



Haute école d'ingénierie et d'architecture Fribourg
Hochschule für Technik und Architektur Freiburg

Conception, déploiement et exploitation de réseaux.

7. Conception de l'accès.

C'est un sujet d'actualité

Carte FTTH

https://map.geo.admin.ch/?topic=nga&lang=fr&bgLayer=ch.swisstopo.pixelkarte-grau&E=2590269.91&N=1200460.08&zoom=2&catalogNodes=15066,327,334,338&layers=ch.bakom.downlink300,ch.bakom.anschlussart-glasfaser&layers_opacity=0.75,0.75

La guerre de la fibre optique est déclarée à Fribourg

(la liberté 2.2.2017)



Swisscom opte pour une solution moins chère

Dans la guerre qui oppose les partisans du tout-fibre optique aux défenseurs de la fibre partielle, le géant Swisscom a choisi son camp. Le moins cher.

Si Swisscom change de stratégie en abandonnant la fibre jusqu'au domicile (FTTH – *fiber to the home*), c'est pour mieux se concentrer sur ce qu'elle appelle des «technologies de fibres optiques alternatives». En clair, le projet fribourgeois mené par FTTH FR propose de raccorder chaque domicile avec un câble de fibre optique tandis que Swisscom souhaite

désormais améliorer les performances des traditionnels fils de cuivre utilisés sur les derniers mètres de raccordement. Une solution moins coûteuse que le tout-fibre optique.

«**La demande** pour une connexion internet à haut débit est toujours plus importante. Le volume de données explose et il est donc essentiel d'y répondre en modernisant l'infrastructure haut débit de la manière la plus efficiente possible, tant au niveau des coûts qu'au niveau du temps de déploiement. Swisscom souhaite miser à l'avenir sur

un mix technologique (FTTS – *fiber to the streets* et FTTB – *fiber to the building*) qui permet de raccorder les clients deux fois plus vite pour trois fois moins cher que ne le permet la FTTH», renseigne Lauranne Peman, porte-parole de Swisscom, qui précise que ces raccordements où la fibre optique s'arrête dans la rue ou à l'entrée des bâtiments peuvent être dans un deuxième temps prolongés jusqu'au domicile des utilisateurs.

«La technologie du cuivre est déjà utilisée depuis longtemps par les câblo-opérateurs. La seule nouveauté est

qu'il y a aujourd'hui de nouveaux équipements qui permettent de mieux tirer parti de ces fils de cuivre», décrypte Dominique Gachoud, directeur général de Groupe E. Ce dernier estime qu'il s'agit d'une stratégie à court terme qui a en outre le désavantage de proposer un réseau fermé sur lequel Swisscom conserve la main: «Le réseau cuivre est régulé. Swisscom offre en outre à ses concurrents un accès à toutes ses technologies de fibre optique à des conditions commerciales», justifie Lauranne Peman. »

5.10.2021: Tribunal Administratif Fédéral

Swisscom doit respecter les standards en matière de fibres optiques



Le TAF confirme les mesures ordonnées par la **COMCO** (Commission de la concurrence) à l'encontre de Swisscom, obligée de respecter les standards dans la construction du réseau de fibres optiques.

En février 2020, Swisscom a rendu publique sa stratégie pour le réseau de fibres optiques. Il s'agissait ainsi d'étendre ce réseau dans un délai de cinq ans des centraux de raccordement locaux aux ménages privés et aux entreprises et de relever ainsi la part des raccordements de 32 % actuellement à environ 60 %. Dans ce cadre, Swisscom qui gère seule la construction du réseau entendait appliquer une nouvelle technologie basée sur un modèle ~~P2N~~ ou **Point-Multipoint**.

Cette technologie s'écarte du standard actuel en matière de fibre optique, convenu dans le cadre de la **table ronde sur les réseaux de fibre optique organisée entre 2008 et 2012** par l'**OFCOM** (Office fédéral de la communication) avec les entreprises de télécommunication locales. Car les standards en matière de fibre optique prévoient un modèle à quatre fibres avec structure en étoile (architecture dite point-à-point ou **P2P**), dans lequel quatre fibres optiques indépendantes sont posées depuis le central de raccordement jusqu'au raccordement du client final. Ce standard doit permettre de garantir une matrice concurrentielle avec un accès dit Layer 1 qui donne également à la concurrence l'accès à une fibre optique indépendante.

