



Ecole d'ingénieurs et d'architectes de Fribourg
Hochschule für Technik und Architektur Freiburg

**Conception, déploiement
et exploitation de réseaux.**

6. Conception du métro.

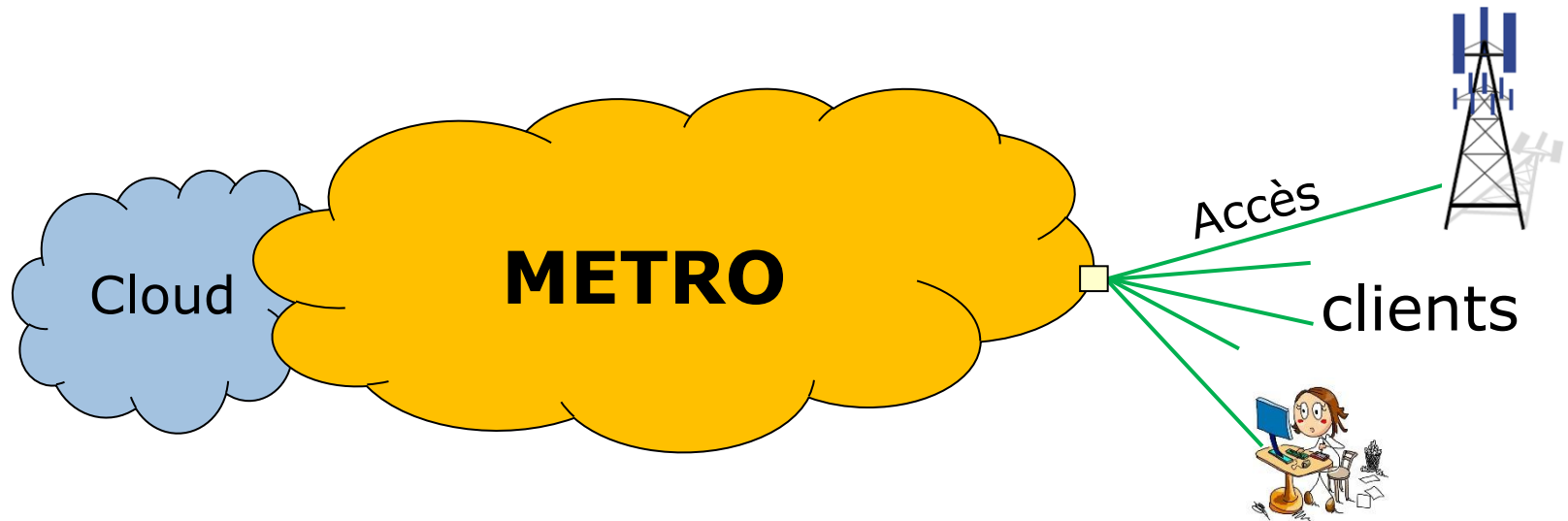
Contenu

- Particularité du réseau métro
- Vision architecturale et segmentaire (fonctions des différentes couches)
- Technologies
- Topologies
- Evolution du trafic
- Interconnections aux Core et à l'accès
- Conclusion

1. Particularités du réseau métro

- Réseau de liaison entre les nœuds core et les centraux (central offices).
- Les distances typiques sont de quelques km à 80 km (correspond à la grosse **agglomération** ou au **canton**).
- Il fonctionne sur fibres et WDM sans amplificateur optique.
- C'est là que se réalise la grande distribution régionale d'information.
- Il sert à la fois au transport privé et business:
 - Téléphonie, TV et Internet
 - Liaisons pour entreprises locales (lignes louées entre plusieurs sites)
 - Backup pour entreprises et liaisons à des Datacenters
 - Backhaul pour les antennes de téléphonie mobile.

Réseau métro = clef de voûte de tout le réseau



- Tout passe par le Métro
- **Aussi les pannes !!!!**

Gare de Bulle 8.4.2020 à 10h20 un câble de fibre est endommagé

20min.ch

Une panne affecte les clients de Swisscom dans la région de Bulle (FR) et également le Pays-d'Enhaut (VD) depuis mercredi 10h20. **Internet, Swisscom TV** ainsi que la **téléphonie mobile et fixe** sont concernés pour plus de **20'000 clients**.



Video RTS

<https://www.rts.ch/info/regions/11232665-la-panne-du-reseau-de-telecommunication-dans-la-region-de-bulle-resolue.html>

La liberté

La coupure de câbles de télécommunications, mercredi sur le chantier de la gare de Bulle, a perturbé jusqu'au fonctionnement de **l'hôpital de Château-d'Œx**, déconnecté pendant plus de 24 heures en pleine crise du **coronavirus** → les télécoms de l'armée ont du intervenir



Et ça dure !!! 32 heures sur VD et 27 heures sur FR



Vaud



**Fin d'alerte - Panne Générale
du réseau téléphonique**

Secteur concerné

Région Pays d'En Haut



Panne Swisscom, situation rétablie

Jeudi 9.4.2020 18:09



Fribourg



**Fin d'alerte - Panne générale du
réseau Swisscom**

Secteur concerné

Vallée de la Jogne et vallée de l'Intyamou



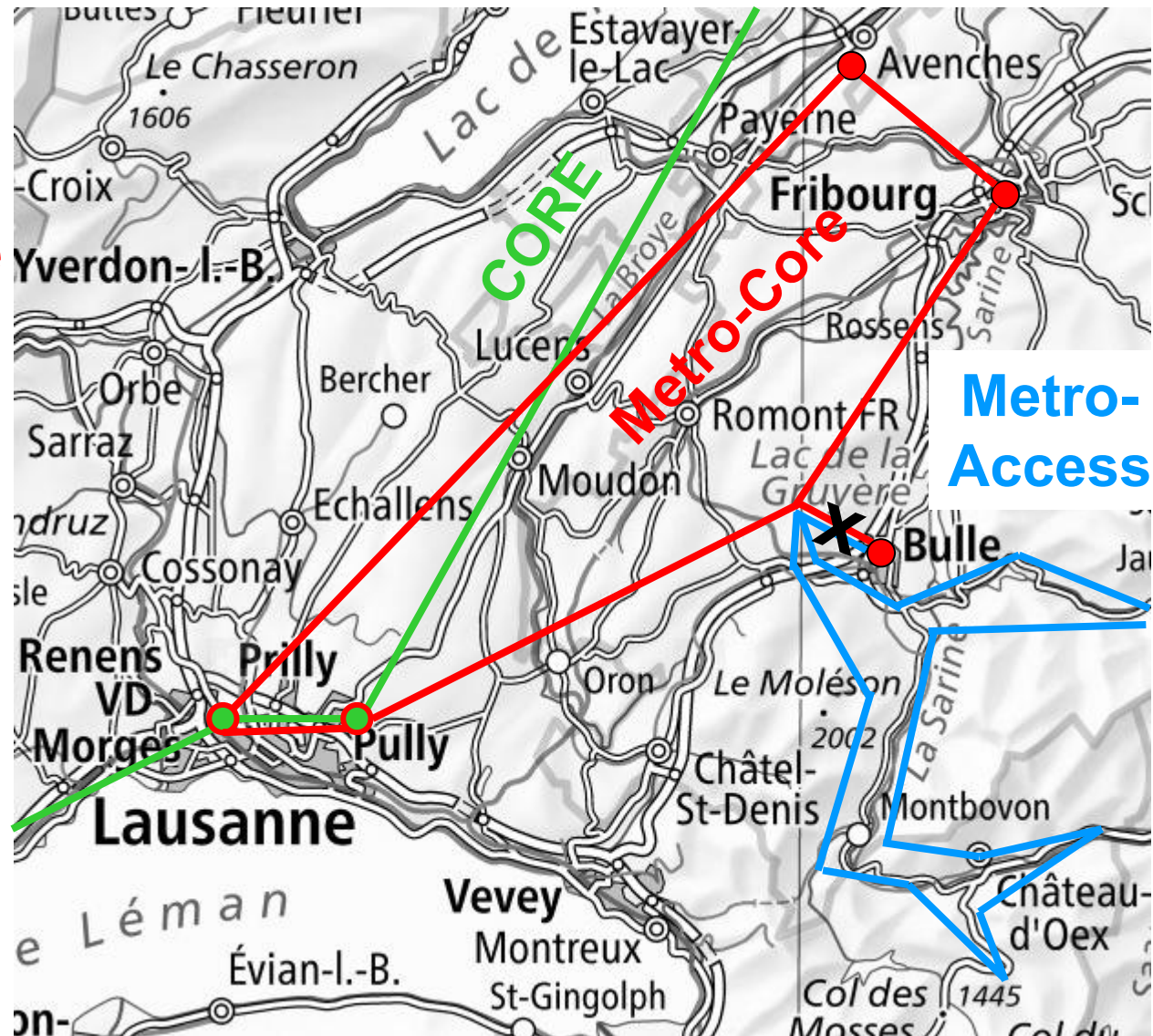
Panne générale du réseau Swisscom

Jeudi 9.4.2020 14:52

Pourquoi une panne générale de réseau?

