



BASES DE PLANIFICATION : TOPOLOGIE PHYSIQUE ET LOGIQUE

1. INTRODUCTION

Ce laboratoire permet d'apprendre les rudiments de planification pour un réseau métro-core. Le but n'est pas de trouver la solution optimale finale (il faudrait pour cela un « gigantesque » projet), mais de comprendre quelles sont les paramètres clefs d'une planification.

Sur les 3 segments à planifier : core, métro et accès, deux sont traités dans ce TP. Il est important d'avoir une vision globale lors de la conception/planification d'un réseau, car une amélioration dans un segment pourrait simplement repousser le problème (« scalabilité » ou coût) au prochain segment. La planification de deux segments de réseau permet d'éviter ce problème.

Sur les 3 couches OSI à planifier pour l'architecture d'un nouveau réseau, 2 sont traitées dans ce TP : la couche 3 : IP et la couche 1 : optique. De la même manière l'optimum des 2 couches travaillant ensemble est central et non pas l'optimum pour une seule couche « isolée ».

2. OBJECTIFS

Le but de ce TP est d'acquérir une vue d'ensemble des problématiques du métro et du core network au niveau architectural et topologique.

Différentes solutions topologiques sont proposées ; elles doivent être analysées et comparées. Dans ce contexte les aspects techno-économiques jouent le rôle primordial. Les facteurs « coûts clefs » doivent être déterminés pour pouvoir définir la (les) solution(s) la (les) plus économique(s).

Comme l'ensemble du réseau est à considérer, le travail doit être vu comme celui d'un architecte qui planifie une maison (paper and calculation work) et non comme celle d'un maçon qui construit un mur (montage et test d'une partie de réseau).

3. RÉSEAU DE BASE

La Suisse est très schématiquement modélisée dans la Figure 1 comme un rectangle de 300 x 200 km. Dans cette surface 8 régions de 20 x 20 km et une de 25 x 25 km correspondent aux 9 principales agglomérations. Le reste du pays est considéré comme peu habité : Montagnes, Campagnes, Lacs (20% de la population).

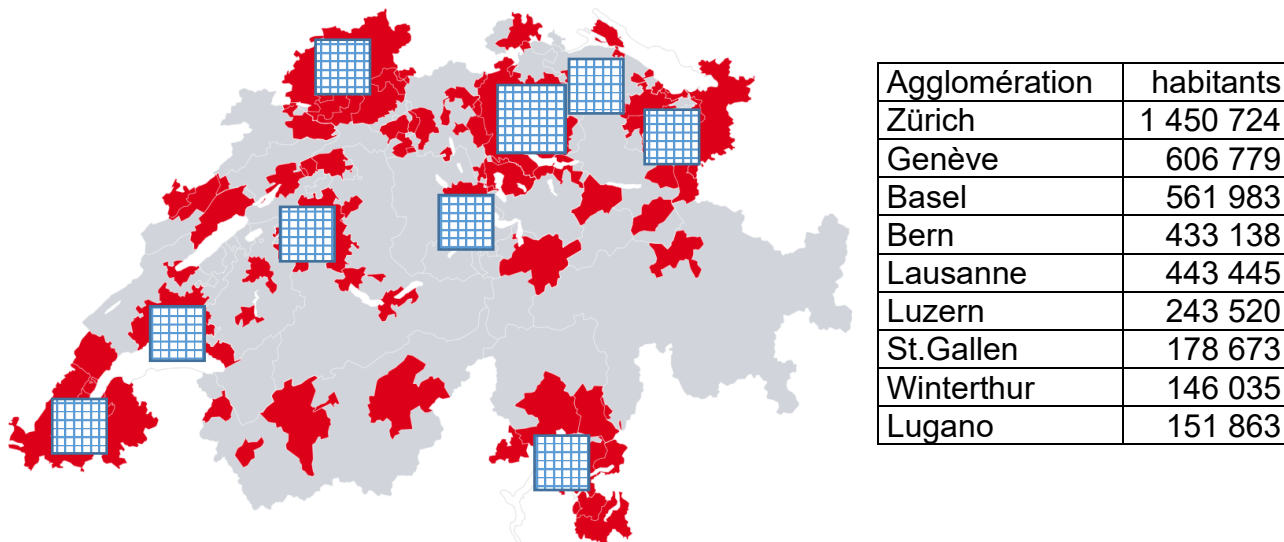


Figure 1 : schéma global de la Suisse avec les statistiques des agglomérations à droite.

