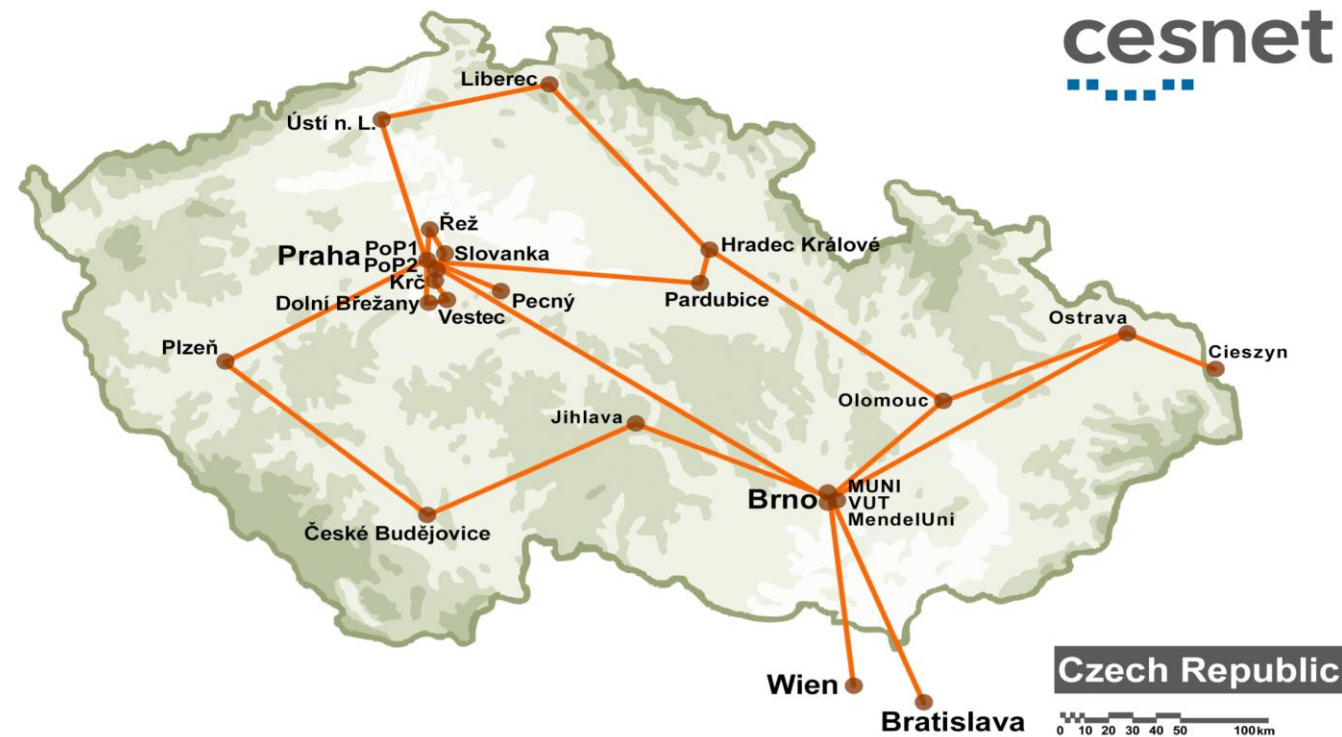
4x 100 km Cesnet Test White Rabbit / Superchannel 400/800G – BIDI EDFA version plus repeater version



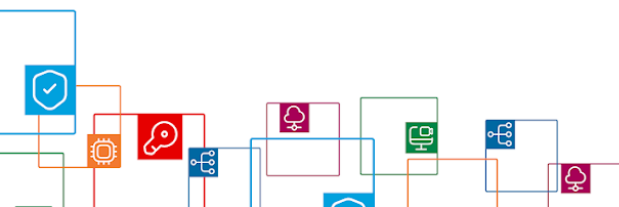
- Žádný vliv na paralelní 400 Gbit/s data
- MTIE < 200ps, TDEV < 10ps (10-1000s)



