

Fotonické služby



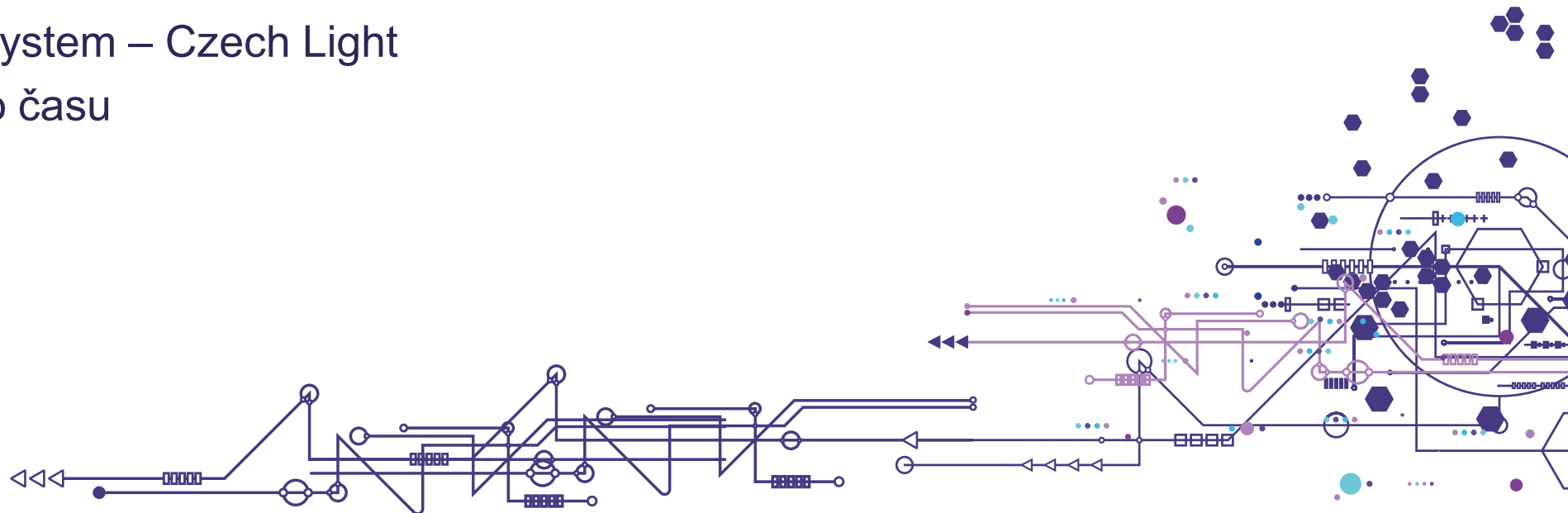
**Přenosy QKD, ultra-stabilní frekvence, QKD
a vláknové snímání – sensing**

Prezentuje: Jan Radil

Přenosy přesného času, aktivita CITAF

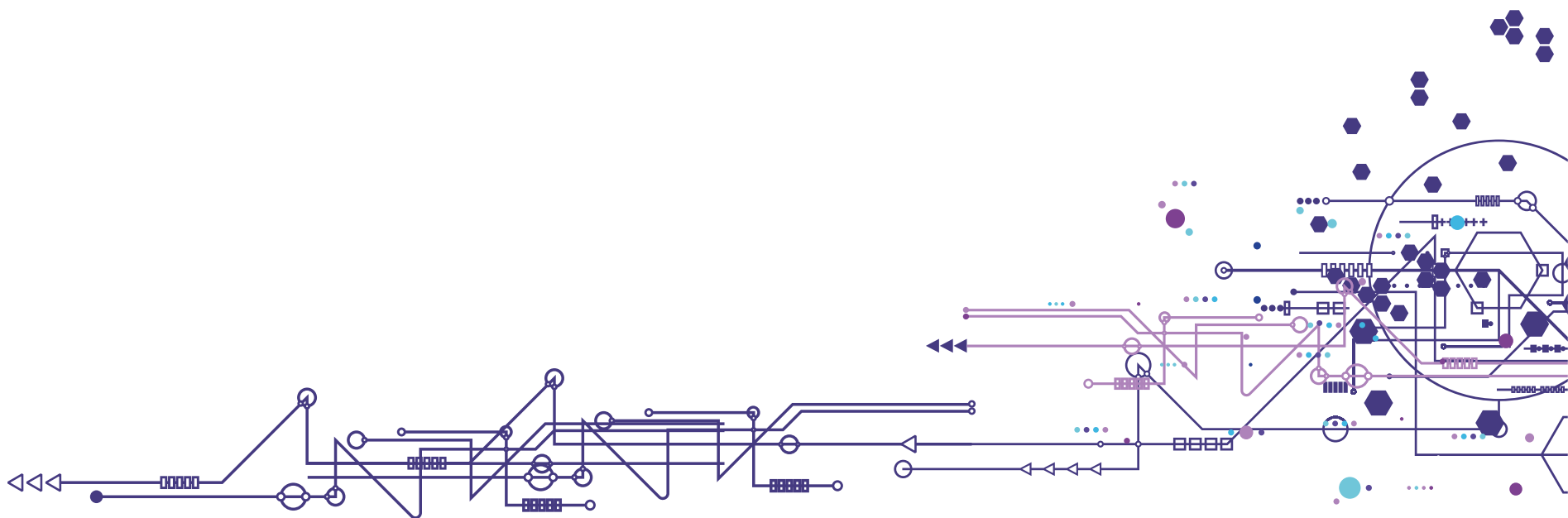
Prezentuje: Vladimír Smotlacha

- Služby nad optickým spektrem
 - Nasvíceným
 - Nenasvíceným - vyhrazené spektrum
- Quantum Key Distribution - QKD
- Ultrastabilní přenosy
- Vláknové snímání
- SDN Open Line System – Czech Light
- Přenosy přesného času
- Aktivita CITAF



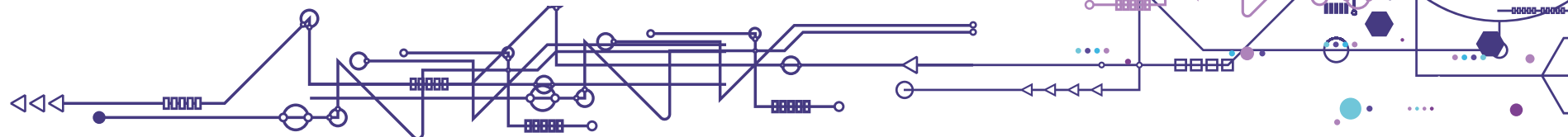
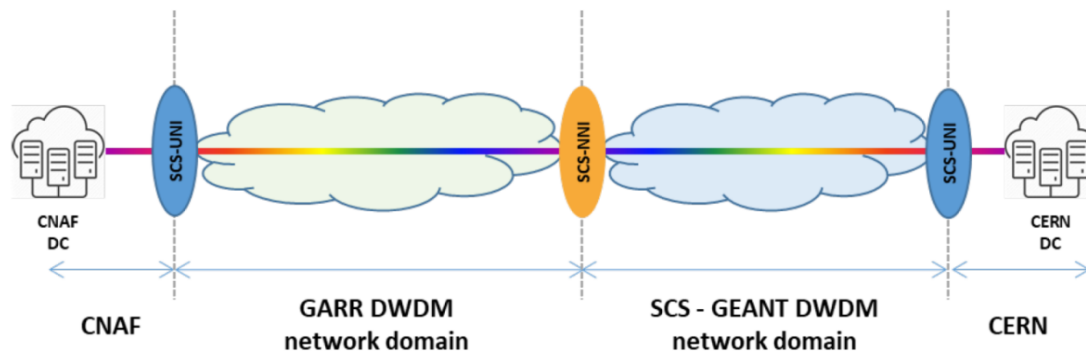


Služby nad optickým spektrem



Služby nad nasvíceným spektrem

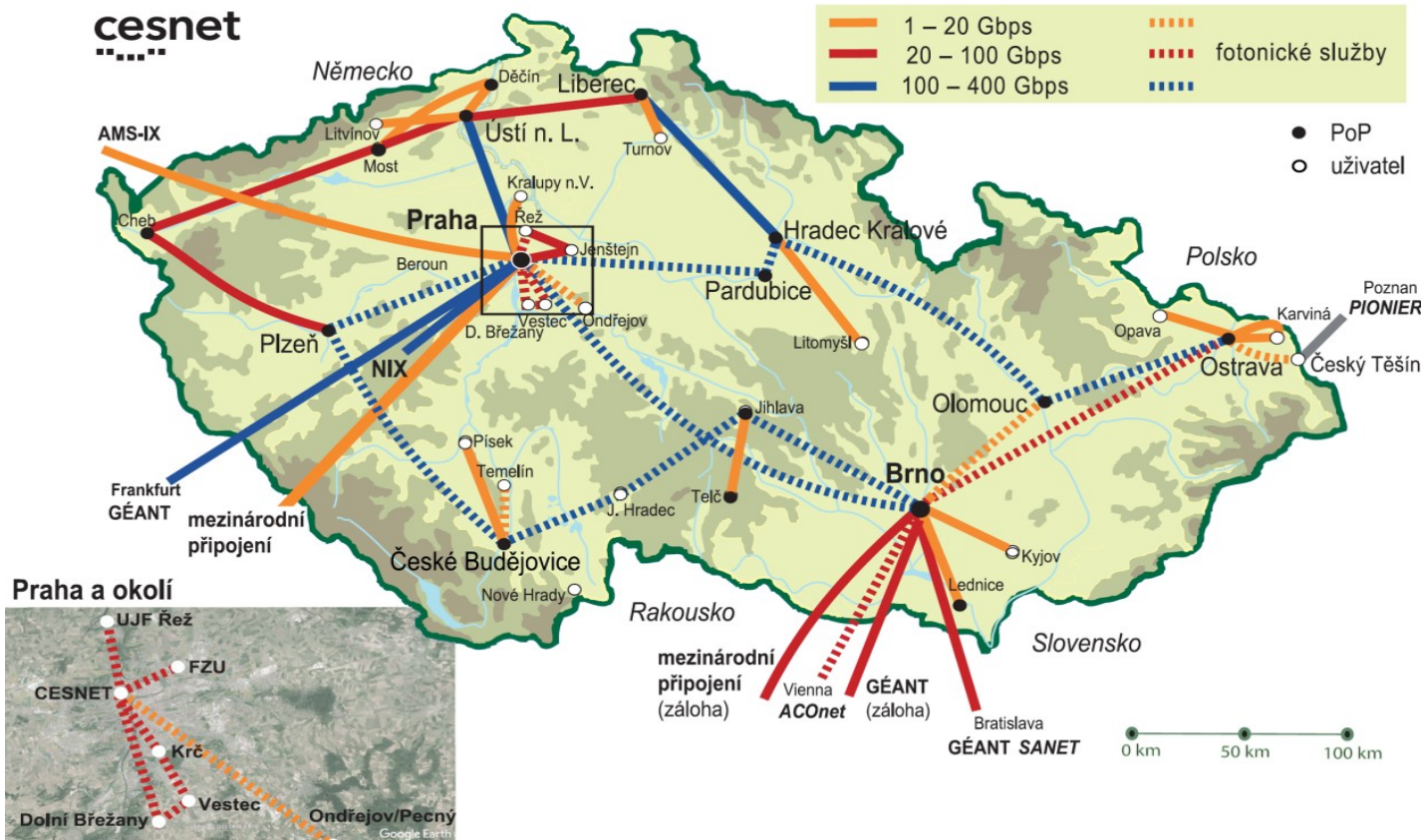
- CESNET Photonics
 - Služba spektra - čistě optický přenos
 - Vhodné pro aplikace vyžadující vysokou reprodukovatelnost
 - Umožňuje komunikaci v reálném čase, včetně procesů s náročnými požadavky na dobu odezvy sítě (tzv. „hard real time“)
 - Umožňuje rychlejší inovační cyklus a reakci na potřeby přenosů
- Změna z fixní ITU mřížky 50/100 GHz na flexibilní alokaci
- Minimální šířka kanálu nyní 25 GHz, přírůstky po 12.5 GHz. Maximum 388 přírůstků, celé C+ pásmo.
- Efektivnější práce s optickým spektrem: **Kapacita*Dosah≈Optické spektrum**
- Spectrum Connection Service - řešíme také v rámci projektu GÉANT GN4-3 (856726 H2020), pracovní balíček 7 - nová generace sítě umožní poskytnutí spektra jako služby
- https://wiki.geant.org/pages/viewpageattachments.action?pageId=120516946&preview=/120516946/154996387/M7-2_SCS-Service-Definition.pdf