29.11.2022: **Le PON en Suisse, c'est fini.**

Le Tribunal fédéral appuie les mesures provisionnelles de la COMCO

En décembre 2020, la Commission de la concurrence (COMCO) a ouvert une enquête sur le déploiement de la fibre optique (FTTH) par Swisscom et ordonné des mesures provisionnelles à l'encontre de l'entreprise. Ces dernières ont été confirmées par le Tribunal administratif fédéral en octobre 2021. Dans son arrêt du 29 novembre 2022, le Tribunal fédéral a déclaré que lesdites mesures n'étaient pas arbitraires. Swisscom prend acte de l'arrêt. Afin de contrer le blocage du déploiement de la fibre optique par la procédure.

Swisscom a pris la décision dès octobre 2022 de miser en grande partie sur la topologie point à point autorisée par la COMCO.

Arrivé ici

Contenu.

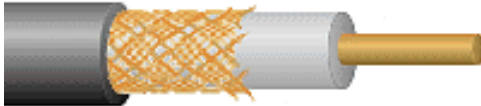
- Particularité du réseau d'accès
- Rappel historique
- Segmentation de l'accès
- Technologies des différents segments
- Facteurs important pour le choix des technologies
- Aspect de l'évolution (services et techno)
- Conception et planification du déploiement
- Conclusion

1. Particularités du réseau d'accès.

- Si l'on compare le réseau télécom au réseau routier: l'accès correspond aux routes communales.
- C'est le réseau **le plus cher** et c'est le **lien avec le client**.
- Sa topologie est une étoile (ADSL, p2p FTTH) ou une dérivée d'une étoile (VDSL, g.fast, DOCSIS, PON).
- Si les réseaux Core et Métro sont avant tout **fixes** et **optiques** (exception micro-ondes et satellites), le réseau d'accès est **fixe et «mobile»** et est basé de **multiples technologies** liées historiquement aux services:
 - paires torsadées (téléphonie)
 - câbles coaxiaux (TV)
 - fibres de verre (entreprises, clients privés seulement récemment)
 - ondes Hertziennes (téléphonie mobile)
- Il est actuellement en **déploiement ou en migration**.
- Il y a actuellement une **grande évolution** des technologies.