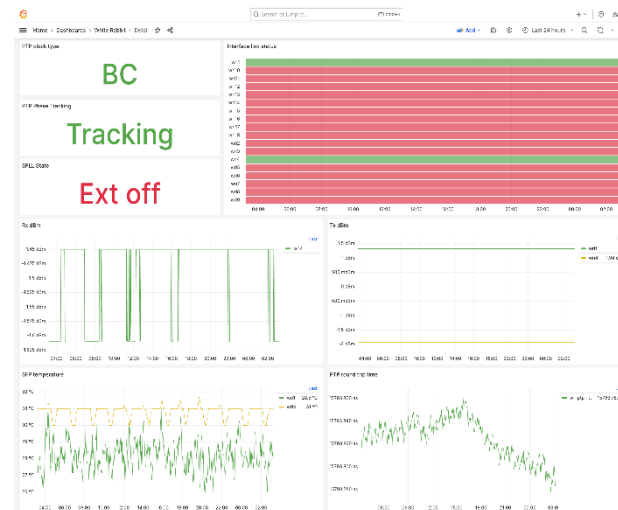
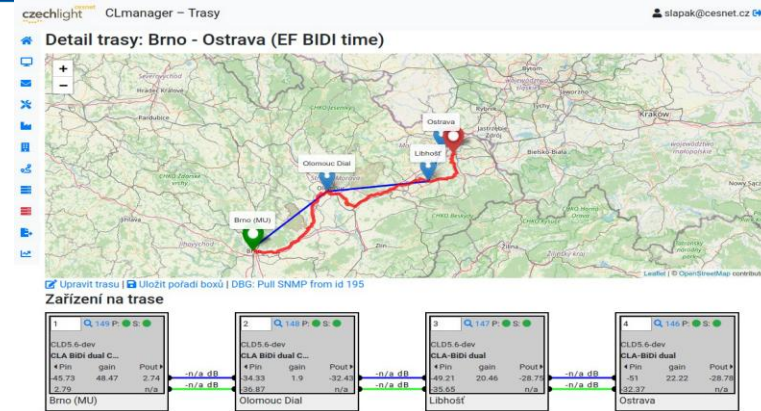
- Redundance
 - Dva zdroje času v síti
 - Okruhy
 - Duální napájení
- Technologie White Rabbit
- Linky 2500 km - kalibrovatelné
 - Dosah - optické zesilování
- Pokrytí důležitých PoP (20)
- Propojení k sousedům