Služby nad temným optickým spektrem

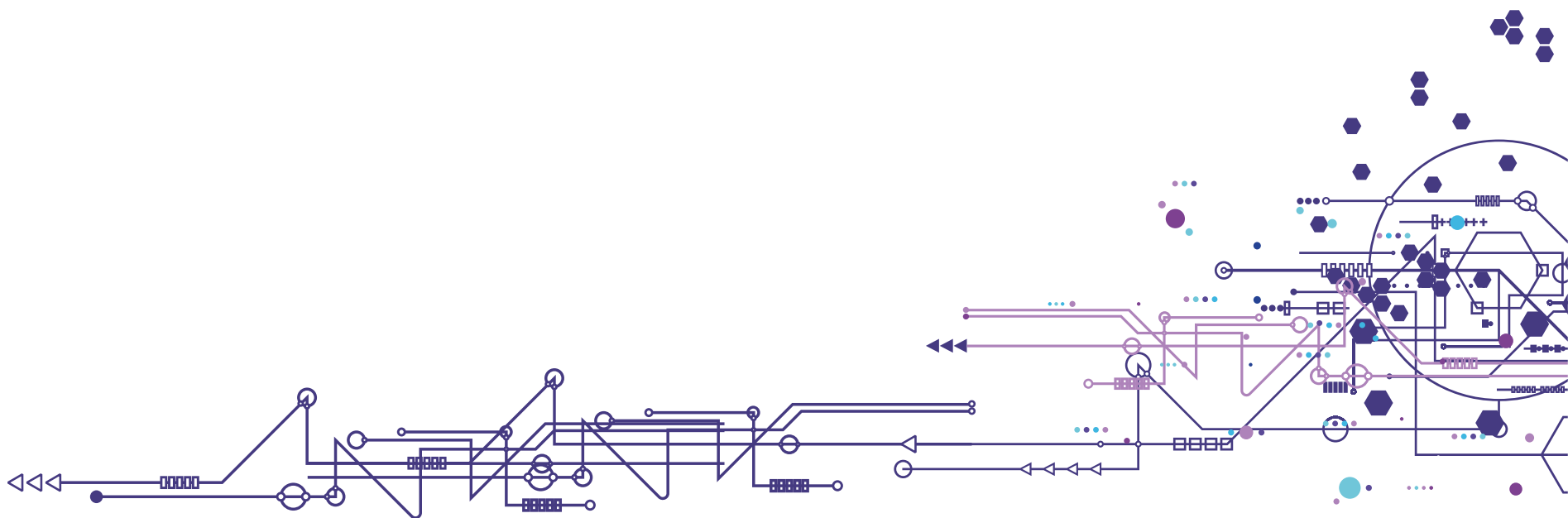
- Osazeno 120+ OADM do hlavních a relevantních tras, přerušované v mapě
 - V minulosti nebo při upgradu CESNET3
 - Důraz na minimální útlum ($IL < 1$ dB)

QKD, TF OADM



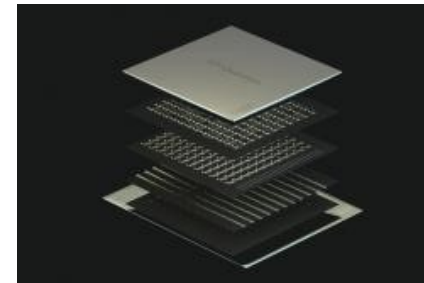
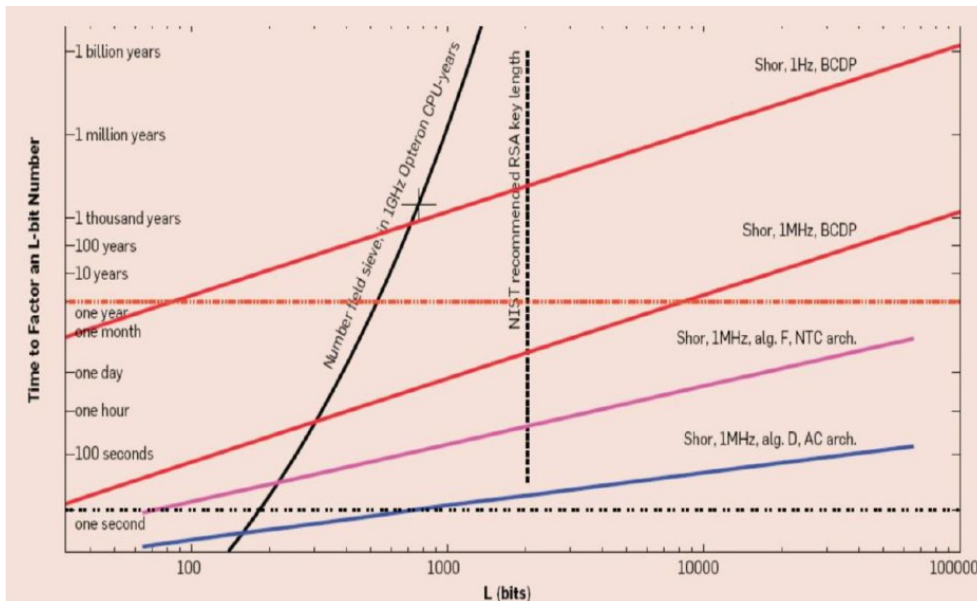


QKD



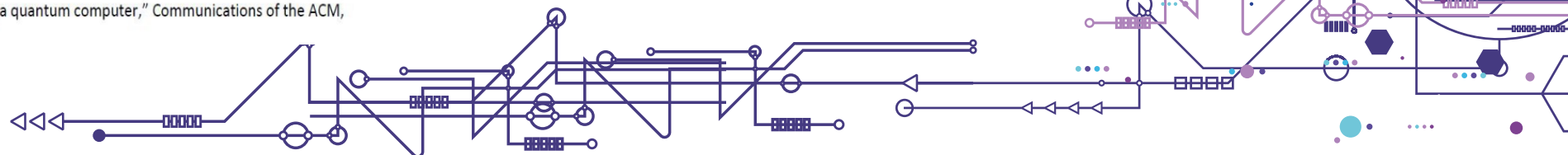
Asymetrická kryptografie

- Stojí a padá na těžkých matematických problémech
- Bohužel úplný důkaz bezpečnosti chybí
- Komunikace zájmových subjektů je ukládána (k pozdějšímu dekryptování)



Kvantový Orel se 127 qbity. IBM

Figure: R. Van Meter and C. Horsman, "A blueprint for building a quantum computer," Communications of the ACM, vol. 56, no. 10, pp. 84–93 (2013)



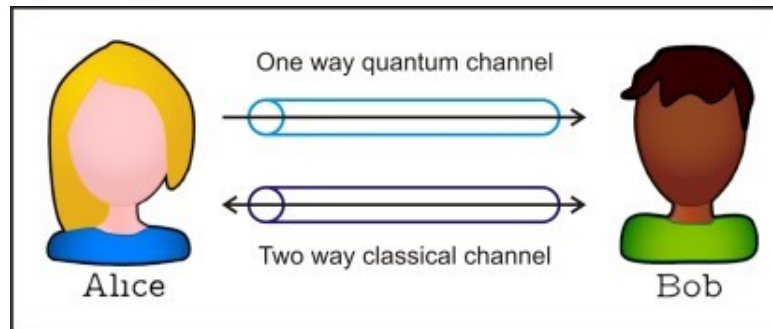
QKD

■ Symetrická kryptografie

- Vernamova šifra
 - + Důkaz
 - - Klíč stejně dlouhý jako zpráva

■ QKD = bezpečné doručení klíčů dvěma stranám, které zamýšlí bezpečně komunikovat

- Odposlech/podvrh poznáme

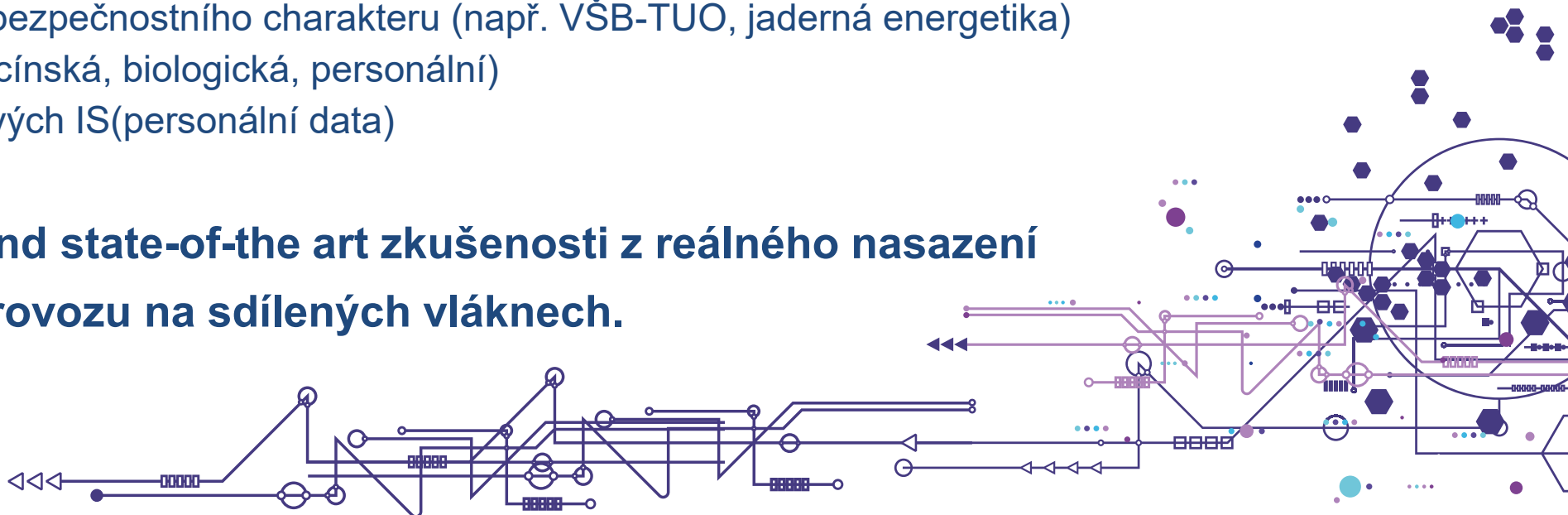


Lze nad QKD postavit služby vyžadující (extrémní) zabezpečení.