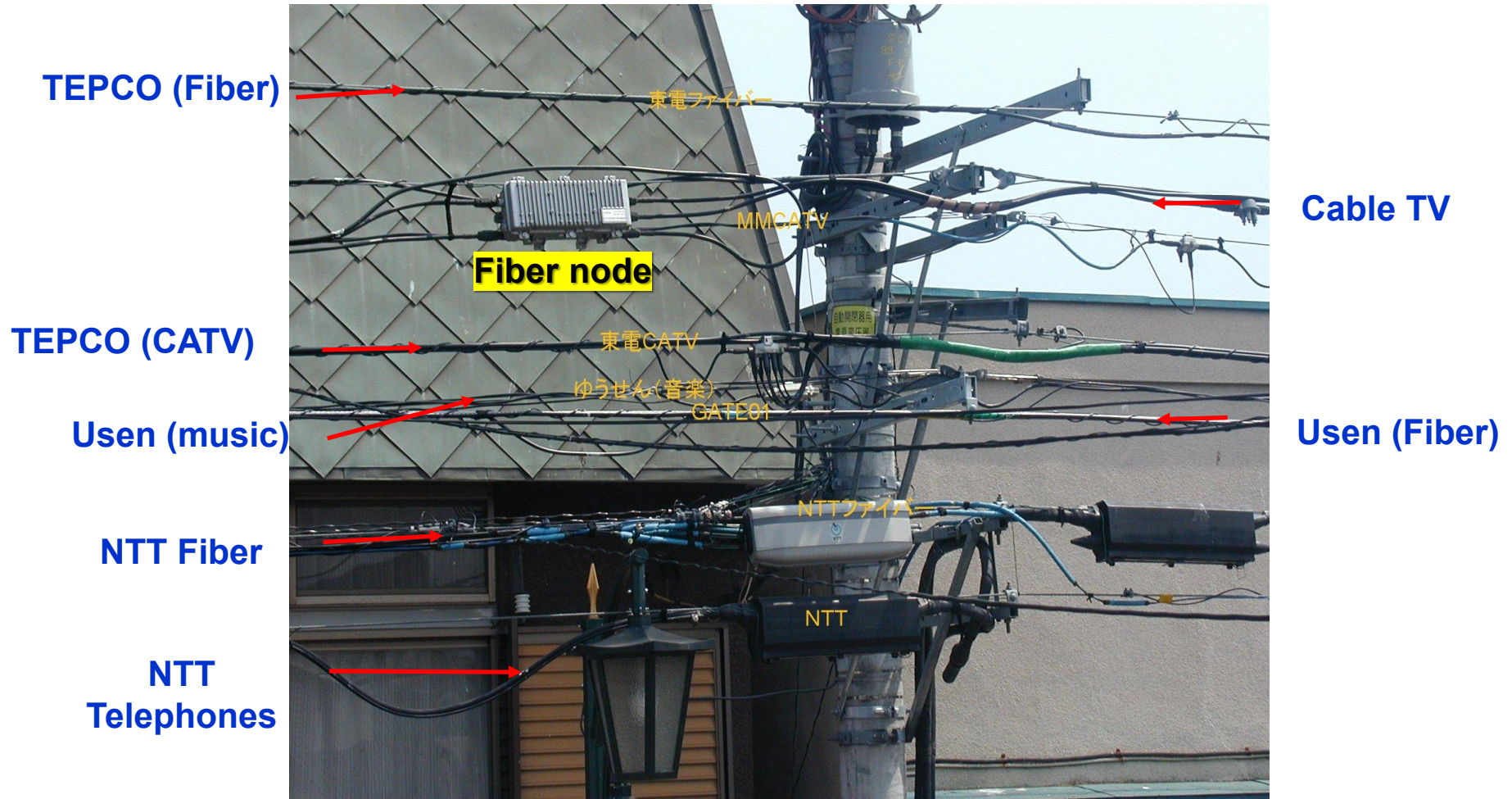
2. Rappel historique.

<https://www.swisscom.ch/fr/about/entreprise/portrait/histoire.html>

Année	Invention	Signification
1840	Télégraphe Morse	Transmission électrique avec du code Morse (<i>CH 1852</i>)
1876	Téléphone (Bell)	Communication vocale sur de grandes distances (<i>tous les canton 1896</i>)
1923	Broadcasting	Technique de base pour la communication de masse.
1929	Coax cable	Amélioration de la qualité des media.
		
1960	Laser	le physicien américain <u>Théodore Maiman</u> obtient une émission laser au moyen d'un cristal de <u>rubis</u> .
1966	Fibre optique	Fibre de verre pour des communications optiques.
1971	Semicond. laser	Izuo Hayashi et Morton Panish mettent au point le 1 ^{er} laser à semi-conducteur fonctionnant de manière continue à température ambiante.
1977	Fibre optique	1 ^{ère} liaison construite par ATT à Chicago (45 Mb/s)
1978	Natel A	mise en service du 1 ^{er} réseau partiel (Natel) analogique sur une bande de fréquence située autour de 160 <u>MHz</u> .



The view from Tokyo.