- CORE
- Metro-Core
- ~~Metro-Access~~

Single Point of Failure à Bulle



2. L'architecture des couches

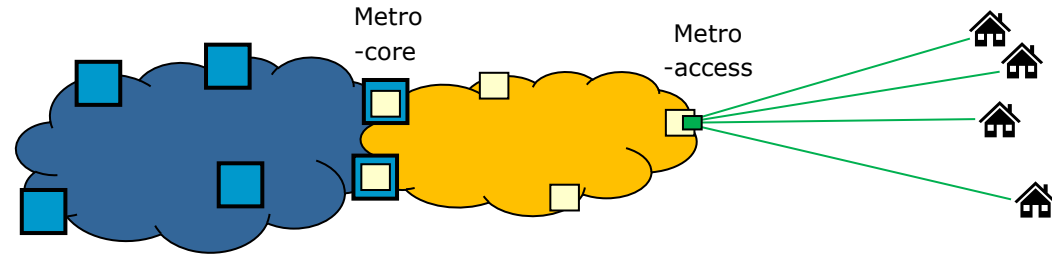
Couche	Fonctions
3	Data/Internet services Commutation de paquet Multiplexage statistique
2	Commutation de circuit/paquet Multiplexage statistique
1	Commutation de circuit Multiplexage fixe Signal physique Medium

2. L'architecture des couches

Couche	Fonctions	Core	Méto	Accès
3	Data/Internet services Commutation de paquet Multiplexage statistique	IP IP IP(/MPLS)		Service IP IP
2	Commutation de circuit/paquet Multiplexage statistique	Ethernet/MPLS Ethernet	Ethernet/MPLS Ethernet	Ethernet Ethernet
1	Commutation de circuit Multiplexage fixe Signal physique Medium	ROADM/OTN/SDH WDM/SDH signal o./ λ optique	(ROADM)/OTN/SDH WDM/OTN/SDH signal o./ λ Optique	SDH (POTS, II*) SDH (POTS, II) signal o./e. optique/cuivre

capacité		
n x 400 Gb/s	n x 10 Gb/s, 100 Gb/s	<= 10 Gb/s

L'architecture des couches: futur proche



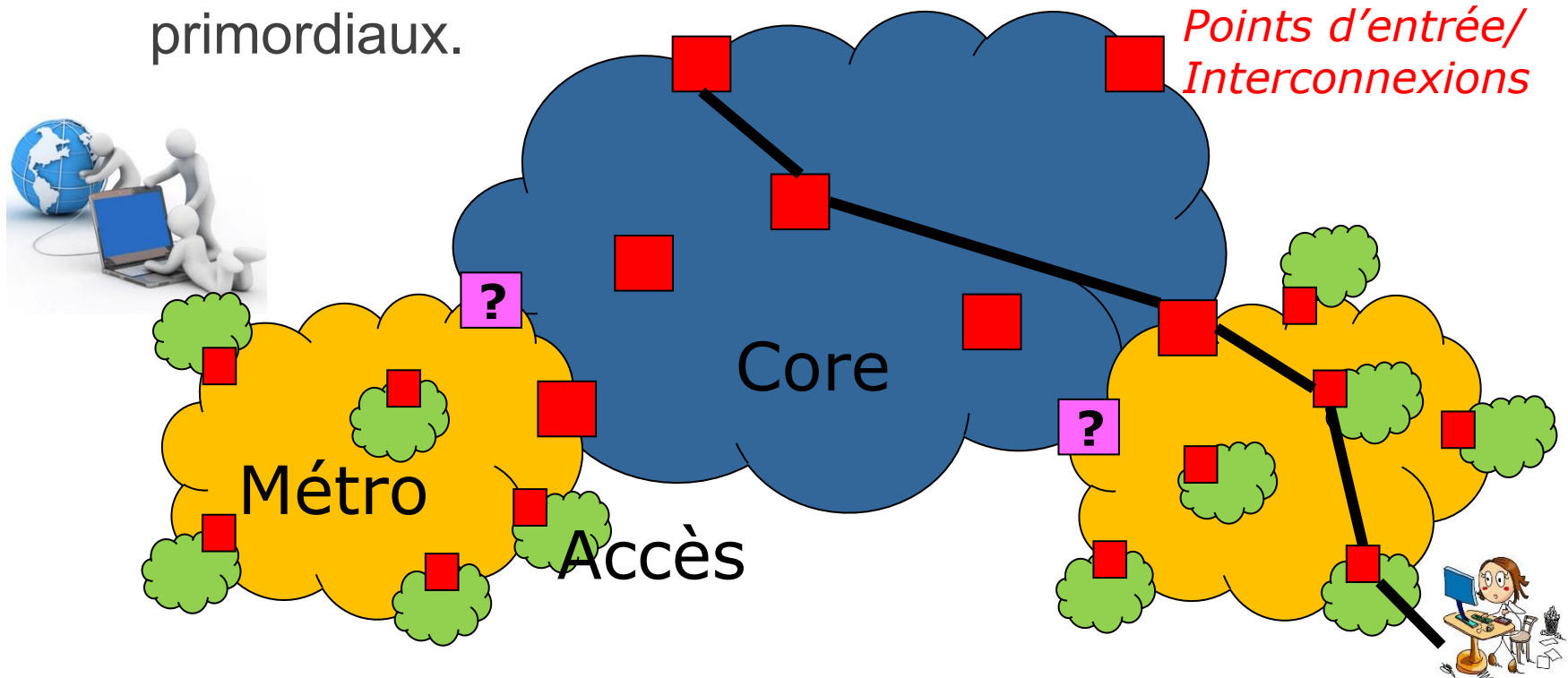
Couche	Fonctions	Core	Métro	Accès
3	Data/Internet services Commutation de paquet Multiplexage statistique	IP IP IP	(IP) (IP)	Service IP IP
2	Commutation de circuit/paquet Multiplexage statistique	Ethernet/MPLS Ethernet	Ethernet/MPLS Ethernet	Ethernet Ethernet
1	Commutation de circuit Multiplexage fixe Signal physique Medium	ROADM/GMPLS	ROADM/GMPLS	SDH (POTS, II*) SDH (POTS, II) signal o./e. optique/cuivre

Tendance actuelle:
convergence

capacité		
n x 400 Gb/s	n x 10 Gb/s 100 Gb/s	<= 10 Gb/s

3. Vision segmentaire

- Le rôle, l'étendue et les interconnexions des 3 segments doivent être conceptualisés/planifiés en premier.
- «L'intelligence» du réseau et la gestion du trafic sont primordiaux.



4. Technologie

- Les particularités: distance de quelques km à quelques dizaines de km font que la **fibre optique** est utilisée.
- La grandeur correspond à des réseaux ayant au maximum un million de clients:

→ **Ethernet** peut être utilisé:
carrier Ethernet ou Metro Ethernet.
- Les limites de scalabilité peuvent être atteints grâce à **MPLS**



Introducing the Specifications of the Metro Ethernet Forum

L'organisme de « promotion / standardisation »
des nouveaux services Metro Ethernet.

Introducing the Specifications of the Metro

MEF 2	Requirements and Framework for Ethernet Service Protection
MEF 3	Circuit Emulation Service Definitions, Framework and Requirements in Metro Ethernet Networks
MEF 4	Metro Ethernet Network (MEN) Architecture Framework Part 1: Generic Framework
MEF 6	Metro Ethernet Services Definitions Phase I
MEF 7	EMS-NMS Information Model
MEF 8	Implementation Agreement for the Emulation of PDH Circuits over Metro Ethernet Networks
MEF 9	Abstract Test Suite for Ethernet Services at the UNI
MEF 10	Ethernet Services Attributes Phase I
MEF 11	User Network Interface (UNI) Requirements and Framework
MEF 12	Metro Ethernet Network Architecture Framework Part 2: Ethernet Services Layer
MEF 13	User Network Interface (UNI) Type 1 Implementation Agreement
MEF 14	Abstract Test Suite for Ethernet Services at the UNI
MEF 15	Requirements for Management of Metro Ethernet Phase 1 Network Elements
MEF 16	Ethernet Local Management Interface

* MEF 10 * replaced MEF 1 and MEF 5

MEF

Le Forum Metro Ethernet est une alliance industrielle qui **normalise les services Ethernet de niveau opérateur (Carrier Ethernet)** pour garantir leur interopérabilité et leur adoption mondiale. Son rôle est de définir des normes techniques, de développer des cadres de services (comme le cadre de services global MEF 3.0), et de proposer des programmes de certification. Le but du MEF est de rendre les réseaux Ethernet plus flexibles, plus fiables et plus automatisés, avec des connexions de bout en bout performantes.

Rôle du MEF

- **Normalisation technique** : Le MEF élabore des spécifications techniques et des cadres de services pour assurer que les différents services Ethernet fonctionnent de manière interopérable à travers différents réseaux.
- **Certification** : Il propose des programmes de certification pour garantir que les produits et services respectent les normes définies, ce qui assure la qualité et la fiabilité.
- **Promotion de l'adoption** : L'organisation promeut l'utilisation de l'Ethernet de niveau opérateur pour les entreprises et les opérateurs de télécommunication en démontrant ses avantages.