■ Kandidáti spolupracujících v rámci e-INFRA:

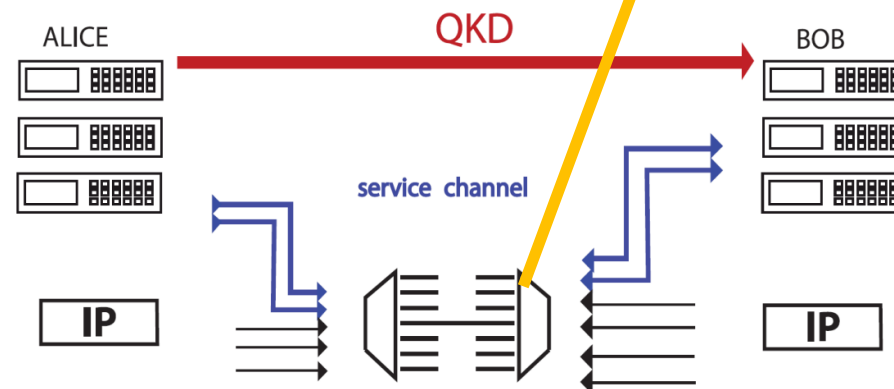
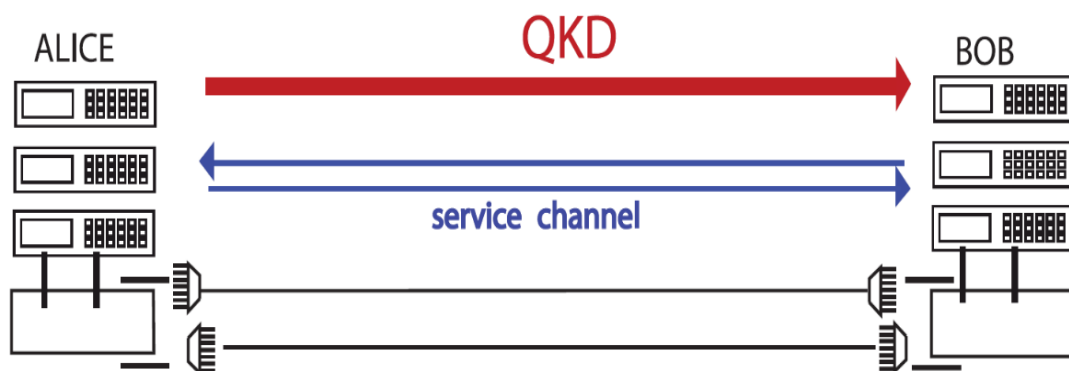
- Smluvní výzkum bezpečnostního charakteru (např. VŠB-TUO, jaderná energetika)
- Citlivá data (medicínská, biologická, personální)
- Autentizace klíčových IS(personální data)
-

Je třeba získat beyond state-of-the art zkušenosti z reálného nasazení a provozu, včetně provozu na sdílených vláknech.

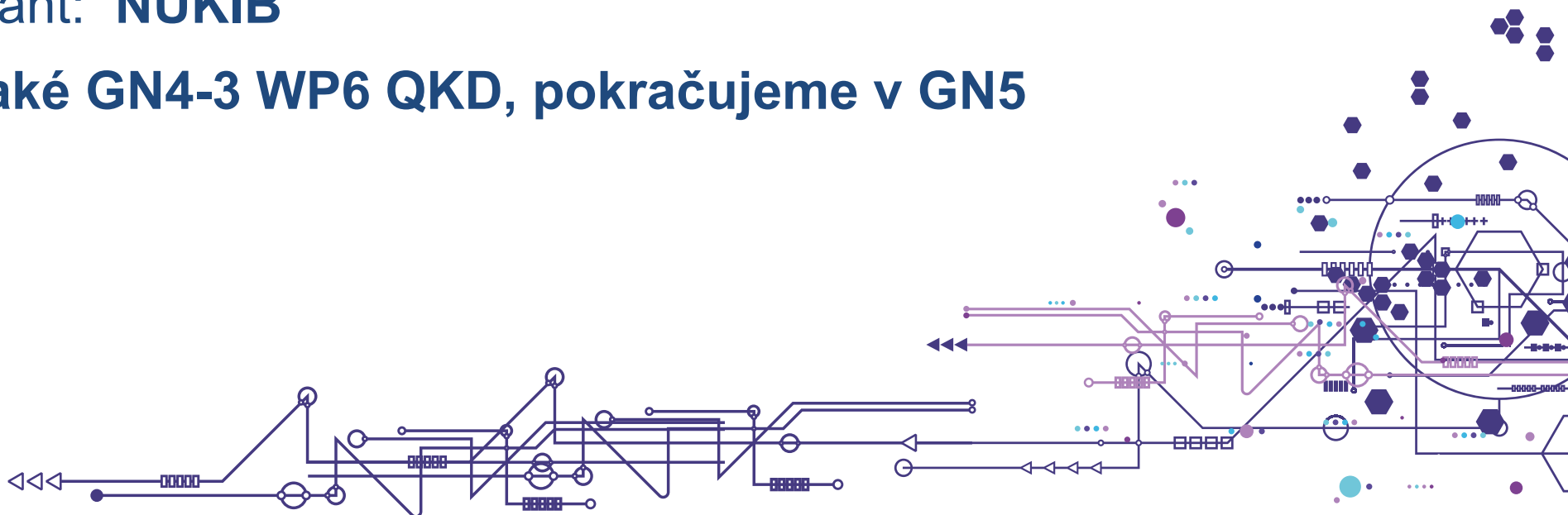


První meziměstský a mezistátní QKD trial v ČR, v rámci e-INFRA

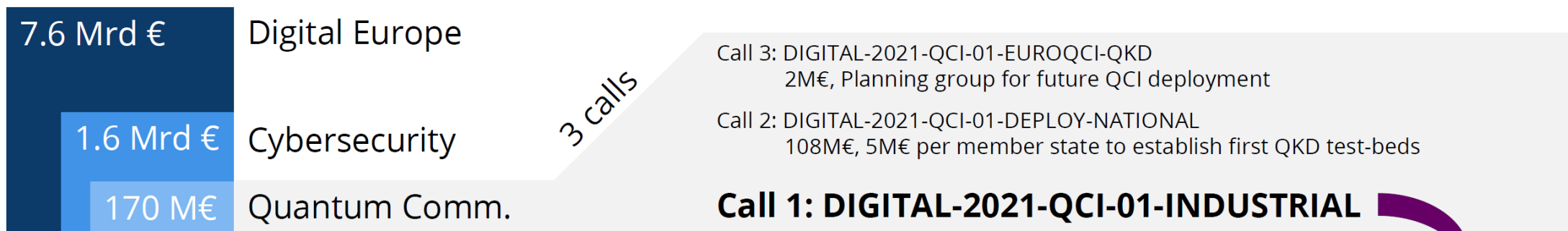
- Spolupráce s VŠB-TUO, PSNC (EU project OpenQKD 15MEUR)
- Ostrava – Cieszyn, 75km, 16 dB
- Použitý QKD systém nebyl určen pro sdílená vlákna, je „fibre hungry“, kvantový kanál, servisní kanál, celkem 3 vlákna, nabídka na další vlákna pro tuto trasu ale nepoužitelná
- Řešení přes jednovláknové DWDM, osvědčené řešení ze sítě CESNET2
- Detekce signálů < -100 dBm, měřit, měřit, měřit, čistit, čistit a čistit
- Linka po celou dobu přenášela také velmi **přesný čas a frekvenci**



- **Network Cybersecurity in Post-Quantum Era – NeSPoQ (VUT, VŠB, CESNET)**
 - 2021-2025, MVČR
 - Praktická použitelnost QKD pro linky se 100G+ přenosy, PQC (post-quantum cryptography)
 - Aplikační garant: **NÚKIB**
- Účastníme se také GN4-3 WP6 QKD, pokračujeme v GN5



■ CESNET zapojen v návrzích do výzev 2 a 1

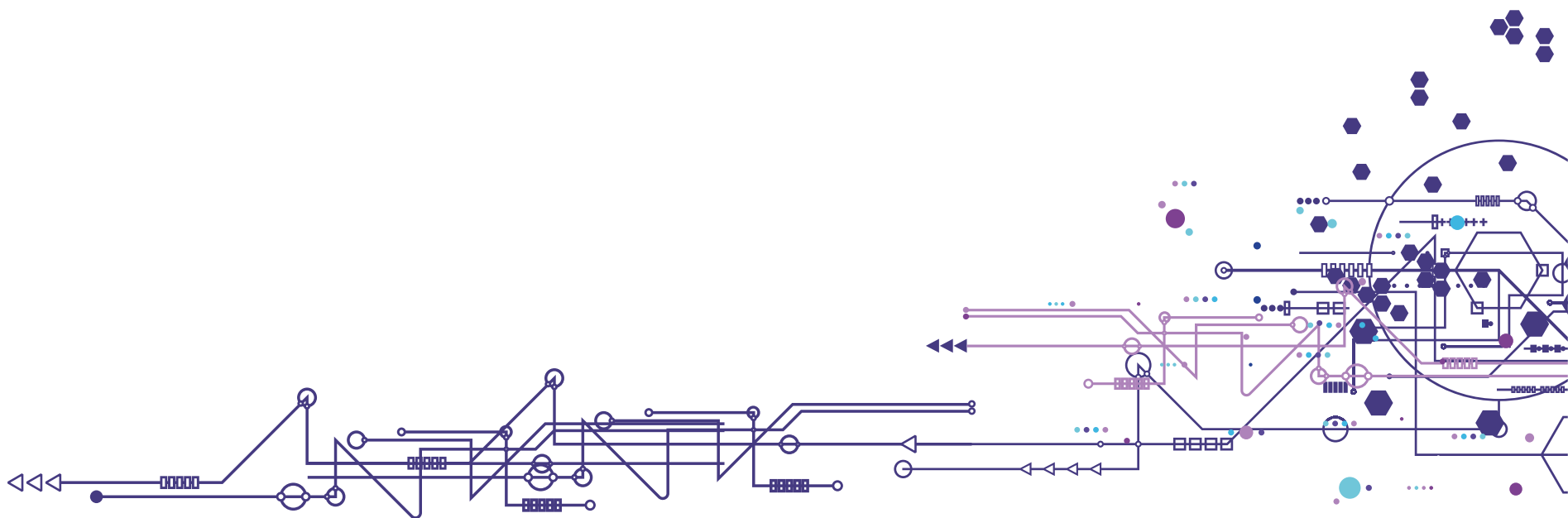


„Create a European Industrial Ecosystem for Secure QCI technologies and systems“

- 44M€ Total (5-15M€ per project/consortium)
- secure (>EAL4), standardized (ETSI, etc.), industrialized QKD-system at TRL 8-9
- integration in existing telecom networks
- Deadline Mar 29, 2022
- Grant Agreement approx. Sep 2022