3. Segmentation de l'accès.

TO: Telecommunication
Outlet

3Play services



Home



NT

Inhouse

Access

Feeder

Drop

Central
office

Transmitter

câble

Chambre
(manhole)

BEP

4. Technologies et segments de l'accès (1).

HFC:
Hybrid Fiber Coax

Access

Feeder

Drop

Fibre

Coax Cable

Coaxial
Telecommunication
Outlet

3Play services



C
P
E
Cable
Modem

Inhouse

PT

Central
office

Transmitter

Fiber
Node

4. Technologies et segments de l'accès (2).

ADSL
only twisted pair:
4km

Access

3Play services



TO: Telecommunication
Outlet

NT

Inhouse

BEP

Central
office

Transmitter

Feeder

Drop

Chambre
(manhole)

4. Technologies et segments de l'accès (3).

FTTC

(Fiber to the Curb/
Cabinet: VDSL 750m)

Access

Feeder

Cabinet

Drop

Fibre

TO:
Telecommunication
Outlet

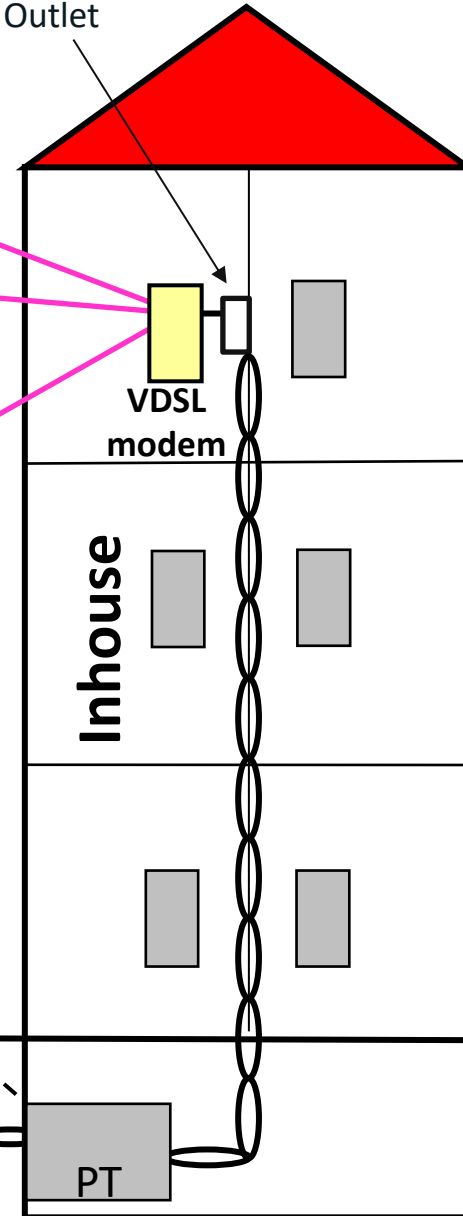
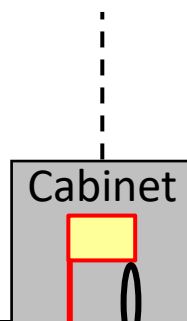
3Play services



VDSL
modem

Inhouse

PT



4. Technologies et segments de l'accès (4).

FTTS
(Fiber to the Street:
g.fast 220m)