This Presentation

MEF 4

Metro Ethernet Network Architecture Framework

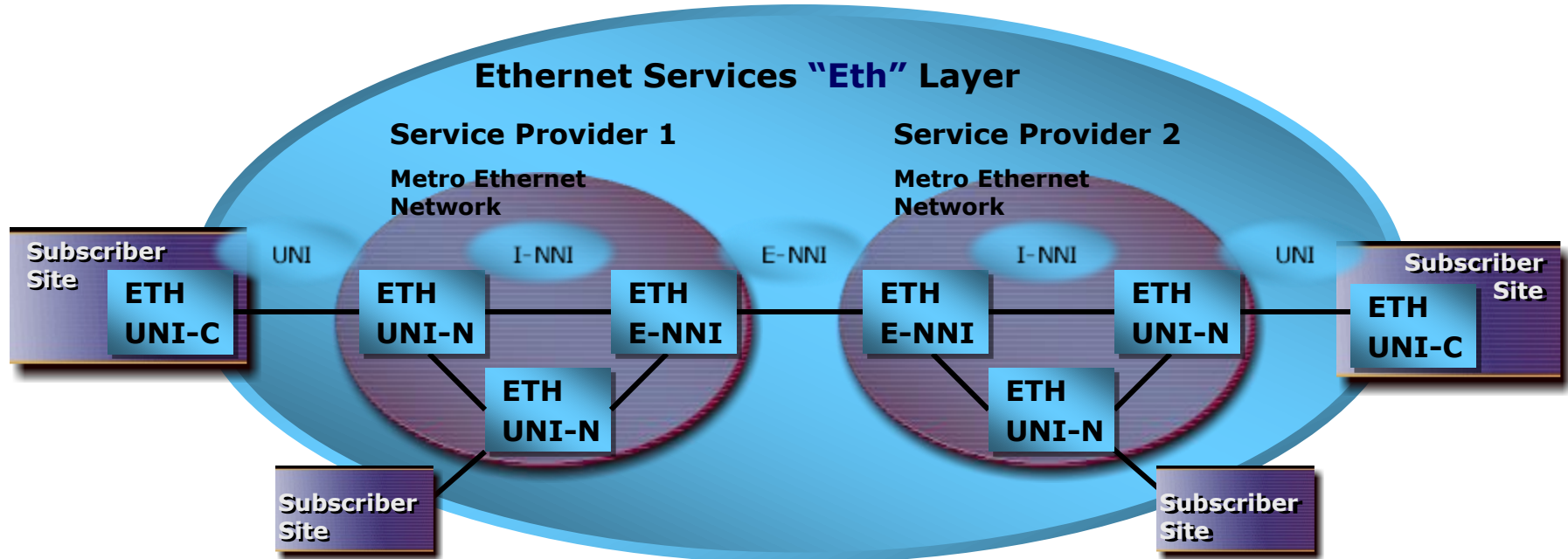
Part 1: Generic Framework

Purpose

Introduces the framework and terminology for the services (Eth) layer and provides the fundamental understanding of the Carrier Ethernet architecture

Audience

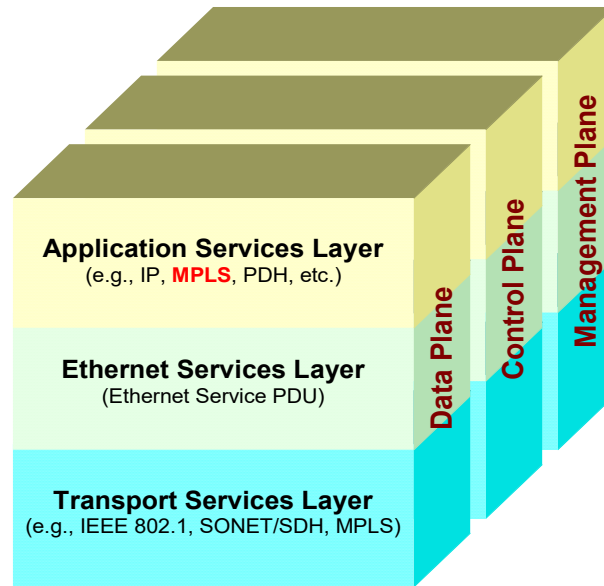
Equipment Manufacturers, Service Providers & Enterprises



UNI: User Network Interface, UNI-C: UNI-customer side, UNI-N network side

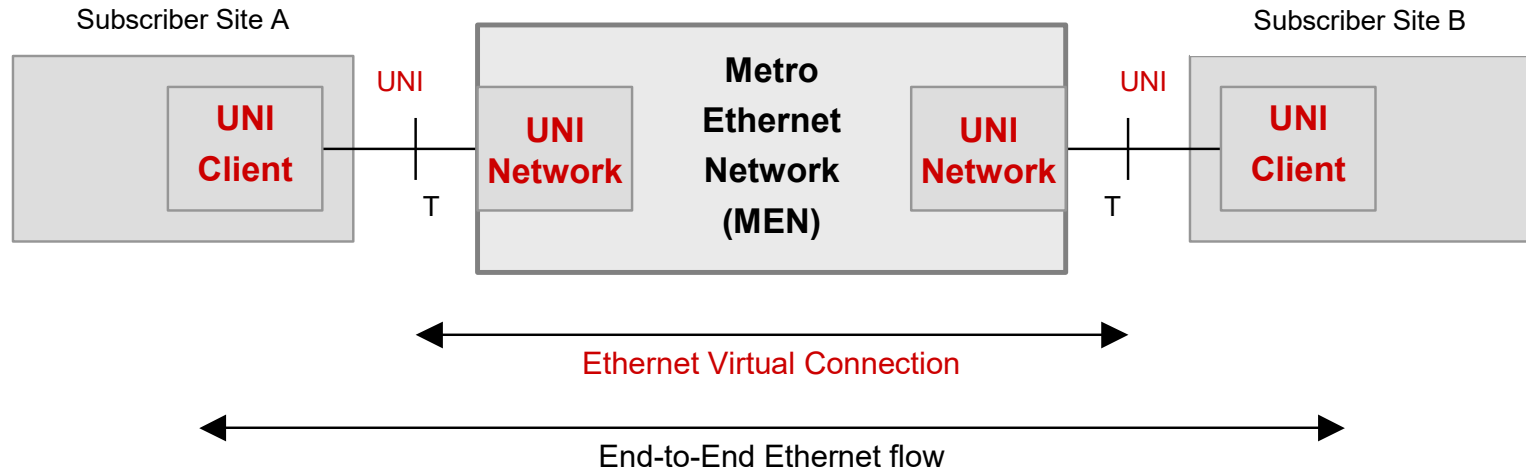
NNI: Network to Network Interface, E-NNI: External NNI; I-NNI Internal NNI

MEN Layer Network Model



- APP Layer, supports applications carried on Ethernet services across the MEN.
- Ethernet Services Layer (ETH Layer) is responsible for the instantiation of Ethernet MAC oriented connectivity services and the delivery of Ethernet service frames.
- The Transport Layer (TRAN Layer), supports connectivity among ETH layer functional elements in a service independent manner. Various layer network technologies and interconnect approaches may be used to support the transport requirements for the Ethernet services layer.

The UNI and the MEN Reference Model

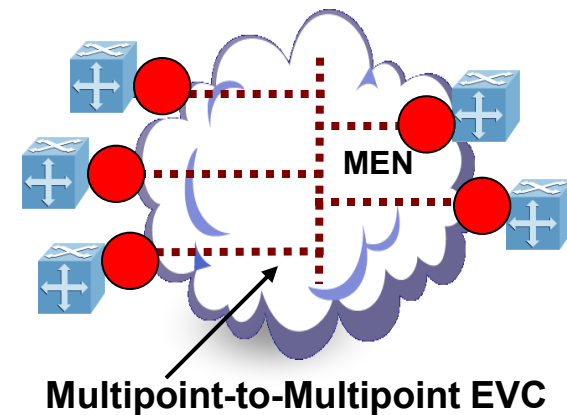


- Functionally the UNI is an asymmetric, compound functional element
- consists of a client side, referred to as the UNI-C, and a network side, referred to as the UNI-N
- The term UNI is used to refer to these two functional elements, and generically, to the data, management and control plane functions associated with them.