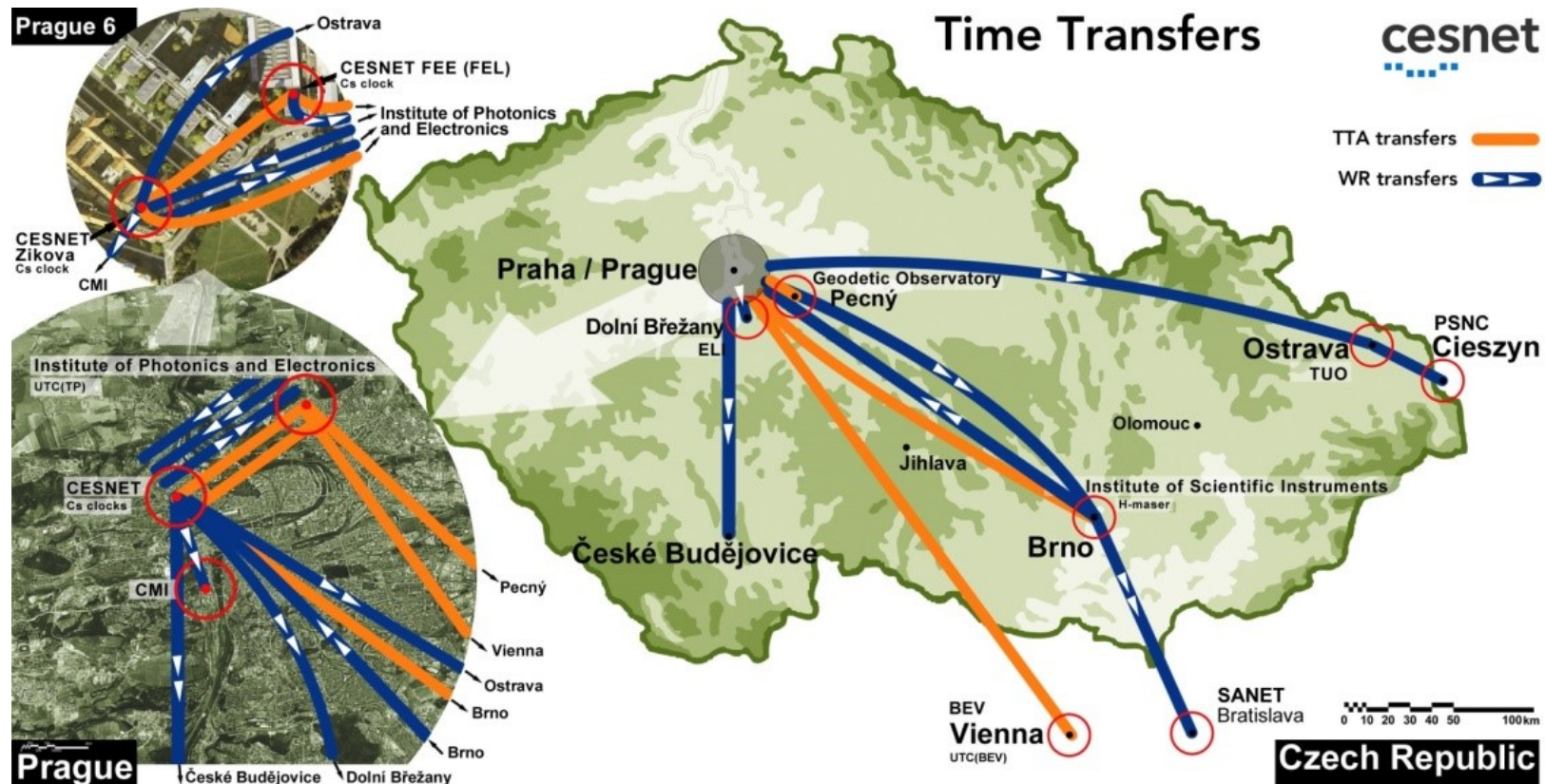


Ultra-stabilní přenosy



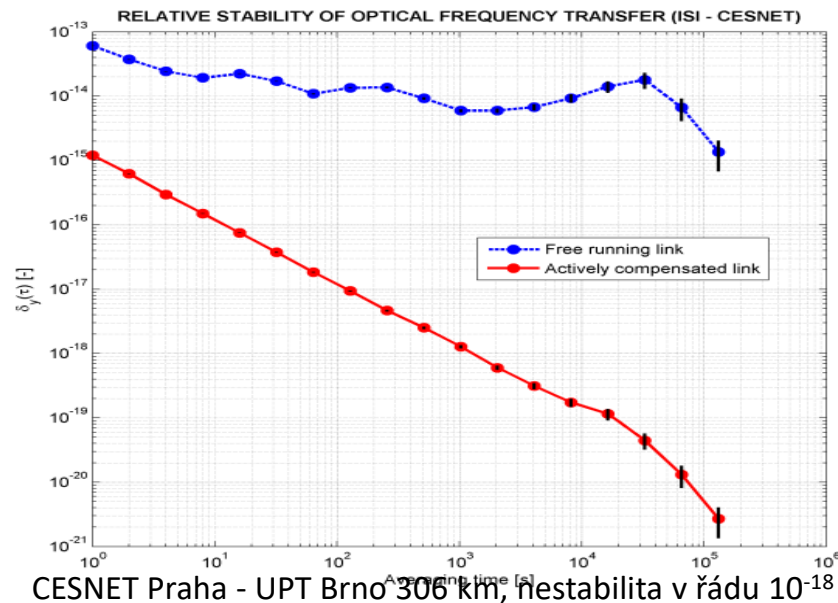
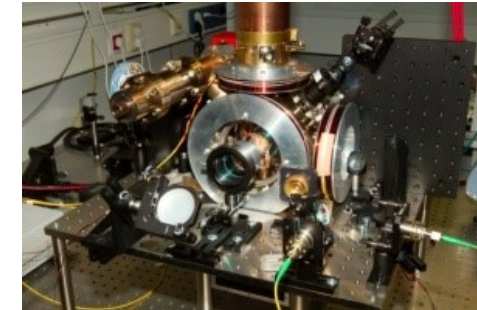
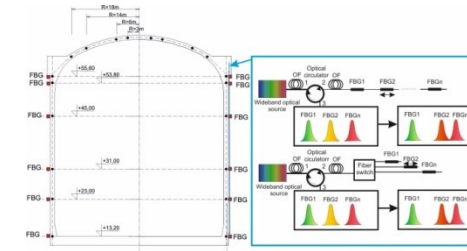
Ultra-stabilní přenosy

- Od 2011, dnes přesný čas na 3100+ km a na 1100+ km ultra-stabilní optická frekvence
- Dedikované kanály, preferenčně obousměrné (kompenzace termálních jevů)
- O TF službách podrobně pohovoří kolega Vladimír Smotlacha



Ultra-stabilní přenosy

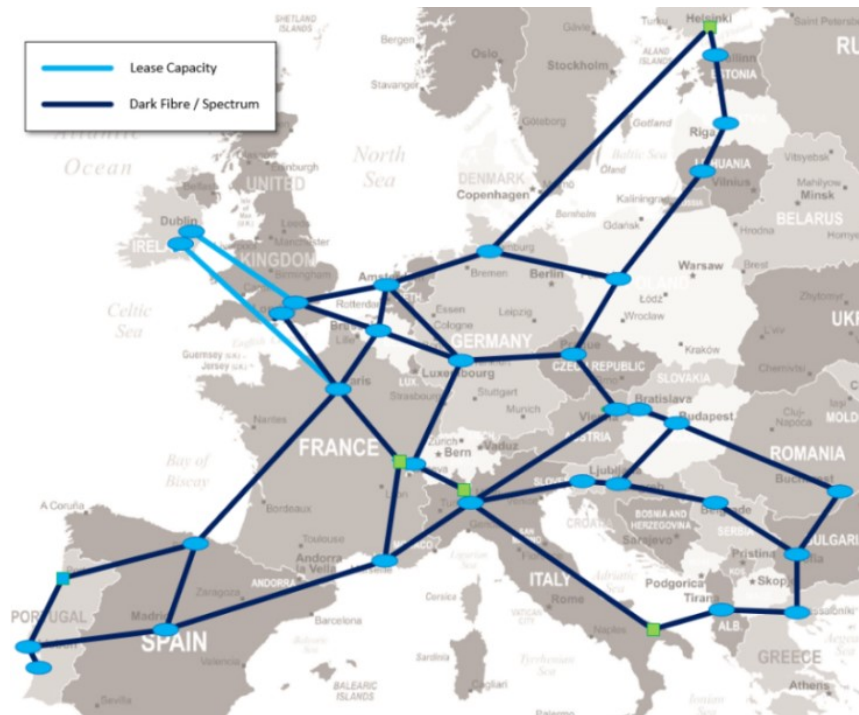
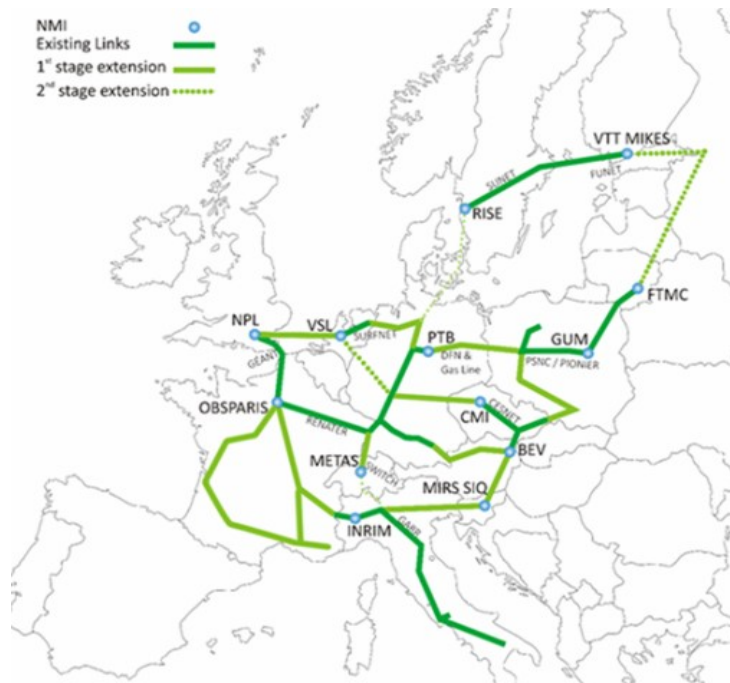
- Přenosy ultra-stabilní optické frekvence, od 2015
- Smluvní výzkum pro UJV Řež (2017-2019)
 - Transport optické frekvence do UJV Řež a do Temelína pro snímání stability kontejntu
- Nadstavbová služba e-Infrastruktury (UPOL, ÚPT)
 - Propojení vyvíjených optických hodin založených na jediném iontu Ca^+



Ultra-stabilní přenosy

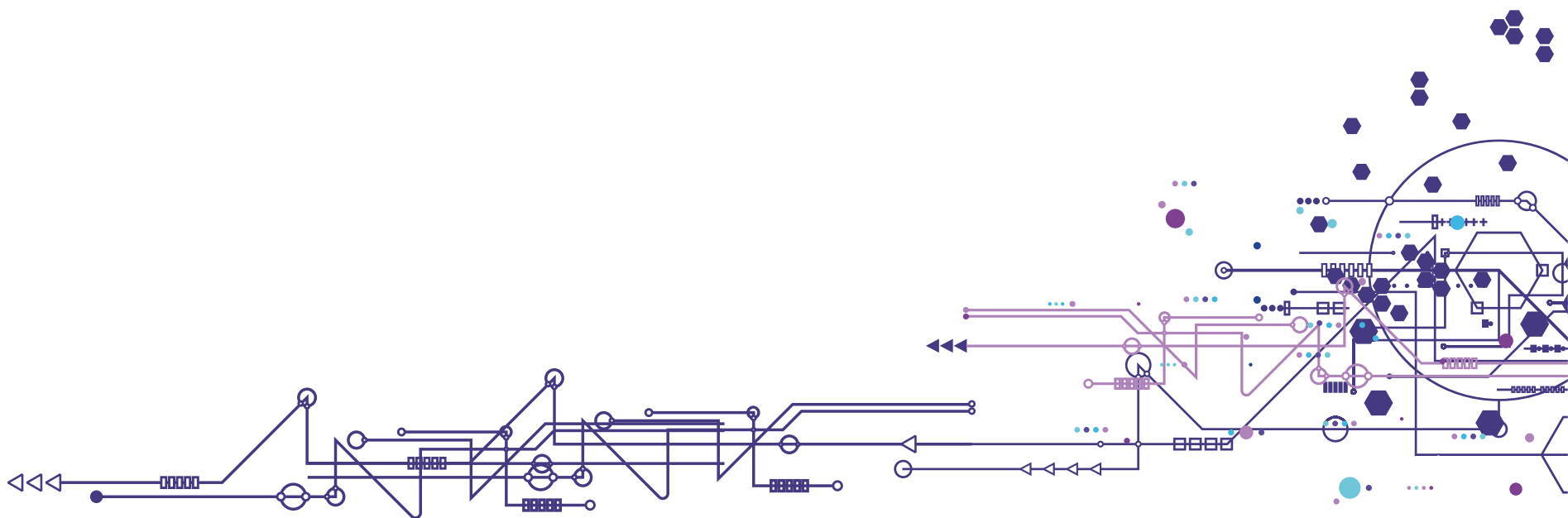


- Projekty
- 2019-2022 H2020 **CLONETS-DS** CLOckNETworkServices - Design Study, koordinace GEANT)
- Účastníme se také: GN4-3 WP6 Optical Time Frequency Network
 - 2022 připravujeme test přenosu ve vyhrazeném L pásmu v nové síti GEANT
- Pokračujeme i v projektu GN5-1 a GN5-2