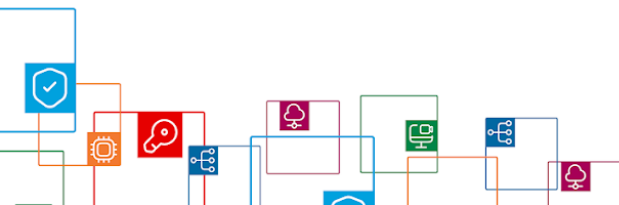
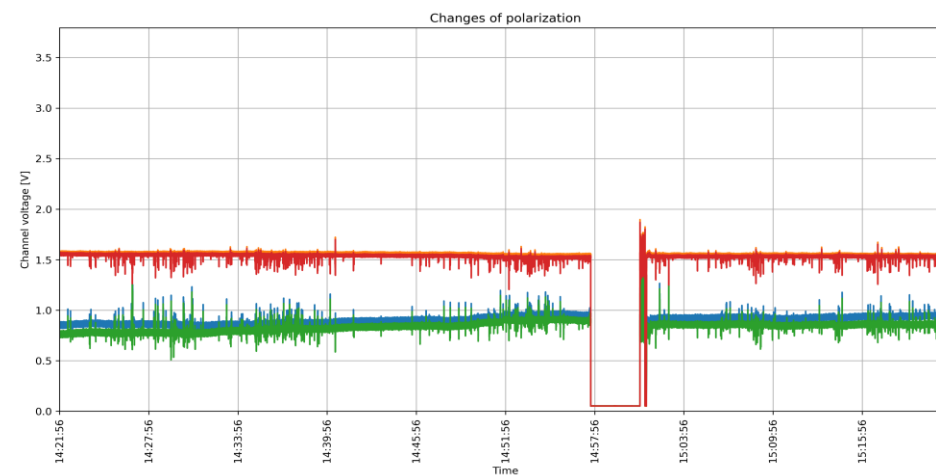
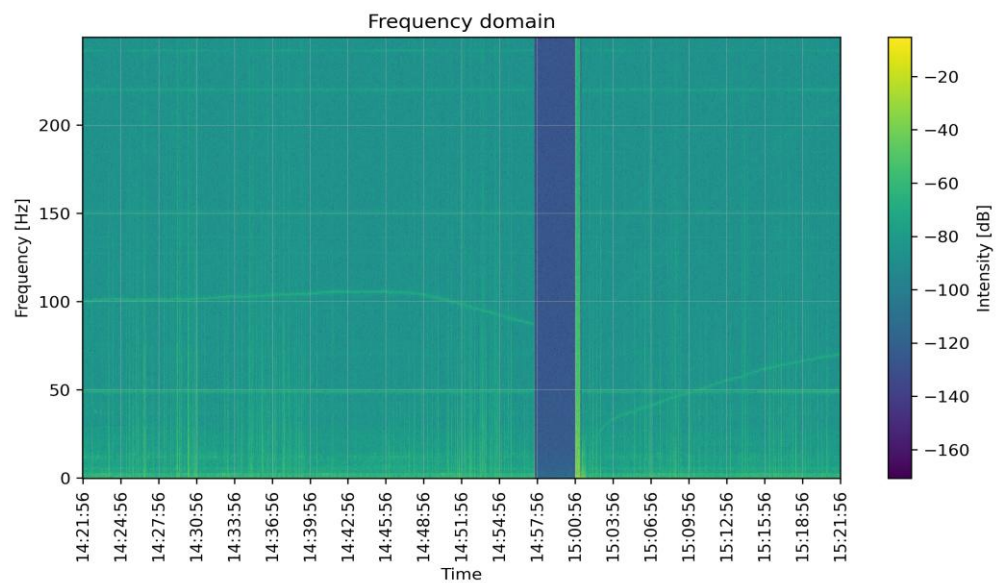
- Sub-nanosecond synchronizace
- Používá Synchronous Ethernet (SyncE) pro syntonizaci
- Specifikováno v High Accuracy Profile of IEEE1588-2019
- Přesné měření rozdílu fáze mezi referenčními hodinami master a lokálními hodinami
- <https://white-rabbit.web.cern.ch/>
- Vychází z OHW projektu v CERN, dnes vyráběna komerčními výrobci včetně Safran