Ethernet Virtual Connection (EVC)

- An EVC is “an instance of an association of 2 or more UNIs”
- EVCs help visualize the Ethernet connections
 - Like Frame Relay and ATM PVCs or SVCs
- MEF has defined 2 EVC types
 - Point-to-Point
 - Multipoint-to-Multipoint
 - Point to multi-point is a special case (e.g. Video broadcast)

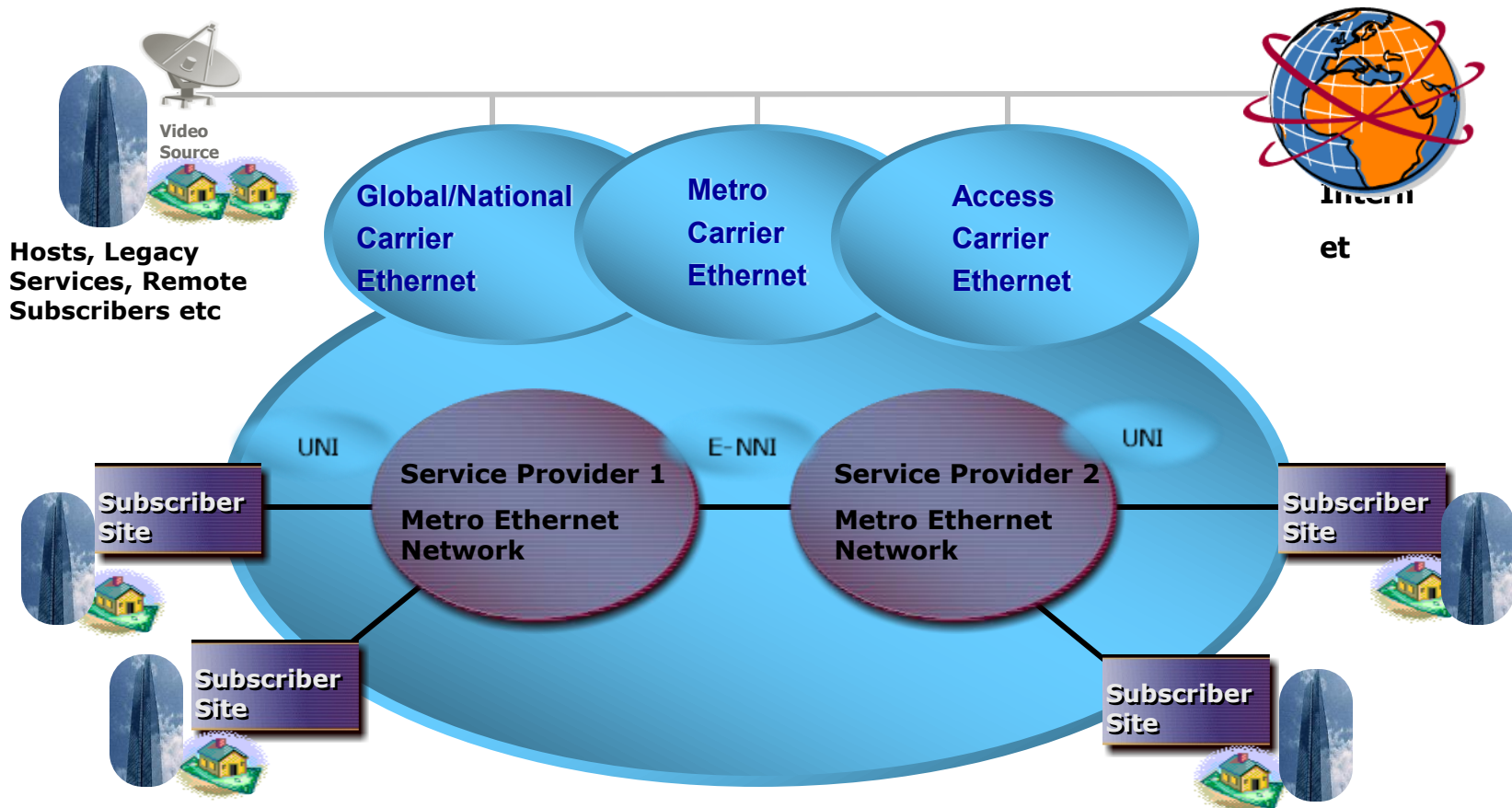
transported
over mpls



EVCs help conceptualize the service connectivity

For Full Details ...

... visit www.metroethernetforum.org
to access the full specification



Un aspect intéressant:

Swisscom Ethernet Service Facts & Figures

Caractéristiques standards

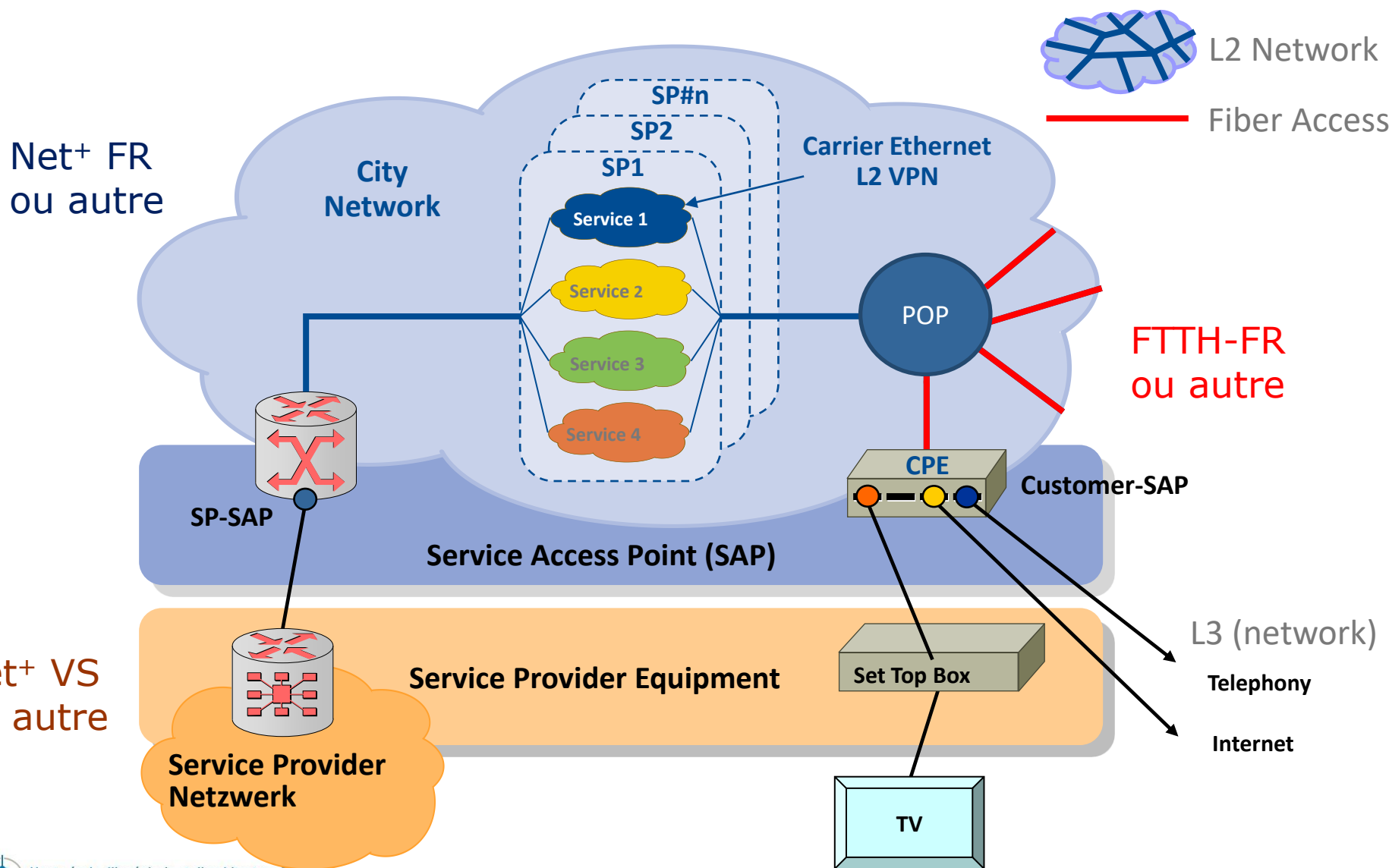
Bandes passantes Access	2, 4, 10, 20, 30, 50, 100, 200, 300, 500, et 1000 Mbps (10 Gbps sur demande)
Connectivité	E-LAN: Ethernet VPN (connexions multipoint à multipoint) E-Line: EPL et EVPL (connexions point à point)
Transparence	Transparence totale Layer 3
Service Multiplexing	Plusieurs VLAN possibles par accès physique
Types de frames supportés	Unicast, Multicast et Broadcast
Class of Service	Les classes Bronze, Gold, Silver et Platinum sont disponibles
Protocoles de réseau	Protocole Layer 2 Ethernet IEEE 802.3 (adressage MAC)
Interfaces LAN	Ethernet 100 Base TX et 1000 Base T/SX/LX
Adresses MAC	5 adresses MAC par VLAN et Access en standard, jusqu'à 100 en option

Service Management

Service Level Agreement	Disponibilité du service définie par contrat, helpdesk (24h/24), monitoring, fault management, disponibilités garanties et attestées avec règlements de dédommagement financier selon SLA (Service Level Agreement)
Service Level	Pour les Basic Services: réactif; pour les Premium Services: proactif
Réception des dérangements	7 × 24 h
Support Level	3 niveaux au choix jusqu'au Full Support 24h/24 (lundi à dimanche)