Access

Feeder

Drop

Fibre

TO:
Telecommunication
Outlet

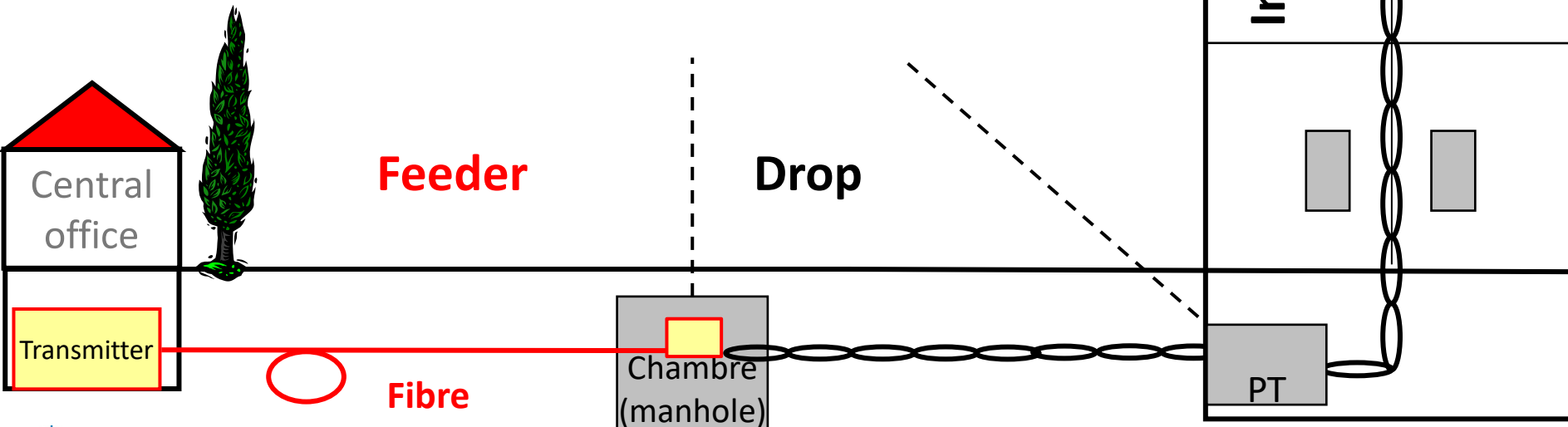
3Play services

g.fast
modem

Inhouse

PT

Chambre
(manhole)



4. Technologies et segments de l'accès (5).

FTTB
(Fiber to the Building:
g.fast)

Access

Feeder

Drop

Fibre

Central
office

Transmitter

Chambre
(manhole)

TO:
Telecommunication
Outlet

3Play services



g.fast
modem

Inhouse

BEP

4. Technologies et segments de l'accès (6).

FTTH
(Fiber to the Home)