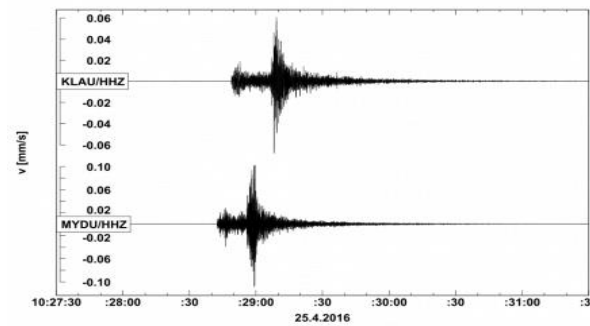
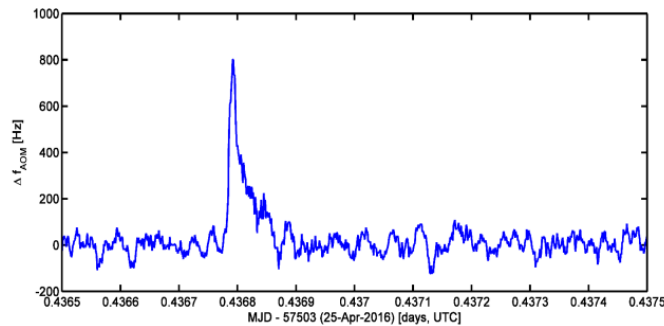


Vláknové snímání - sensing

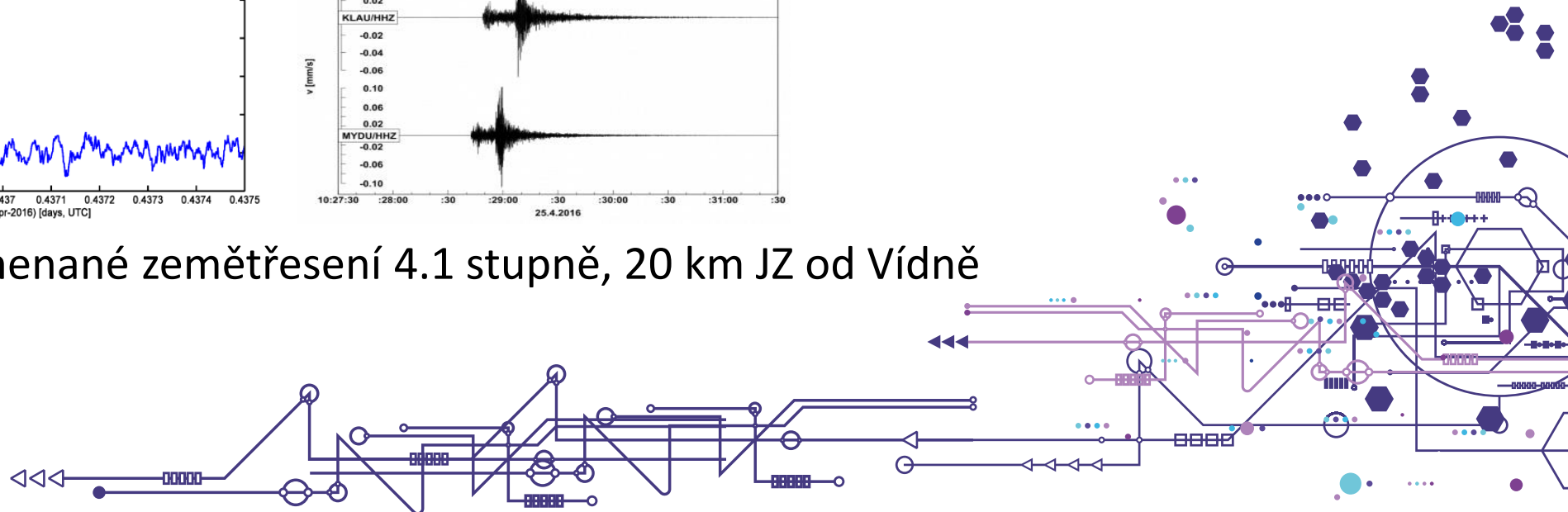


Vláknové snímání - sensing

- Stabilizace pro přenos frekvence je velmi výkonná
 - Zaznamenaná změny v řádu Hz, při nosné 192 THz
- Lze využít pro detekci vibrací, teploty, úderu blesků,...
- Implementujeme výsledky úspěšně ukončeného projektu MVČR DOBI 2015-2020
- CESNET člen konsorcia projektu SUBMERSE podaném do výzvy Horizon Europe -TECH 01-01

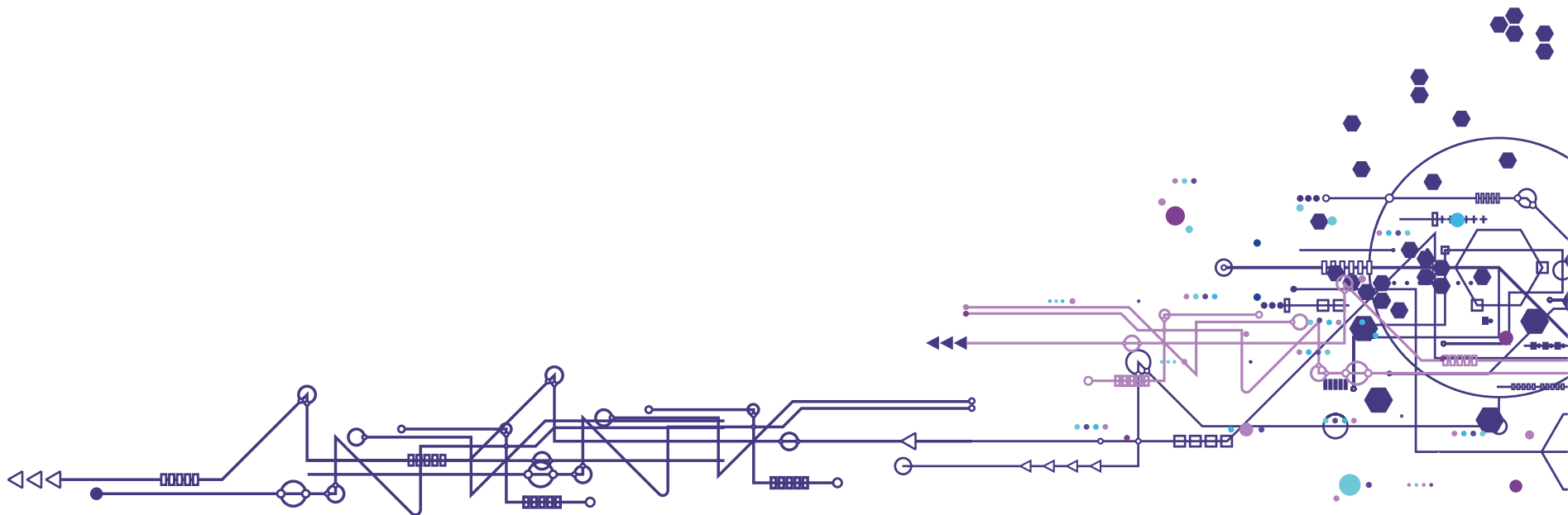


25. dubna 2017 zaznamenané zemětřesení 4.1 stupně, 20 km JZ od Vídně



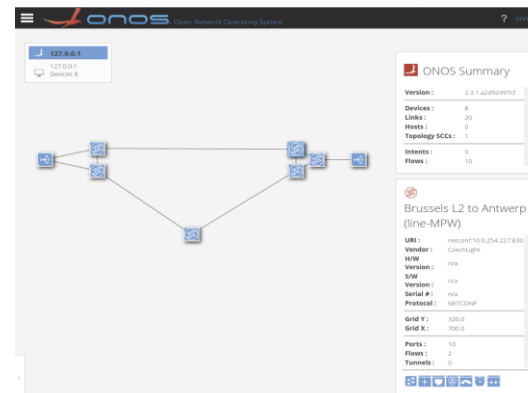
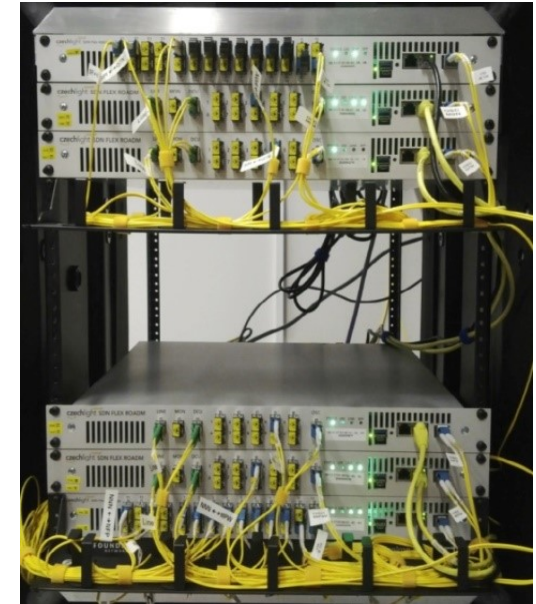


SDN Open Line System Czechlight



Open Line System Czech Light

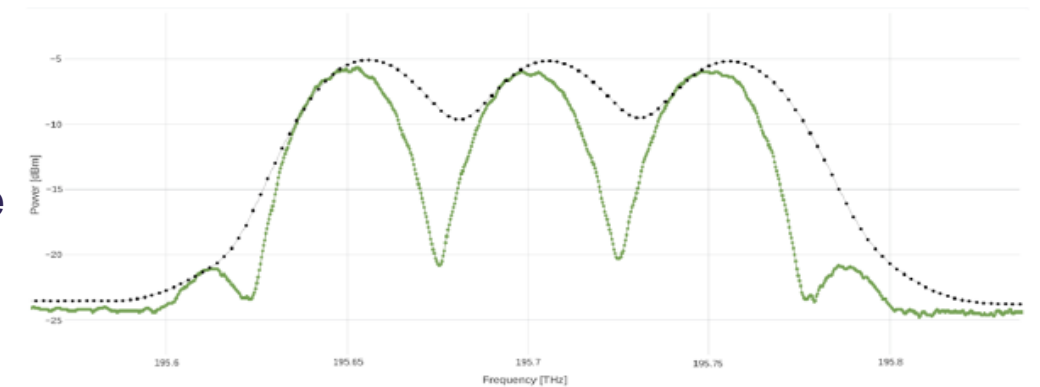
- Určen pro efektivní využití vláknových kapacit (pásma C a L, obousměrné přenosy)
- Nasazován od roku 2004: „J Vojtech, J. Radil, ‘Czech Light & Czech Light Amplifiers’, 17th TF-NGN, Zurych, 2005“
- Nasazeno více než 130 zařízení rodiny Czech Light v CESNET2 a dalších sítích, např. SWITCH
- Chráněno 11 patenty (ČR, EU, US)
- Vyžádané demonstrace na předních akcích v oboru: Telecom Infrastructure Project 2018+19, Optical Fibre Conference 2020, European Conference on Optic Communications 2021 + pozvánka na rok 2022



Open Line System Czech Light



- Vše vzdáleně konfigurovatelné
 - NETCONF
 - RESTCONF + YANG - push telemetry
- Vše vzdáleně monitorovatelné
 - OpenMetrics (Prometheus)
 - Grafana
 - Odezva pod 1s (vs telekom standard 15 min)
 - Velmi jemná práce se spektrem pro super rychlé signály:
 - CL SDN ROADM zeleně, telekomunikační OSA černě)
- Výtečná prezentace J. Kundráta:
 - Chatty ROADMs: Streaming Telemetry with Open Source Software and Open Hardware (ECOC 2021)
 - https://www.youtube.com/watch?v=zPdA_GX4rPI0