Solution technique pour un réseau à accès ouvert

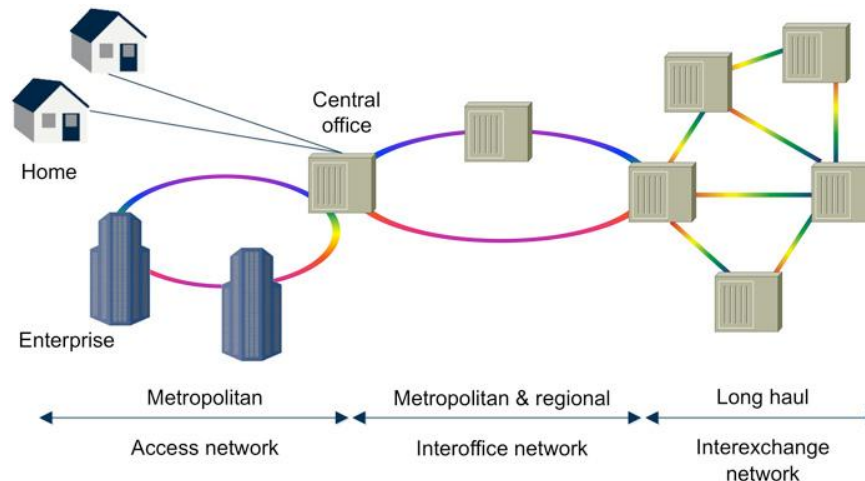


5. Topologie

- Les topologies sont en évolution.
- Traditionnellement le réseau métro a été construit en anneau.
- Ceci est dû à la nature d'Ethernet (avec un segment ouvert).
- Un changement progressif a actuellement lieu vers des réseaux (partiellement) **maillé** ou en **double étoile** grâce à d'autres technologies comme MPLS-TP, GMPLS, MP λ S, ASON
- Cette évolution s'accompagne d'une «fusion-intégration» des couches 1 à 2.5.

Le métro est habituellement construit en anneau

The **long haul** network interconnects different regions and countries, often covering distances of 1000's of kilometers. Such long distances between nodes require amplification and regeneration of the transmitted optical signals. From a topology perspective, the long haul network is normally designed as a **mesh of alternative links** between important cities/hubs, each link being implemented with multiple fiber pairs.



The **metro network** consists of interconnections between central office locations in a large city or cities in a region. Normally it also comprises the links to **mobile** cell sites, large **enterprise** users and **industrial** campuses. Protection switching is normally required from a reliability point of view, so metro networks are sometimes meshed but more often built as **rings** to save on fiber deployment costs. The ring allows an alternative route towards the central office node “in the other direction”, should the fiber accidentally be cut.

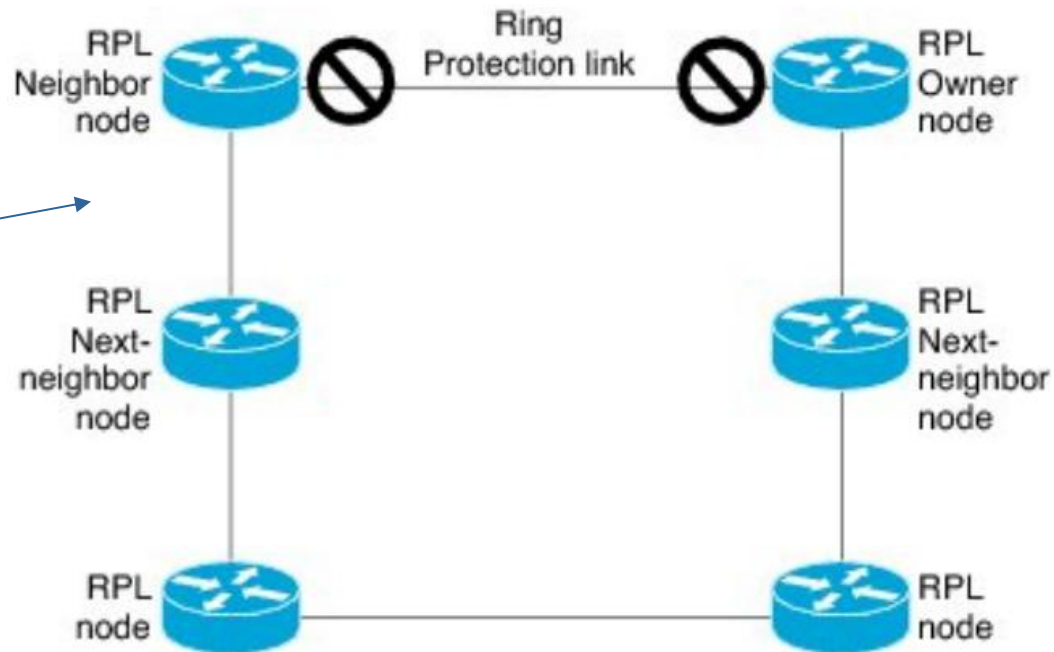
Source transmode tutorial: <http://www.transmode.com/en/technologies/wdm-the-transmode-way/wdm-the-transmode-way-html/1-optics-and-communications>

Design de base proposés (cisco)

About ITU-T G.8032 Ethernet Ring Protection Switching

Ring Protection Links

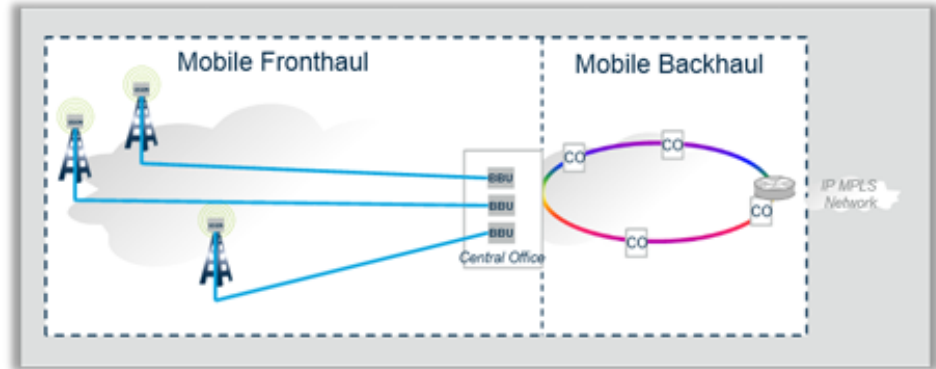
An Ethernet ring consists of multiple Ethernet ring nodes. Each Ethernet ring node is connected to adjacent Ethernet ring nodes using two independent ring links. A ring link prohibits formation of loops that affect the network. The Ethernet ring uses a specific link to protect the entire Ethernet ring. This specific link is called the Ring Protection Link (RPL). A ring link is bound by two adjacent Ethernet ring nodes and a port for a ring link (also known as a ring port). There must be at least two Ethernet ring nodes in a Ethernet ring.



*fonctionne en Layer 2
malgré les «icônes»*

Mobile Backhaul

- Mobile backhaul is part of the metro network.
- Challenge: Mobile Network requires **synchronization**.
- Poor synchronization has a negative impact on network performance and results in a less efficient radio interface, poor performance for data traffic and dropped calls.
- Network operators spend considerable time and money on achieving good synchronization at all cell sites and a mobile backhaul network with the best possible synchronization support can produce savings in both of these areas.