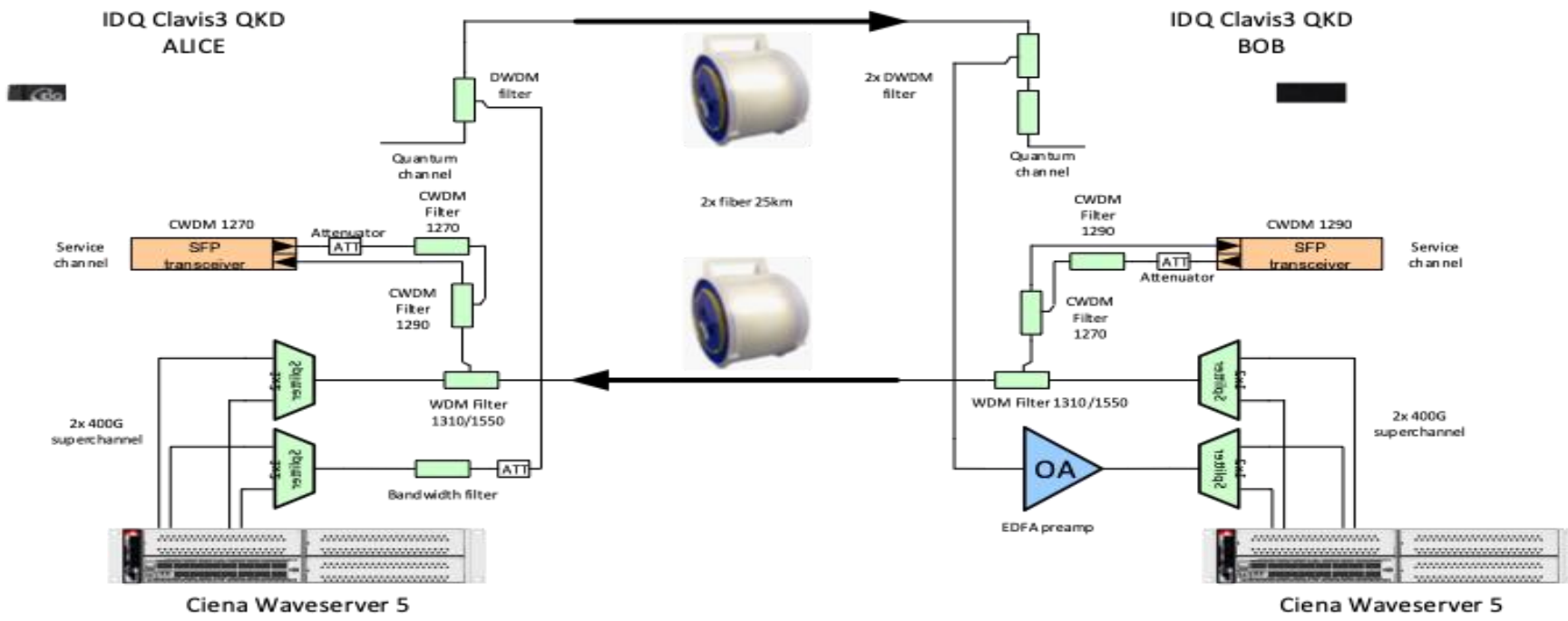
- Monitoring
 - Optická vrstva (cca 1600km již v provozu)
 - White Rabbit vrstva
 - Vrstva koherentní frekvence
- Unifikovaná hlášení chyb a výstrah
- Data ukládáme ve VictoriaMetrics – efektivní time series database:
 - (6 měsíců ~ 436 M datapoints; 59 MB na disku)



- CESNET členem, 38 partnerů



- Kvantová distribuce klíčů
- Včetně přenosu přesného času

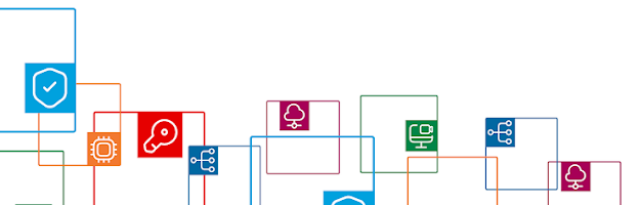


CESNET test - Superchannel 2 x 400Gbit/s plus QKD system



Jan Radil, Martin Šlapák, Rudolf Vohnout et al "Quantum and Data Signals in a Single Fiber – Multiplexing by Smart Use of High-Grade Filters," in IEEE Communications Letters, doi: 10.1109/LCOMM.2025.3545315

- Optická síť komplementární ke GNSS službám
- Stabilitou TF přenosů GNSS překonává
- Technologie White Rabbit a CzechLight komerčně dostupné a dlouhodobě prověřené
- TF vsrtva síť CESNET bude dokončena v roce 2026
- Silné zapojení do evropských aktivit C-TFN



cesnet
"...."

Děkuji za vaší pozornost!
Vaše otázky prosím?
josef.vojtech@cesnet.cz