Fotonické služby

přenos času a frekvence

Vladimír Smotlacha, Josef Vojtěch a další



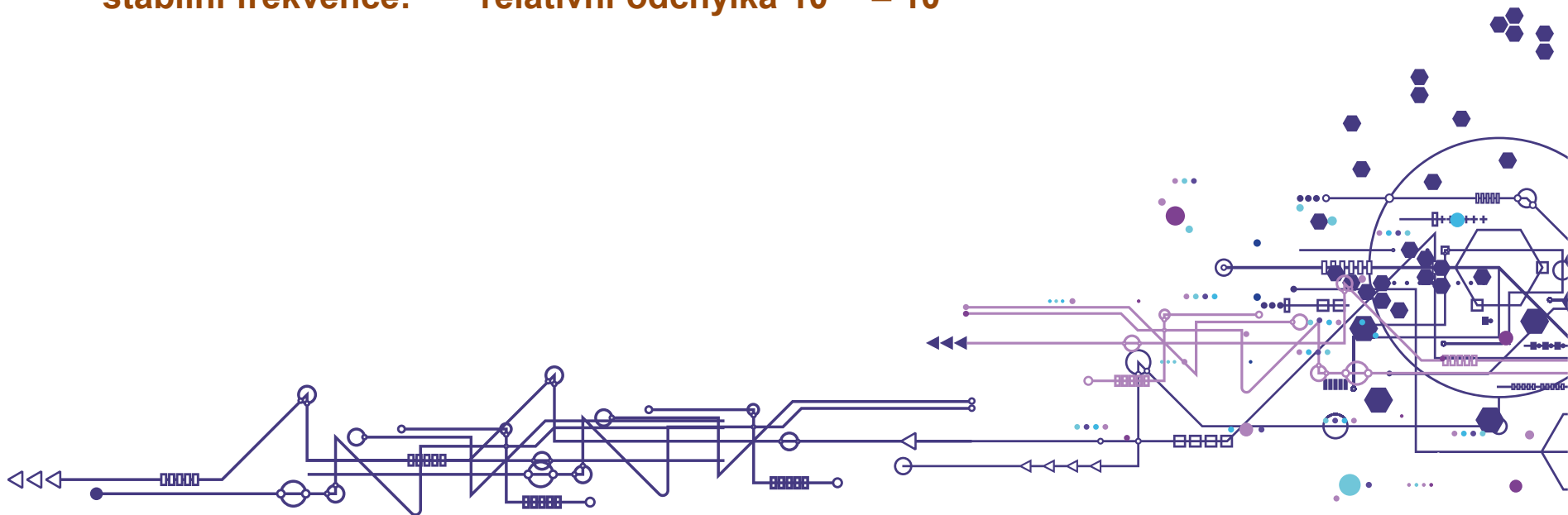
K čemu potřebujeme přesný čas a stabilní frekvenci

přesný čas:

nejistota v řádu nanosekund (10^{-9} s)

stabilní frekvence:

relativní odchylka 10^{-12} – 10^{-18}



Kdo využije přesný čas a frekvenci?

Doprava



Navigace



Finanční
sektor



Věda



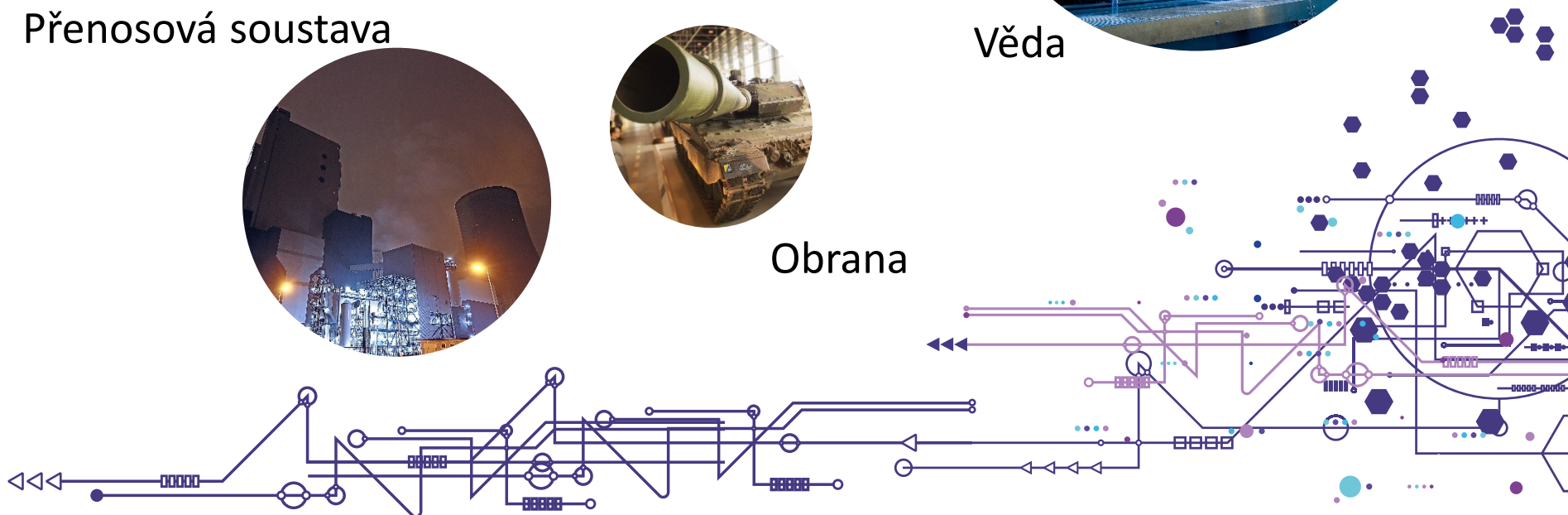
Přenosová soustava



Obrana



Telekomunikace



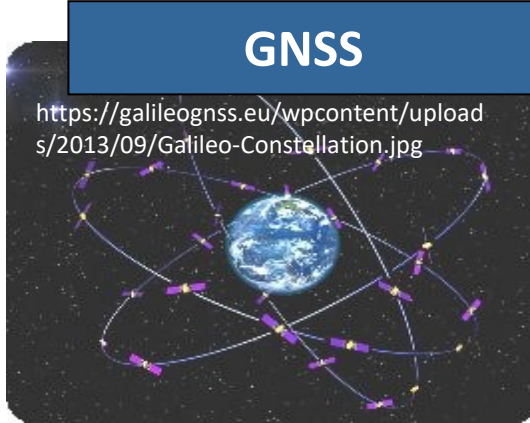
Přesný čas a frekvence pro vědu a výzkum