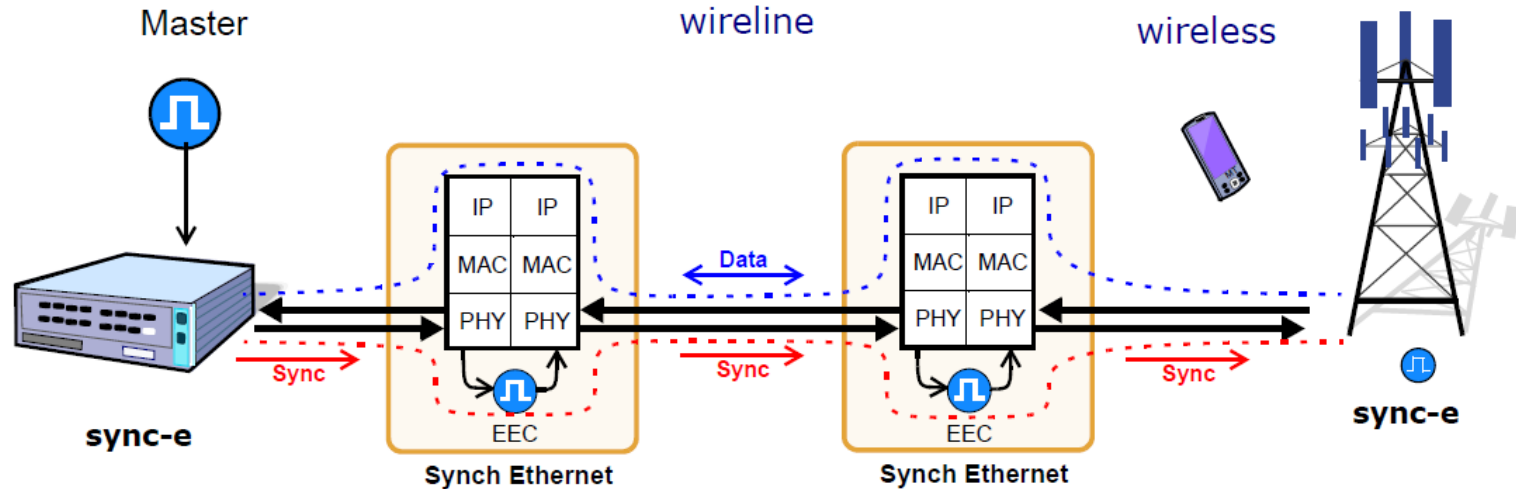


Application	Frequency	Phase
GSM/UMTS/W-CDMA	16 ppb / 50 ppb	None
UMTS / W-CDMA Femtocells	n/a / 250 ppb	None
CDMA2000	16 / 50 ppb	± 3 to $10 \mu\text{s}$
TD-SCDMA	16 / 50 ppb	$\pm 1.5 \mu\text{s}$
LTE (FDD)	16 / 50 ppb	None
LTE (TDD)	16 / 50 ppb	$\pm 1.5 \mu\text{s}$
LTE-A MBSFN	16 / 50 ppb	± 1.5 to $32 \mu\text{s}$
LTE-A eICIC	16 / 50 ppb	± 1.5 to $5 \mu\text{s}$
LTE-A CoMP (Network MIMO)	16 / 50 ppb	$\pm 1.5 \mu\text{s}$ to $\pm 500 \text{ ns}$

Table 1. Frequency and Phase synchronization requirements.

Ethernet is de facto not synchronized !

Solution de synchronisation: SyncE...



- **Synchronous Ethernet**, plus connu sous l'acronyme **SyncE** est un standard de l'[UIT](#) pour les [réseaux informatiques](#) qui facilite le transfert de signaux d'horloge sur la [couche physique Ethernet](#). Ce signal peut alors être relié de manière fiable à une [horloge réseau](#) (source Wikipedia).
- **Un défaut de SyncE est qu'il transporte le signal d'une seule horloge.** De nouvelles solutions ont été brevetées qui supportent de multiples signaux de "synchro" indépendants sur une longueur d'onde* ce qui est un avantage dans un environnement Wholesale (SCS, sunrise + Salt).

(*) Patented Layer 1 Sync with multiple sync domains per wavelength of Transmode:

Transport of transparent synchronization within a framed WDM wavelength using muxponders, that support multiple independent sync signals over a single wavelength. This is particularly useful in a wholesale environment where an operator may need to support many wireless operators with differing sync strategies and clocks.

Intégration fonctionnelles de plusieurs couches → une plateforme de transport

- Vision en un couche réunie du Layer 1 à MPLS (2.5)

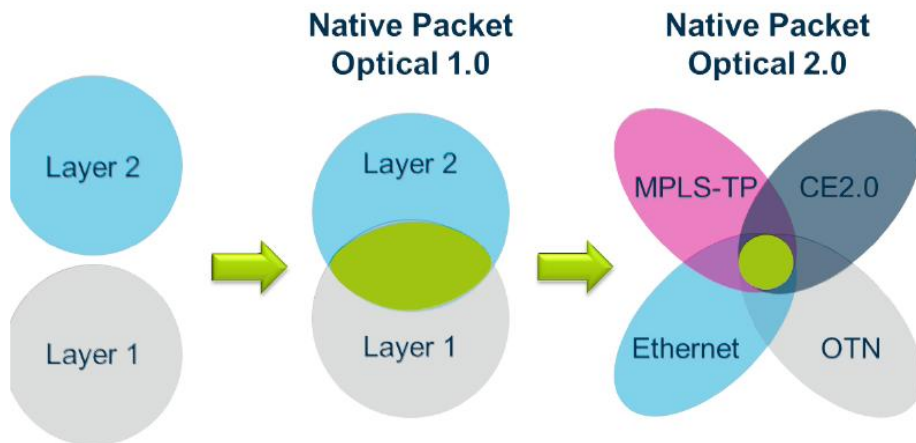
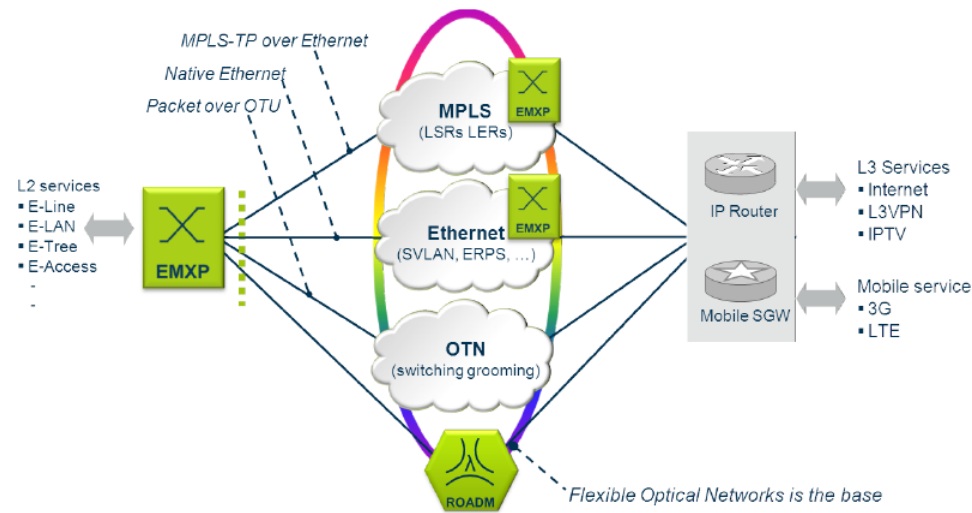


Fig. 2 Native Packet Optical 2.0 is built on an integrated Layer 1 and Layer 2 platform and supports MPLS-TP, CE2.0 and OTN.



6. Evolution du trafic

Metro networks are the new center of traffic growth. Today, metro network traffic is already growing faster than backbone network traffic. Looking ahead, consumer, cloud and business traffic will increase the strain. After **Alcatel-Lucent Bell Labs** the traffic volumes in **metro networks** grew by **560%** between 2015 and 2017 due to

- A 9-fold growth of the **Mobile broadband** traffic
- A 4-fold growth of the Internet and **cloud** traffic
- A 3-fold growth of the Business and data center interconnect traffic
- With video being the 65% of all consumer traffic

The growth in metro network traffic is almost twice as high as that of backbone traffic of 320%.

Why ? Due to the cloud: application and cache **servers** are integrated at the **metro-core edge**.

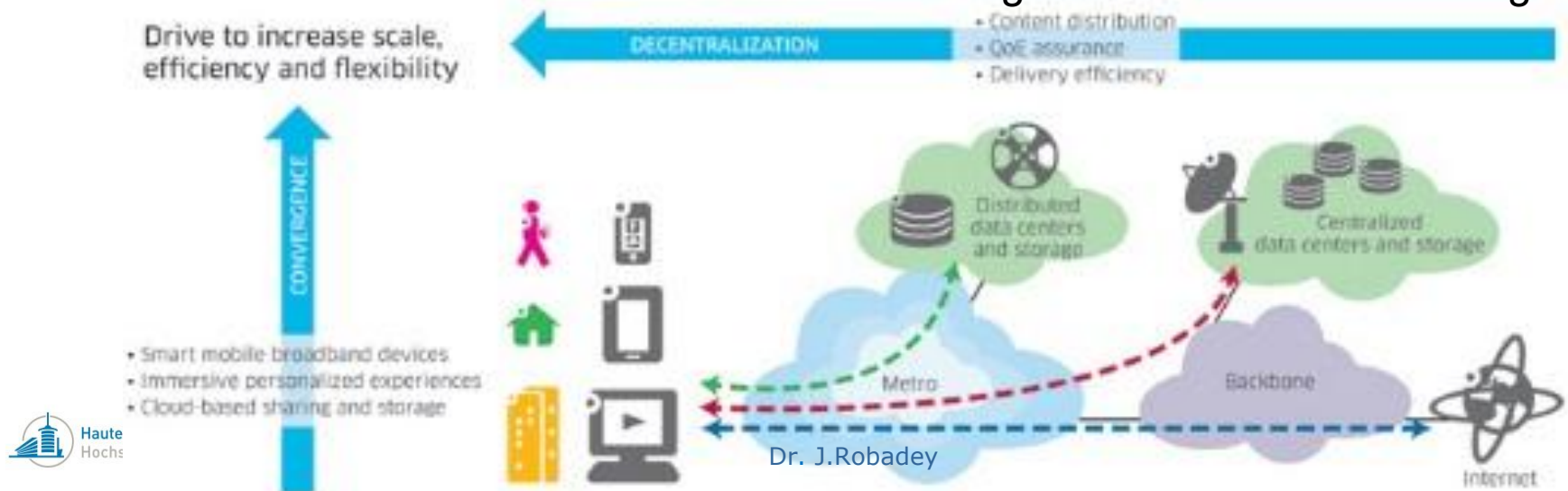
source: <https://www.nokia.com/blog/case-metro-core/>

Le réseau métro s'adapte à l'évolution du trafic par l'intégration de data centers

Enterprises, web scale companies and network providers are all making huge investments in data center equipment. Metro networks provide much of the connectivity and bandwidth needed to interconnect all of these data centers for cloud computing and storage.