<https://www.dashboard-agglomeration.ch/fr>

3.1. Planification Core (full layer 3)

Prenez le Template Excel avec les coordonnées des 9 plus grandes agglomérations suisses. Dans ces 9 agglos, il y aura un nœud de Core. Planifiez 8 différentes topologies de réseau Core en optimisant si possible la redondance :

1. Anneau
2. Double anneau (la coupure de l'anneau primaire comprend **au minimum 2 segments**)
3. Arbre à trois branches avec centre à ZH
4. Etoile avec centre à ZH
5. Double-Etoile avec centres à LS et ZH sans connexion directe LS-ZH
6. Maillé en losanges
7. Maillé en triangles
8. Fully meshed

P1. Construire 8 topologies : Utiliser le template Excel pour faire un graphique des réseaux et pour calculer les longueurs fibrées des différentes topologies. Notez que pour chaque connexion une paire de fibre est utilisée et que pour chaque 60 km un amplificateur optique est nécessaire. Conseil : Faites le schéma sur une feuille en papier pour les 8 topologies.

P2. Calculer le **coût des solutions réseaux** avec les informations du Tableau 1. Faites le calcul total pour l'anneau, le double anneau, l'étoile et la double étoile et indiquez le détail du calcul avec une table des différents éléments de coûts. Comme le réseau est basé sur des routeurs interconnectés, il n'y a pas d'OADM.

Facteur de coût		Coûts (CHF)
Fibre avec coût du tracé/km		2'000
nœud core	infrastructure de base	10'000
	interfaces 100Gb avec IP pour un lien	60'000
Amplificateur optique		10'000
OADM (1 à 4 lambda)		500

Tableau 1 : coûts du réseau core.

Tous les 60 km un ampli optique est nécessaire.

3.2. Planification Core : topologie mixte avec double anneau optique supportant une double étoile IP.

P3. a) Prenez le (double) anneau choisi sous P1. En prenant LS et ZH comme centre, construisez une double étoile en déterminant les canaux WDM : $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4 \dots$ sur chaque segment. La même longueur d'onde λ_i ne peut être utilisée qu'une seule fois sur le même tronçon. Faites un graphique de votre réseau avec les segments physiques et l'indication des longueurs d'onde les empruntant. **ATTENTION** : pour chaque λ_i partant de ZH ou LS, il y a une interface de 100 Gb. Il faut donc calculer le nombre total d'interfaces. Dessiner les amplificateurs et les Optical Add Drop Multiplexers (OADM) de la

Figure 2) avec la (les) longueur(s) d'onde qu'ils sortent.

b) Calculer le coût total du réseau avec les OADM et les amplificateurs supplémentaires (les distances optiques ont augmentées) et comparez-le à ceux du double anneau full IP et à la double étoile full IP (full IP veut dire topologie physique = topologie logique).

Règle pour les OADM : Pour LS et ZH, il faut 1 OADM par fibre (partante). Pour tous les autres nœuds, il faut un OADM sur la fibre où vous sortez (ou rediriger) 1 à 4 couleurs (λ).

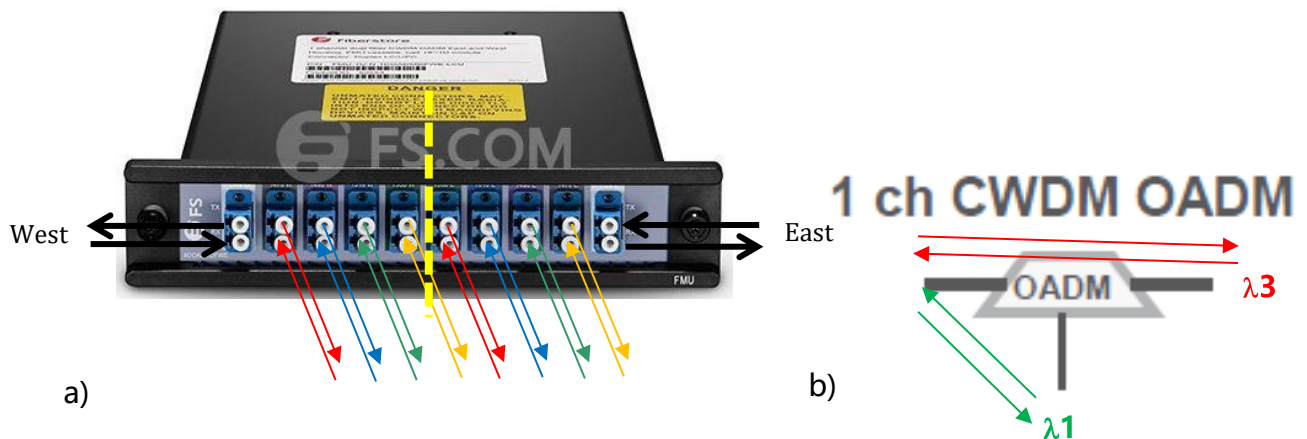


Figure 2: Optical Add-Drop Multiplexer (OADM) avec output multichannel (a) <https://www.fs.com/products/50556.html> et single channel (b)

P4. Faites un graphique (ou améliorer le graphique de P3) en dessinant la topologie physique en noir et ajouter sur la topologie physique, les liaisons logiques avec des couleurs différentes, voir Figure 3. Tirez des traitsillés verticaux depuis les nœuds et redessinez les nœuds sur une couche supérieure avec leurs liaisons logiques. Vous avez ainsi sur le même dessin les liaisons physiques et logiques avec des topologies différentes : veuillez les commenter.