Astronomie



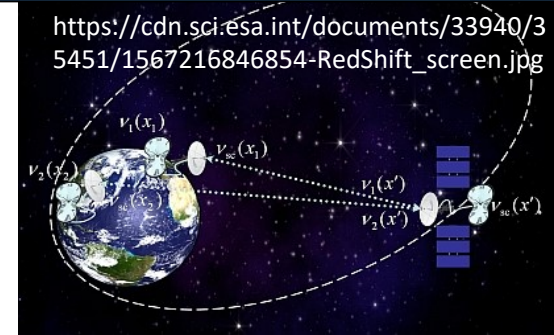
GNSS

<https://galileognss.eu/wpcontent/uploads/2013/09/Galileo-Constellation.jpg>

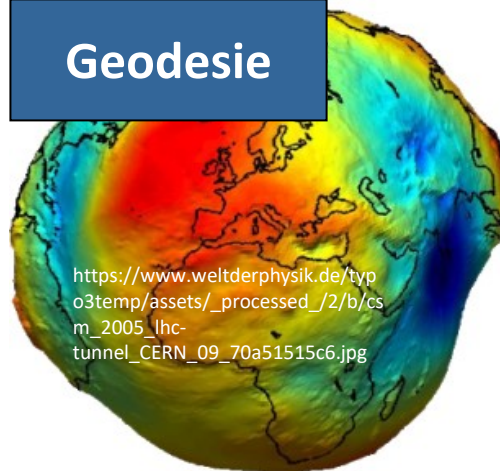


Fundamentální fyzika

https://cdn.sci.esa.int/documents/33940/35451/1567216846854-RedShift_screen.jpg



Geodesie



Optické hodiny & SI

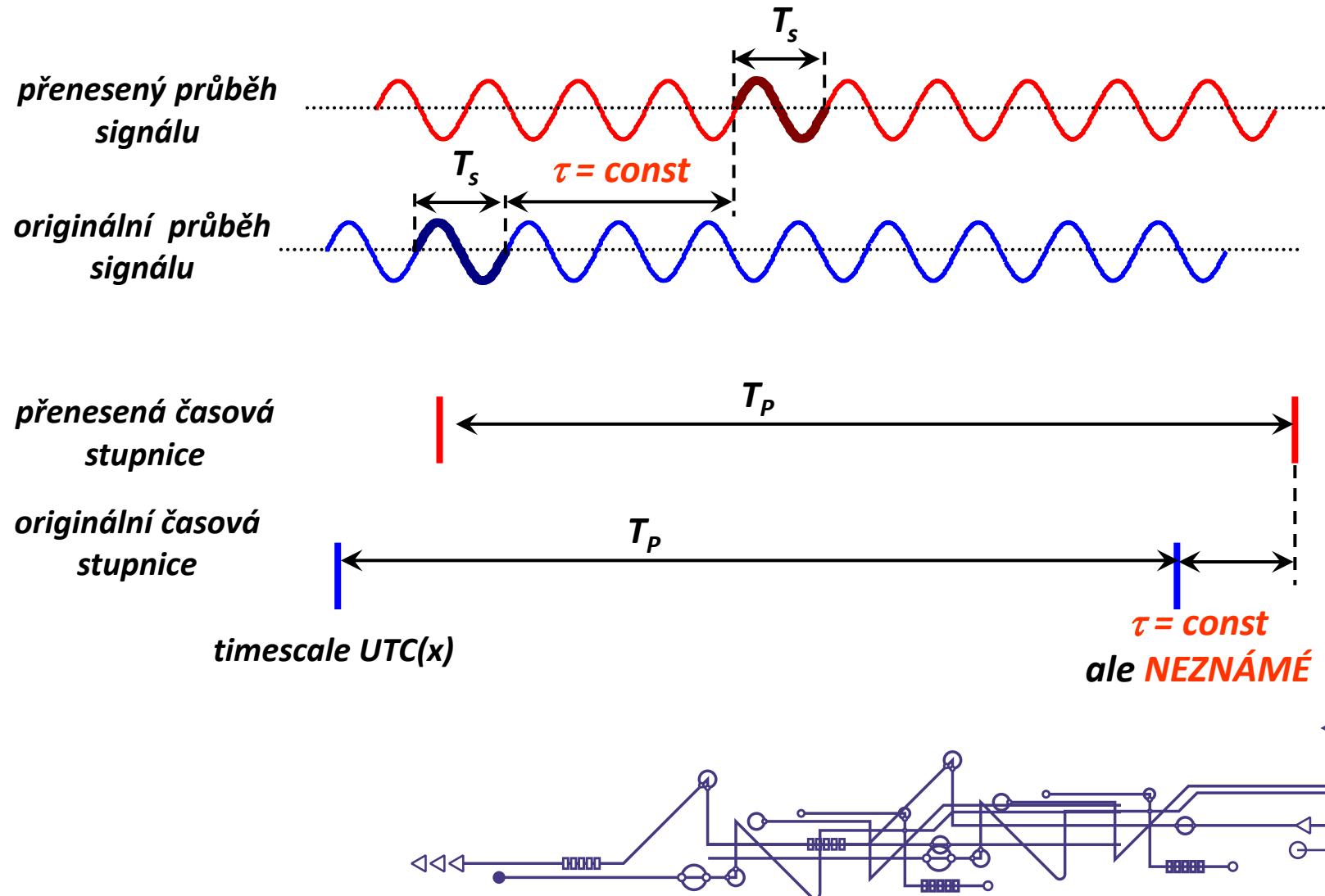


https://qusco-itn.eu/wp-content/uploads/2019/07/share_image.jpg

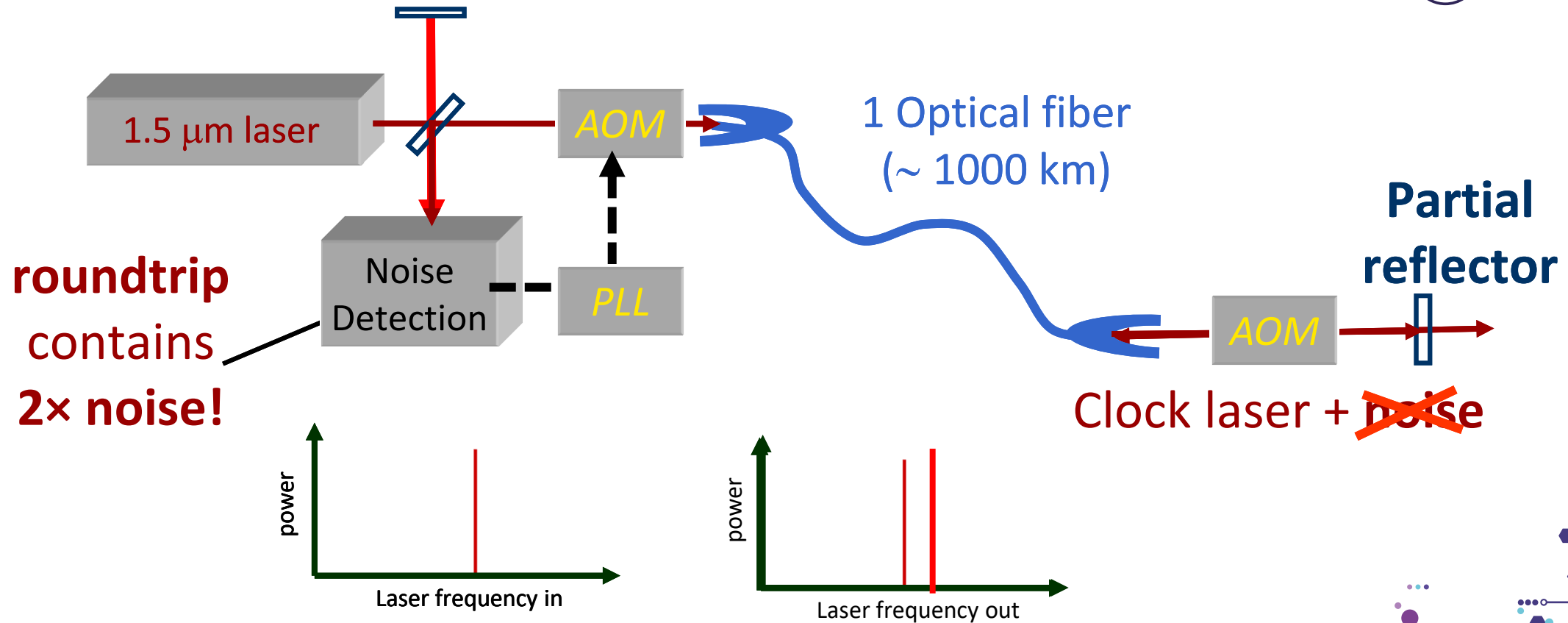
Kvantové technologie



Přenos času a frekvence



Princip stabilizovaného přenosu frekvence

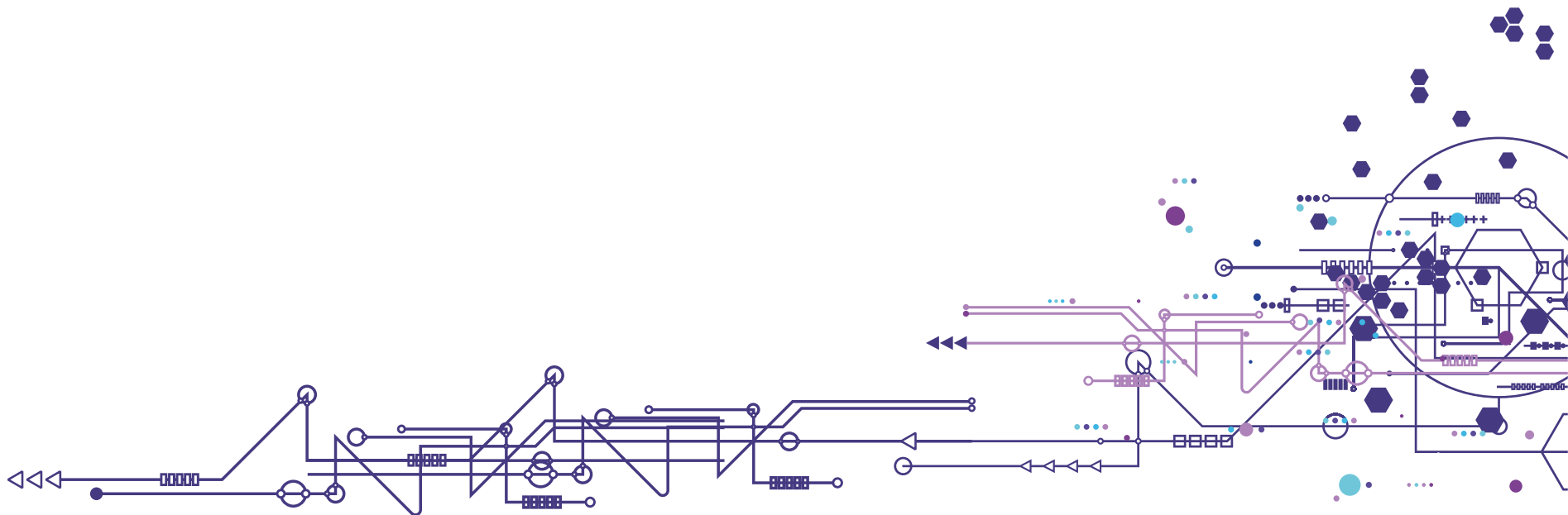


Foreman et al. Rev. Sci. Instr. **78** 021101 (2007);
Williams et al., J. Opt. Soc. Am. B **25** 1284 (2008)...



CITAF

Czech Infrastructure for Time and Frequency



Cíle aktivity CITAF

- být národní platformou pro spolupráci ve výzkumu a vývoji přenosu přesného času a stabilní frekvence v optických sítích;
- vybudovat trvalou národní optickou infrastrukturu pro přenos času a frekvence a o její zapojení do navazující evropské infrastruktury;
- podporovat společnou publikační činnost a spolupráci v národních i mezinárodních projektech a grantech;
- prezentovat výsledky spolupráce a rozvíjet povědomí o možnostech a aplikačním využití distribuovaného velmi přesného času a stabilní frekvence.

UFE

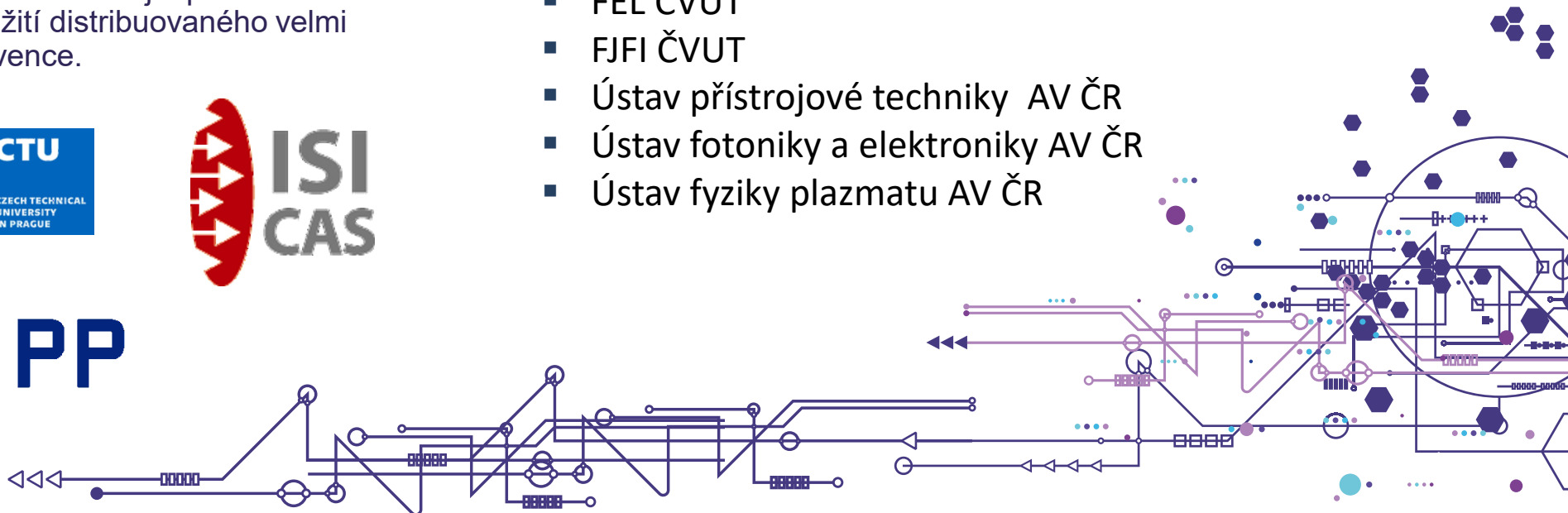


CITAF

nekomerční a otevřená aktivita zaměřená na přenos přesného času a velmi stabilní frekvence s využitím optických sítí. Je provozovaná v rámci sítě CESNET.

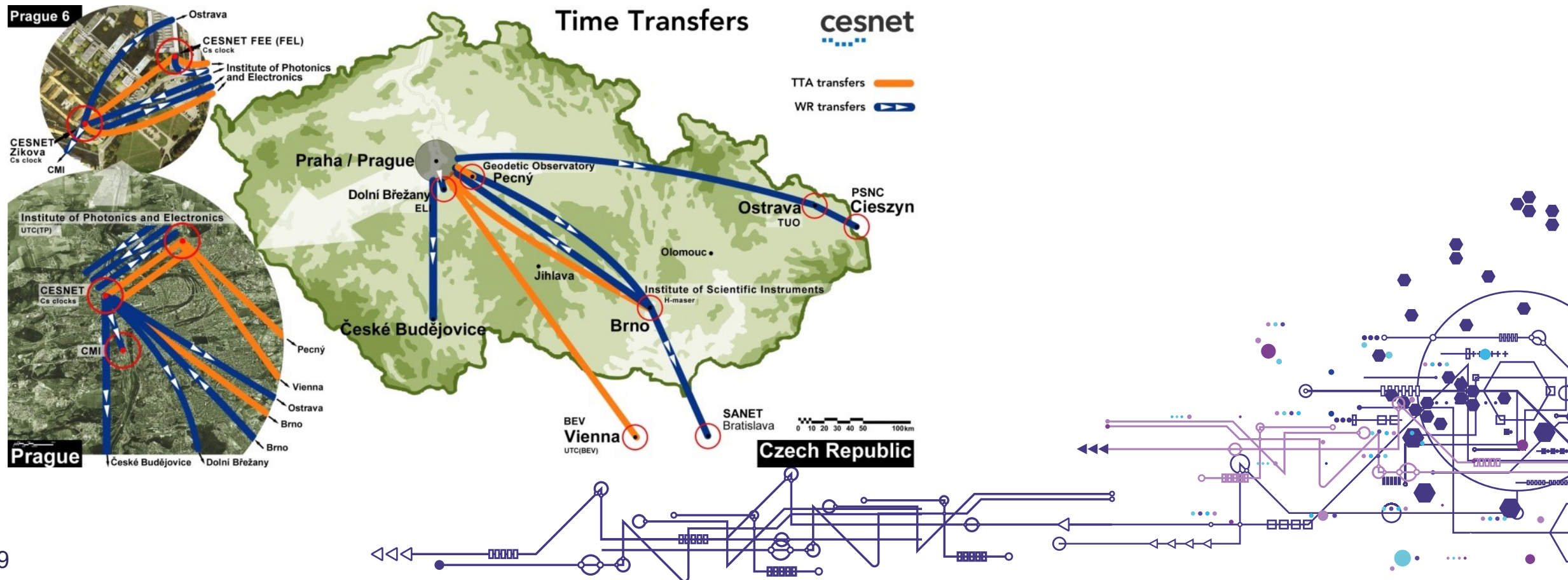
■ Signatáři memoranda

- CESNET
- FEL ČVUT
- FJFI ČVUT
- Ústav přístrojové techniky AV ČR
- Ústav fotoniky a elektroniky AV ČR
- Ústav fyziky plazmatu AV ČR