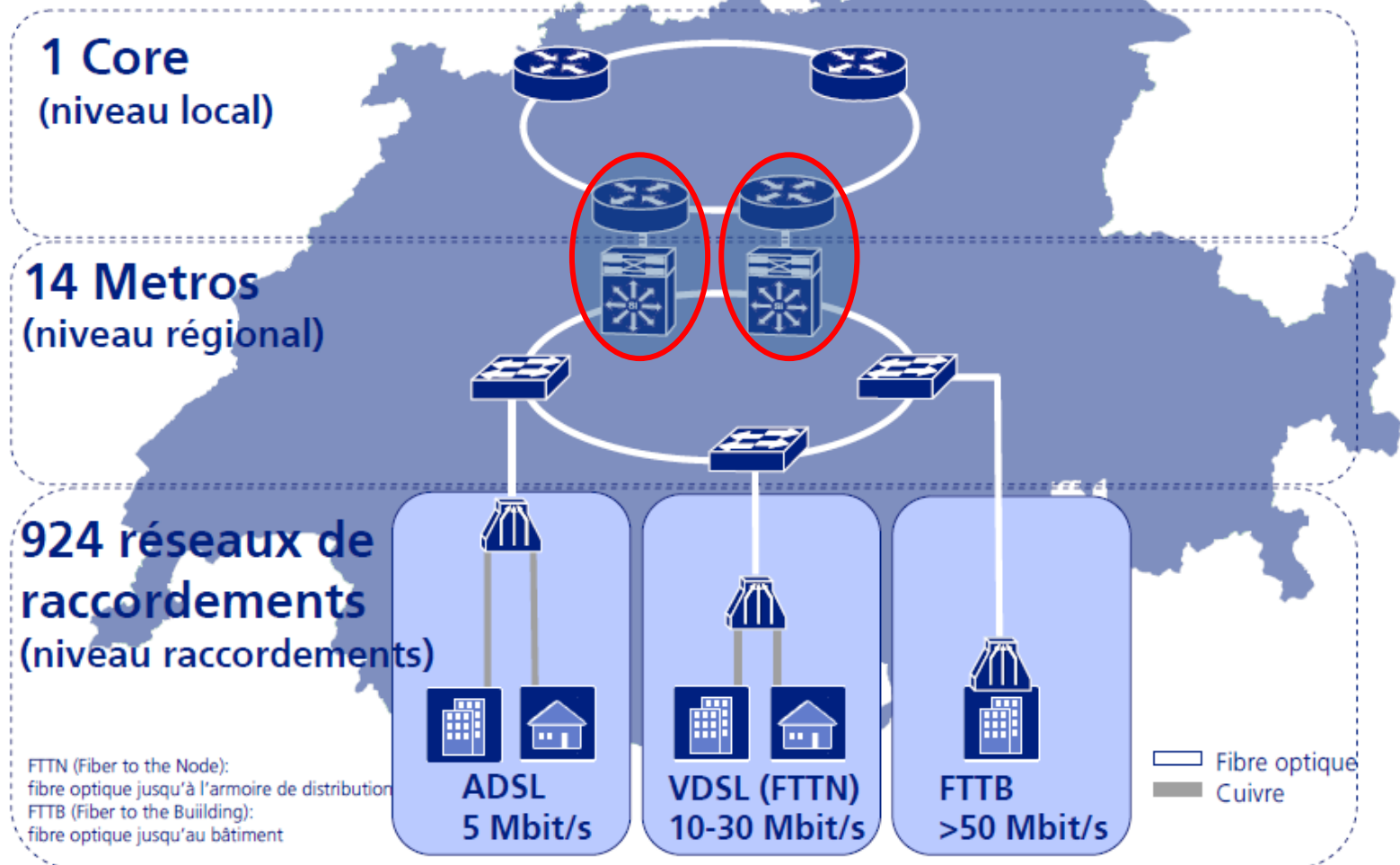
In addition to traffic growth, two advances in network design drive the need to converge metro networks:

- IP edge functionality, content storage and **data center** server capacity are being **decentralized**.
- Access and backhaul infrastructures are being consolidated and converged.

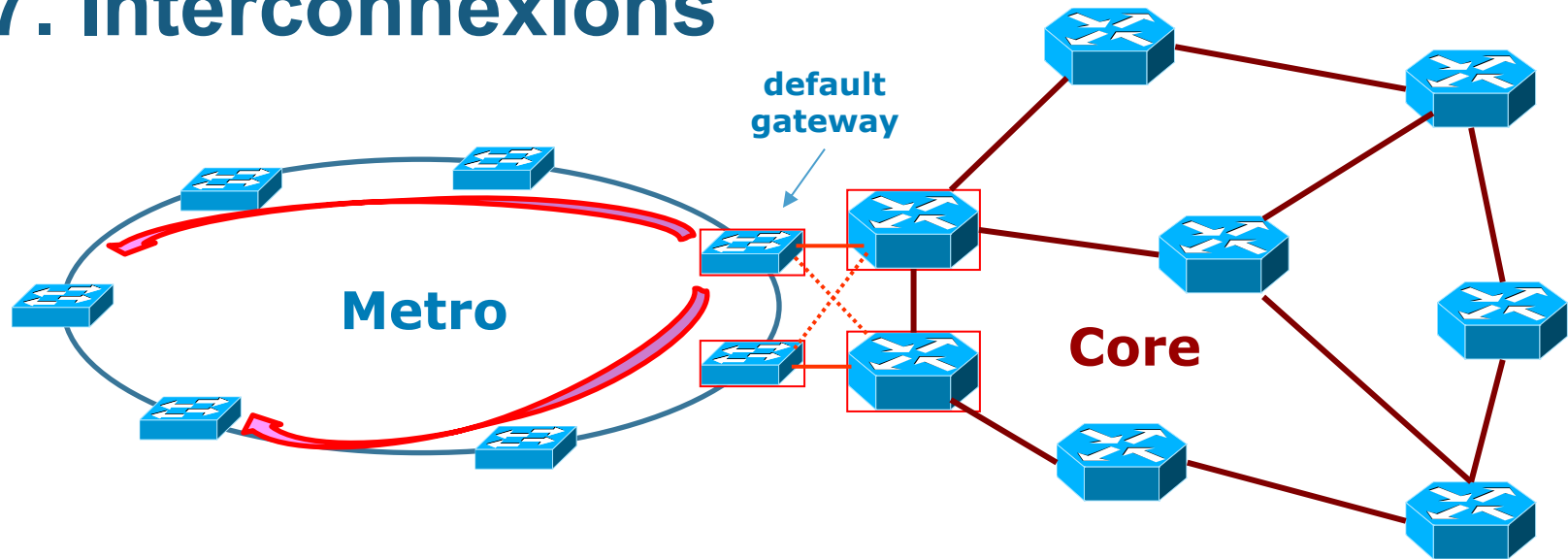


7. Interconnexions

Exemple de SCS

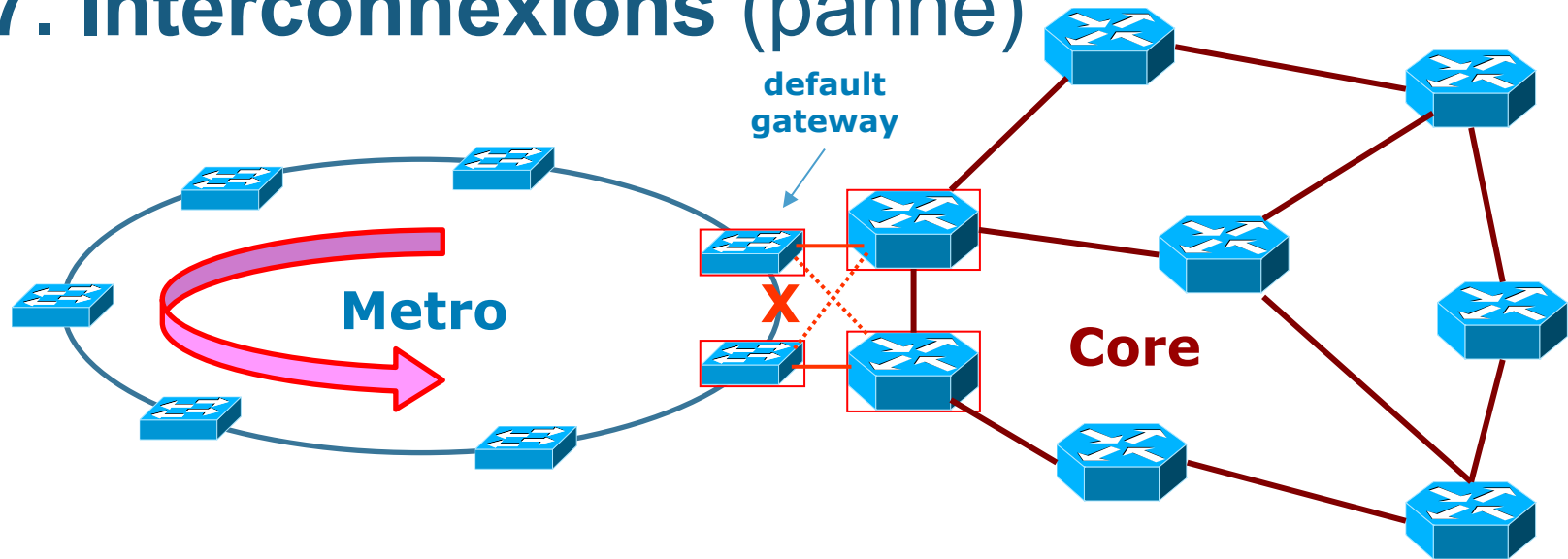


7. Interconnexions



- Les **deux points d'interconnexion** sont souvent dans la même agglomération.
 - Les réseaux métro et core sont en général indépendants et les pannes se résolvent séparément
- simplicité avec des «metro rings» mais perte d'efficacité !