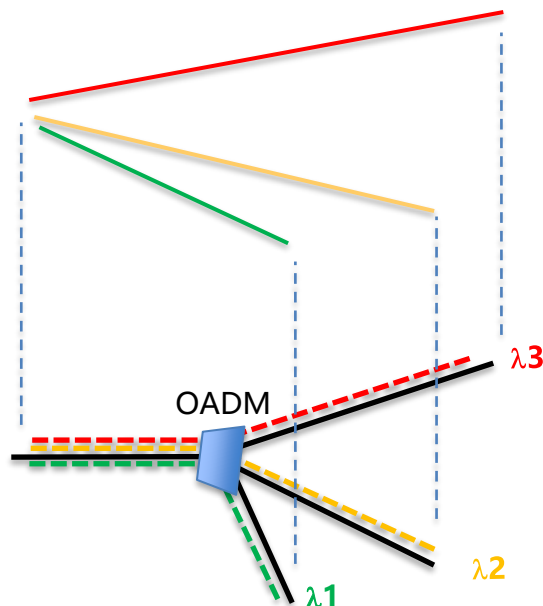


Figure 3 : Topologie physique en noir et logique en couleur. L'OADM dessiné est un OADM multicanal.

3.3. Planification Core-Metro:

Prenez la topologie double anneau du P1 et analyser 2 possibilités :

Fait nouveau : le nombre de nœuds du core est doublé : on ajoute un nœud par aggro (Figure 4a). Le réseau métropolitain est entièrement dédié à une agglomération (2 anneaux avec les nœuds entre 11 et 19 pour l'agglomération centrale). Notez que pour terminer les anneaux métro, le segment 11-12 doit être utilisé.

P5.

- 1) Veuillez calculer le coût du métro d'une aggro. La redondance des connections metro vers le core est nécessaire. La figure 4 correspond à une agglomération + 2 demi-agglomérations. Il faut donc uniquement prendre l'agglomération centrale pour trouver le coût d'une région métro.
info : Le coût du réseau métro inclut les fibres supplémentaires nécessaires (calculez leur longueur), les nœuds métro avec leur coût de base et le coût des interfaces 10Gb et les OADM s'ils sont nécessaires. Vous pouvez utiliser les fibres du core.
- 2) Veuillez calculer le coût de tous les réseaux métro réunis : c'est-à-dire multiplier par 9 pour prendre en compte toutes les agglos.
- 3) Veuillez aussi calculer le coût du core double étoile WDM sur un double anneau (de P3b) avec les doubles nœuds core par métro et l'additionner au metro pour trouver le coût total du réseau.

P6. Contrairement au P5, les nœuds de core sont uniquement les 9 donnés. Le métro est construit par des liens entre les nœuds core de deux 2 agglomérations voisines (Figure 4b). Le coût d'un métro correspond à la liaison entre 2 agglomérations (lier depuis le nœud 11 tous les nœuds métro jusqu'au nœud 21). Vous pouvez construire les liens comme vous voulez par exemple en faisant une seule liaison Est-Ouest, en faisant deux liaisons une passant par le Sud, l'autre par le Nord ou en faisant trois liaisons. Vous pouvez utiliser les fibres du core en mettant des OADMs ou en ajoutant les fibres nécessaires.

Comme pour P5, le coût du métro inclut les fibres supplémentaires nécessaires, les nœuds métro avec leur coût de base et le coût des interfaces 10Gb et les OADM s'ils sont nécessaires. Veuillez calculer le coût du métro, du core en double étoile WDM sur double anneau (de P3b) et le coût total pour cette configuration.

Les facteurs de coût clefs pour le métro sont donnés au Tableau 2.

facteur de coût		Coûts (CHF)
Fibre avec coût du tracé/km		2'000
nœud métro	infrastr. de base	3'000
	interface 10Gb avec IP	8'000
Amplificateur optique		10'000
OADM (1 à 4 lambda)		500

Tableau 2 : Coûts du réseau Métro. Lorsque le nœud est rouge et qu'il appartient au Core : 1, 2, 11, 12, 21, l'infrastructure de base de 3'000.- n'a pas besoin d'être comptée

Les 2 possibilités du métro sont schématisées dans les graphiques de la Figure 4 pour trois agglomérations. Les distances entre agglomérations (88km) correspondent aux distances moyennes entre agglomérations en Suisse.