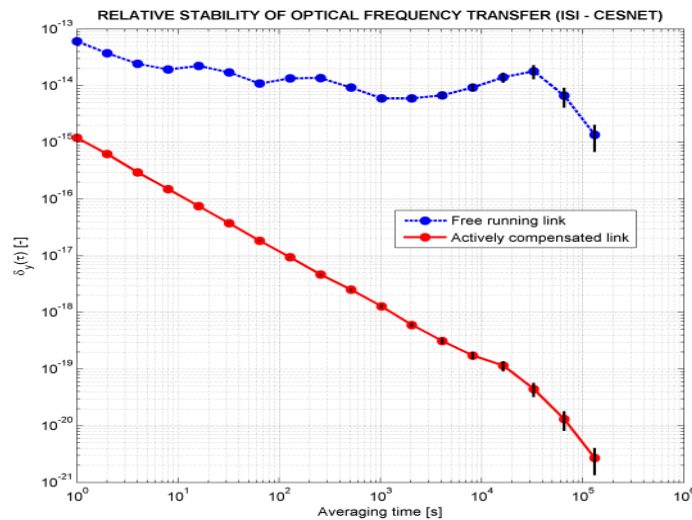
Přenosy času

- Od 2011, dnes přesný čas na 3100+ km a na 1100+ km stabilní optická frekvence
- Dedikované kanály, preferenčně obousměrné (kompenzace změn zpoždění)
- Mezinárodní spolupráce a přenosy - BEV (AT), PSNC (PL), FÚ SAV (SK)

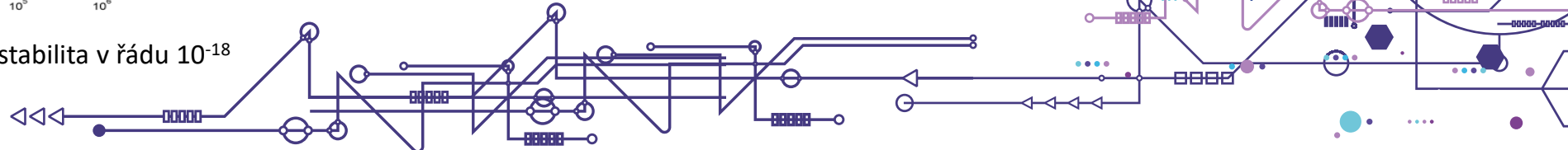
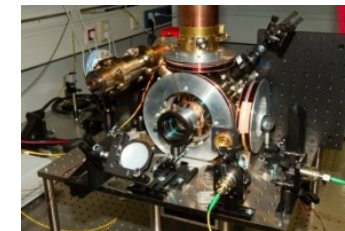


Přenosy frekvence

- Přenosy ultrastabilní optické frekvence, od r. 2015, dnes 1100+ km optických tras
- Propojení vyvíjených optických hodin založených na jediném iontu Ca^+
- Zdroj signálu: laser 1540.5 nm v UPT AV ČR

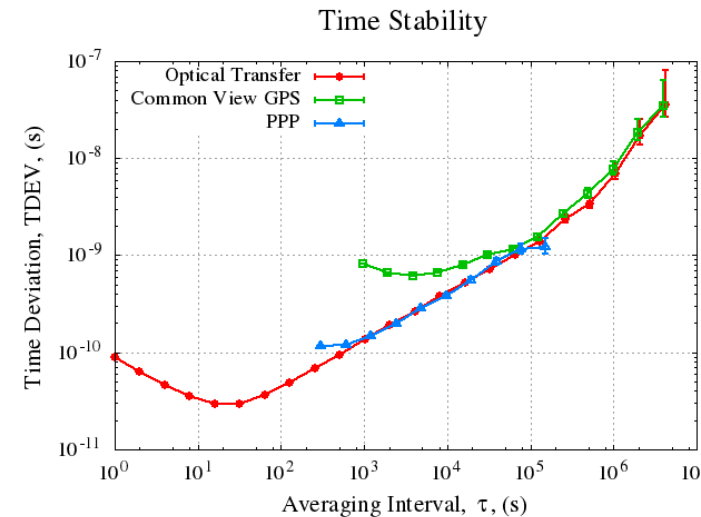
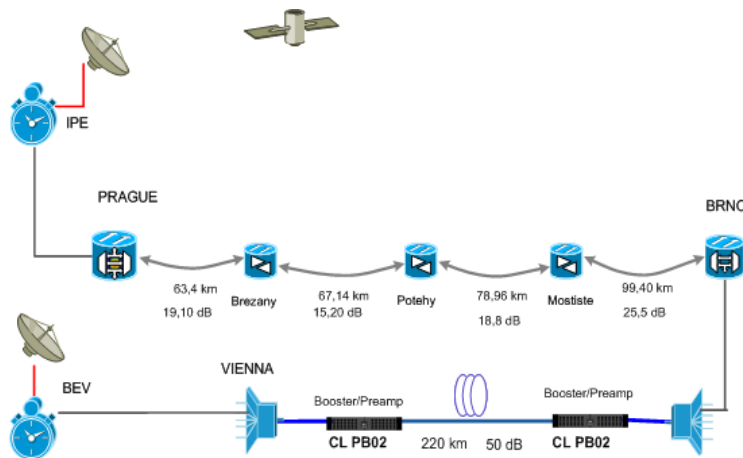


CESNET Praha - UPT Brno 306 km, nestabilita v řádu 10^{-18}



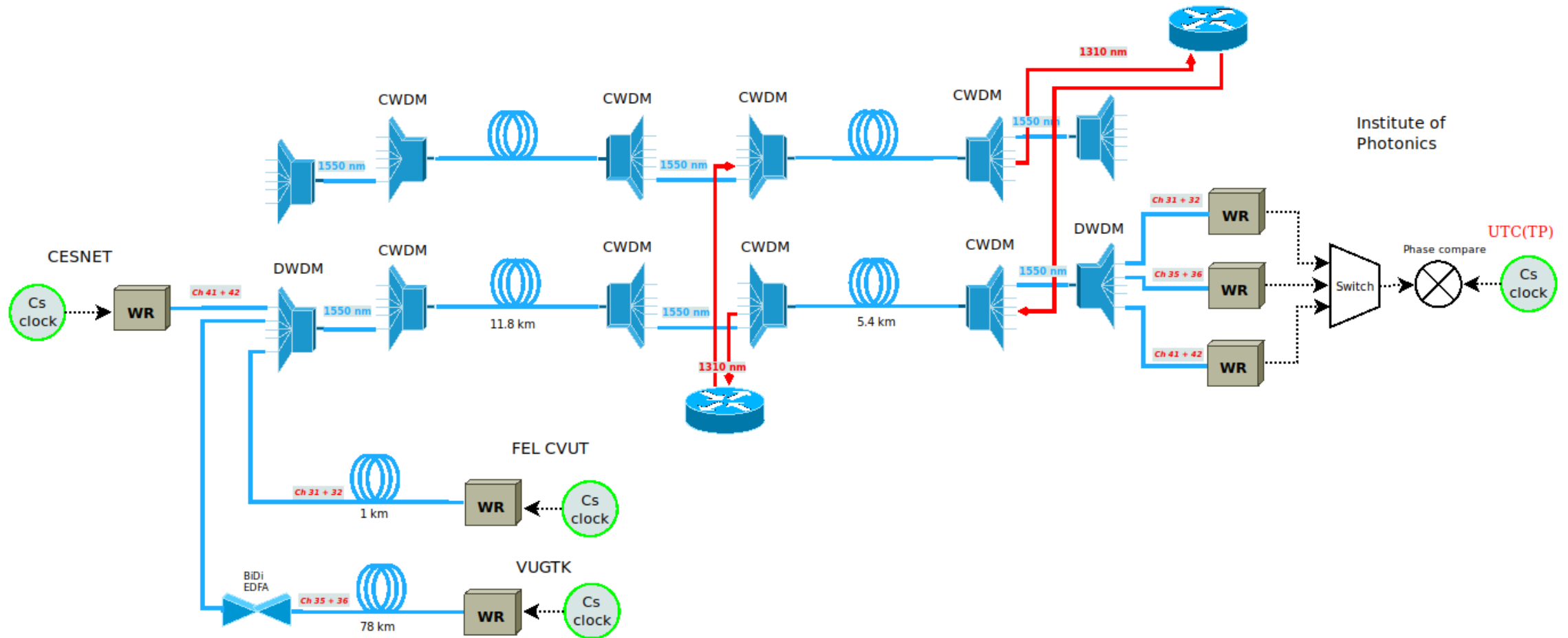
CITAF – co předcházelo

- optické porovnávání časových stupnic UTC(TP) a UTC(BEV)
- délka trasy Praha – Vídeň 550 km
- v provozu od srpna 2011
- první optické porovnávání stupnic dvou národních laboratoří na světě
- spolupráce CESNET, UFE AV ČR, BEV a AcoNET



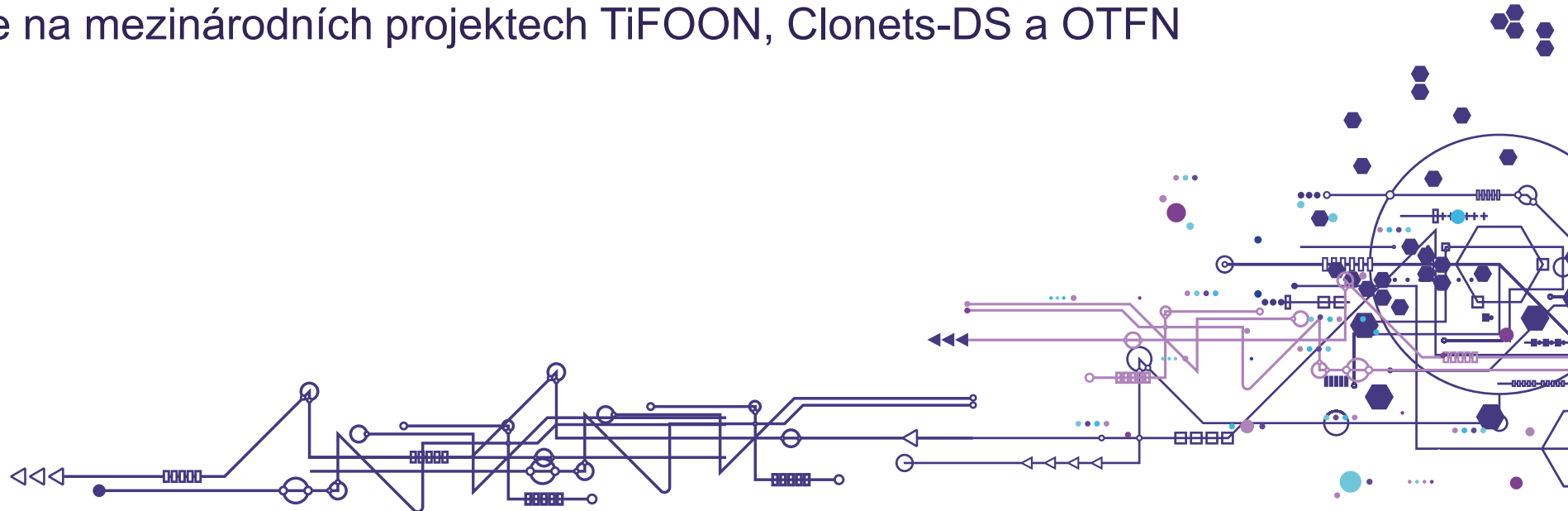
Trasa CESNET – UFE AV ČR

implementace obousměrné DWDM nad jednosměrným kanálem CWDM



Cíle pro rok 2022

- trvale a spolehlivě reportovat stupnici vodíkových maserů do BIPM – účast na tvorbě stupnice UTC
- rozšířit infrastrukturu White Rabbit
- větší využívání pásma L pro přenosy času i frekvence
- pokračování práce na mezinárodních projektech TiFOON, Clonets-DS a OTFN





Napište nám

info@e-infra.cz

Děkuji za vaši pozornost

photonics@cesnet.cz

A large, thin dark blue circle with two short, curved lines on its left and right sides, resembling a stylized 'e' or a signal. Inside the circle, the text 'e-infra.cz' is written in a dark blue sans-serif font.

e-infra.cz