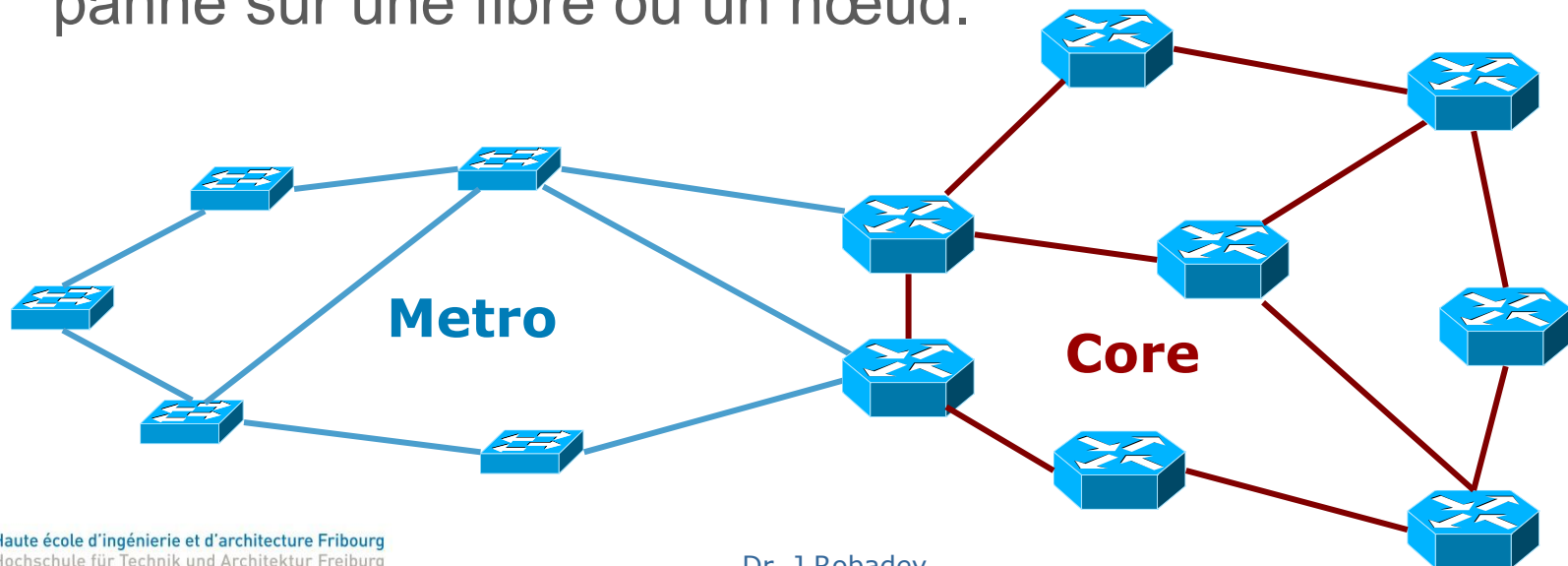
7. Interconnexions (panne)



- Les **deux points d'interconnexion** sont souvent dans la même agglomération.
 - Les réseaux métro et core sont en général indépendants et les pannes se résolvent séparément
- simplicité avec des «metro rings» mais perte d'efficacité !

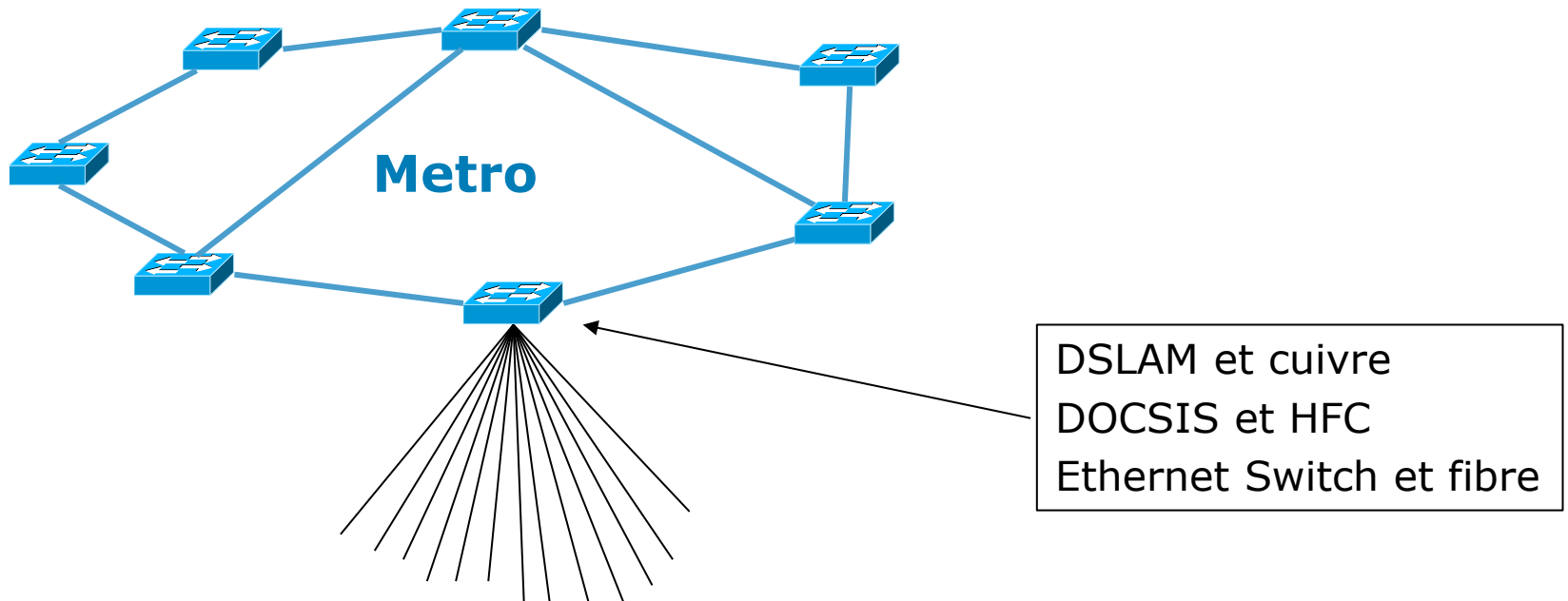
Interconnexions (II)

- Les anneaux métro ne sont pas efficaces → réseau maillé.
- Il est préférable d'avoir des points d'interconnexion dans des agglomérations voisines et de créer le métro entre deux agglomérations.
- Pour les deux points précédents, une gestion commune des réseau core et métro est préférable: définition des routes optimales end-2-end et reroutage optimal en cas de panne sur une fibre ou un nœud.



Interconnexion à l'accès

- Le métro a une topologie en anneau ou maillée.
- L'accès a une topologie en étoile.



Remarque: la redondance va jusqu'au métro

Conclusion

- Le métro est principalement construit sur les couches optiques jusqu'à la couche 2.5: «**optical Ethernet**» avec **(G)MPLS**.
- Le Metro Ethernet Forum: **MEF** est la principale organisation de standardisation du réseau métro.
- Le MEF définit des **EVC**: «Ethernet Virtual Connections» qui utilisent le réseau métro pour relier des clients externes.
- Les Metro-Ethernet peut servir de réseau de transport pour des fournisseurs de service (service provider): modèle réseau d'accès ouvert.
- Dû au développement du **Cloud** et à l'intégration croissante de Data Centers dans le métro, **le métro = le segment qui croît le plus.**
- Le métro utilise habituellement des topologies en anneaux séparées fonctionnellement du core. Il doit évoluer vers des réseaux **maillés avec WDM** gérés **conjointement** avec le core.

Merci de votre attention !

jacques.robadey@hefr.ch
HES-SO//Fribourg - EIA-FR