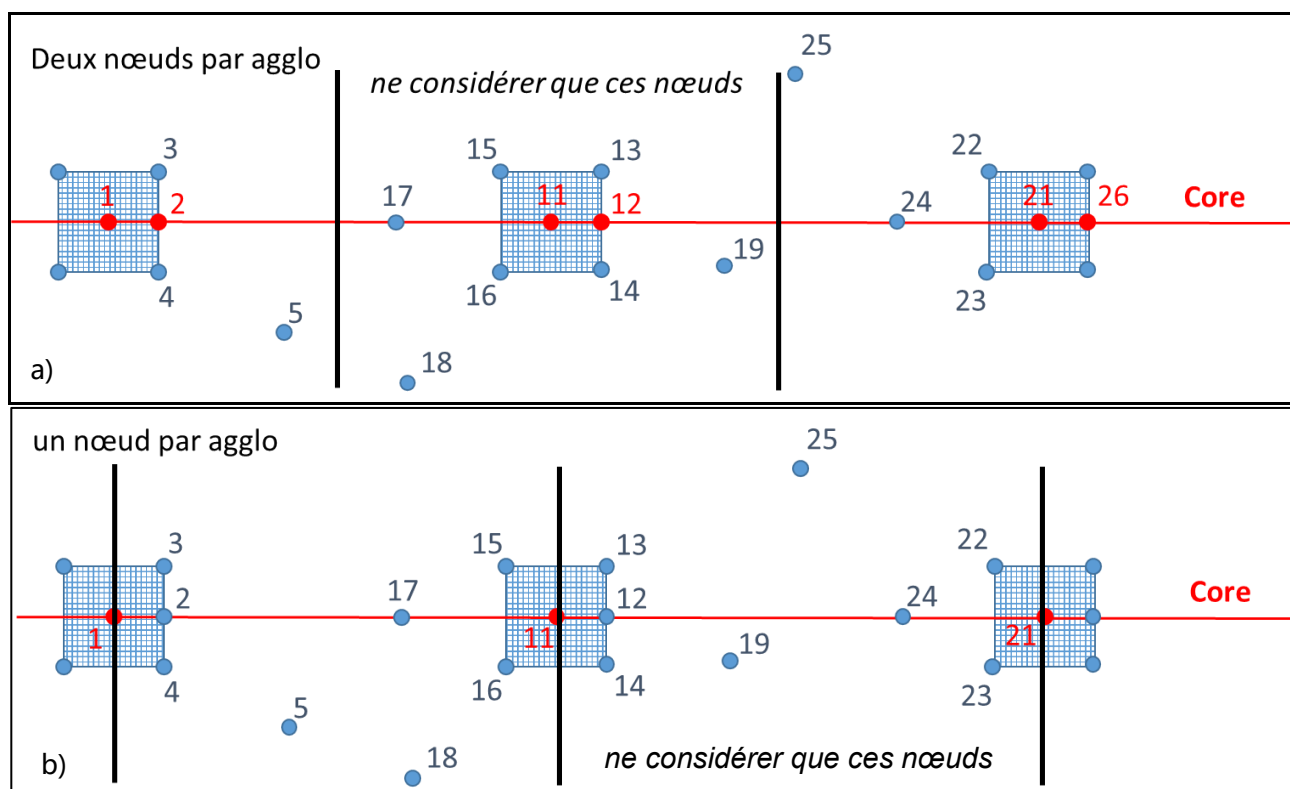


Figure 4 : Schéma du métro pour 3 agglomérations.

a) avec deux nœud core par grande ville et b) avec un nœud core par grande ville. Notez qu'un point rouge correspond à un nœud core + un nœud métro.

Le Tableau 3 donne les numéros et les coordonnées des différents nœuds métro.

Nœud	Position Est (km)	Position Nord (km)
1	0	0
2	10	0
3	10	10
4	10	-10
5	35	-22
11	88	0
12	98	0
13	98	10
14	98	-10
15	78	10
16	78	-10
17	58	0
18	60	-32
19	123	-9
21	176	0
22	166	10
23	166	-10
24	157	0
25	137	29

Tableau 3 : Coordonnées Est et Nord des nœuds métro

P7. Entre les 2 topologies métro-core, quelle est la topologie optimale ? Pourquoi ? Les gains économiques sont-ils liés à une perte de qualité/fiabilité du réseau. Justifiez votre réponse.

4. RÉFÉRENCES / DOCUMENTATIONS

- [1] Support de cours
- [2] Documents et liste de prix ericsson

5. TEMPS À DISPOSITION ET RAPPORT

La séance dure 4 périodes. Un rapport doit être rendu au plus tard 7 jours après le TP.