Access

Feeder

Drop

Fibre

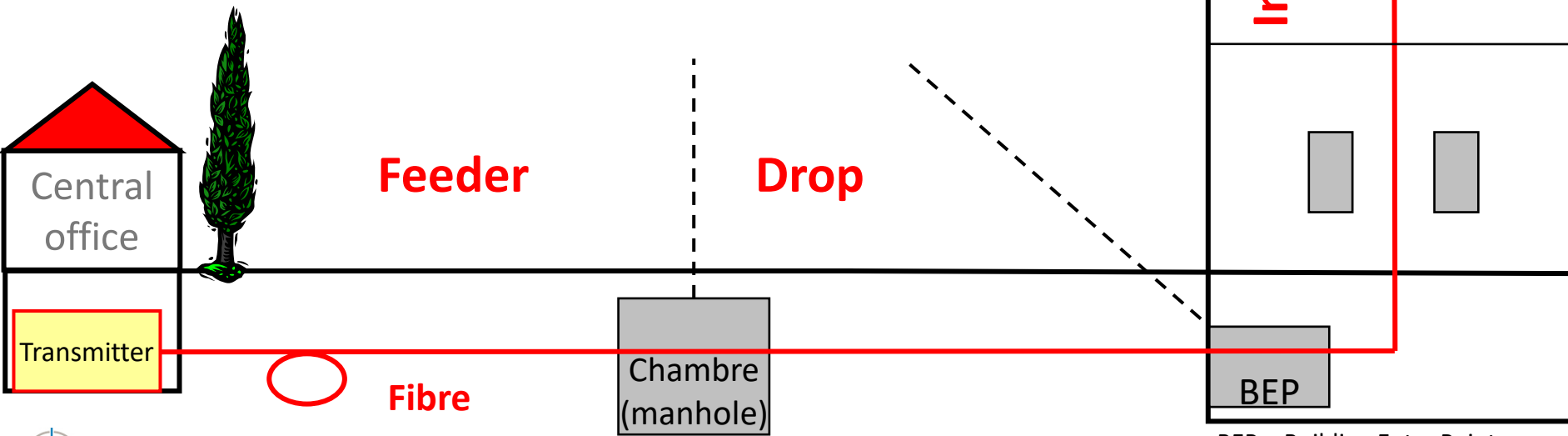
ONT

Inhouse

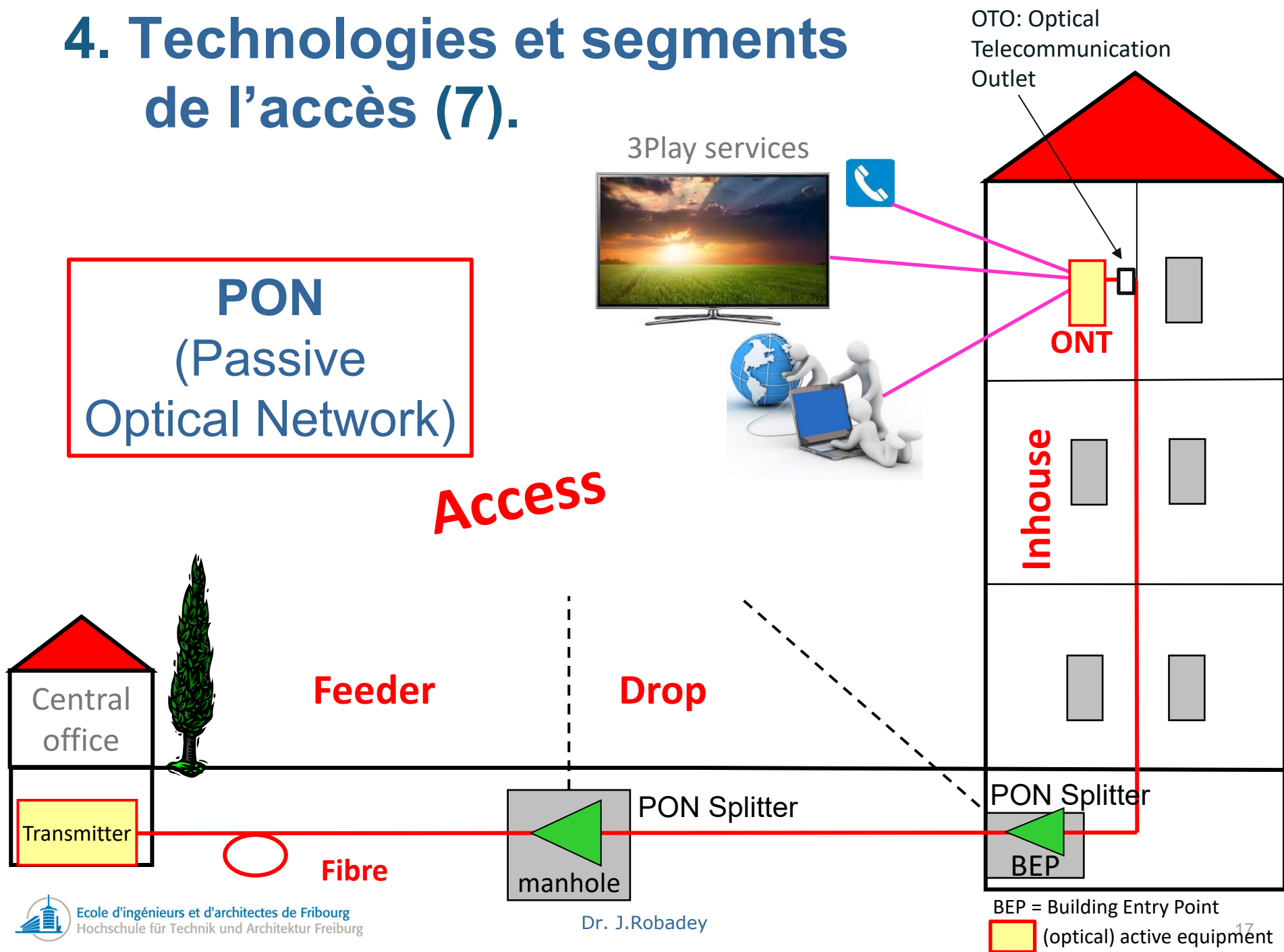
BEP

OTO: Optical
Telecommunication
Outlet

3Play services

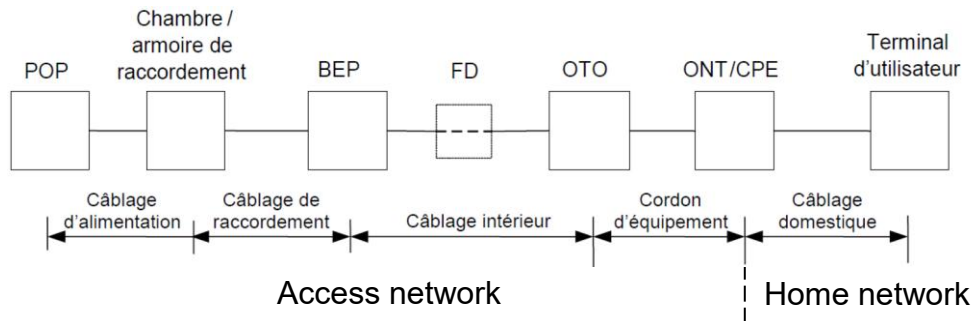


4. Technologies et segments de l'accès (7).



5. Standardisation de l'accès: modèle de référence de l' OFCOM (I).

Modèle de référence end2end:



Abréviations:

BEP Point d'entrée dans le bâtiment

CPE Equipement d'abonné

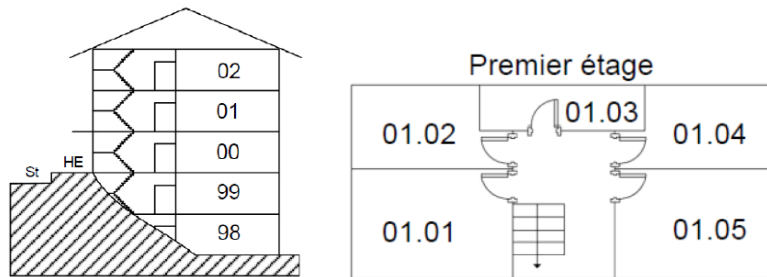
FD Répartiteur d'étage

ONT Unité de réseau optique

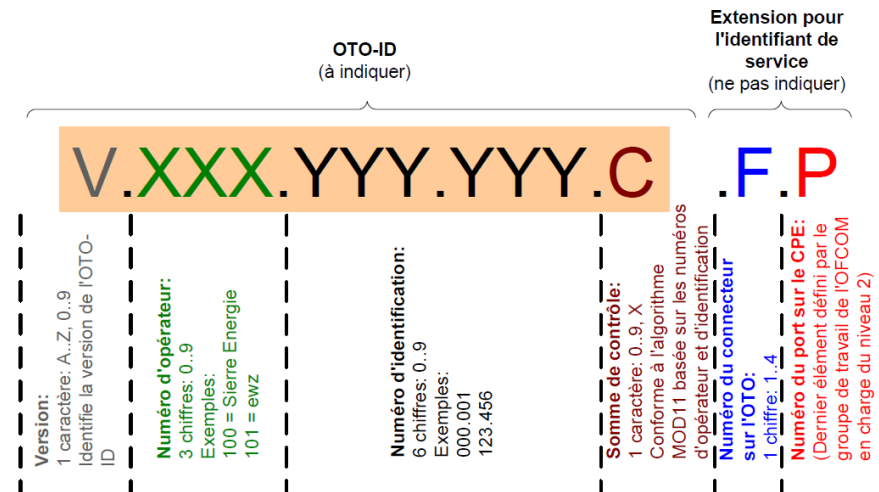
OTO Prise optique

POP Point de présence

Code d'identification des logements



Code d'identification de l'OTO

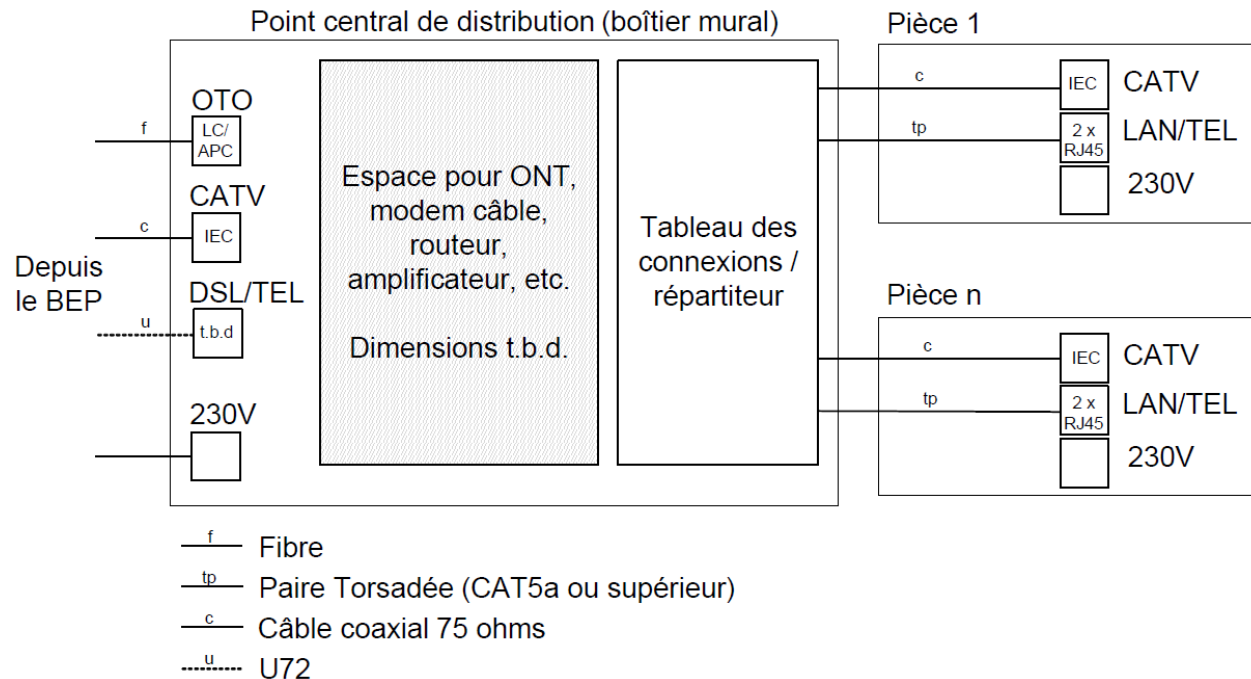


5. Standardisation de l'accès: modèle de référence de l' OFCOM (II).

Couleurs des fibres:
câblage intérieur

Type de câble	Couleur des fibres ou des faisceaux de fibres
Câble à 4 fibres:	
Fibre n° 1	rouge
Fibre n° 2	vert
Fibre n° 3	jaune
Fibre n° 4	bleu

La structure générale suivante est à utiliser dans les maisons individuelles ou les appartements de plus de trois pièces.



5. Et pour vraiment être complet.....

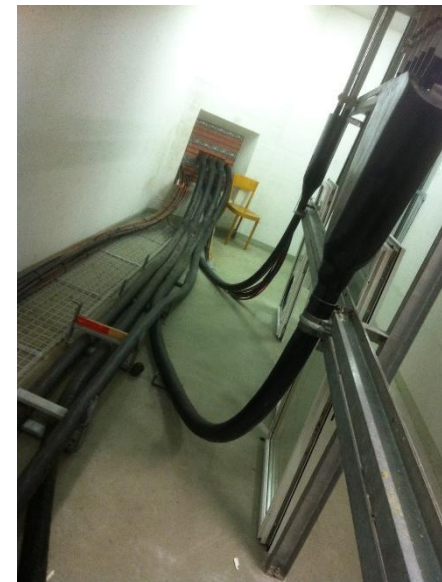
Codification des fibres par couleurs – câblage extérieur

Fibre n°	Couleur	Fibre n°	Couleur
1	rouge	13	rouge + marquage
2	vert	14	vert + marquage
3	jaune	15	jaune + marquage
4	bleu	16	bleu + marquage
5	blanc	17	blanc + marquage
6	violet	18	violet + marquage
7	orange	19	orange + marquage
8	noir	20	transparent + marquage
9	gris	21	gris + marquage
10	marron	22	marron + marquage
11	rose	23	rose + marquage
12	turquoise	24	turquoise + marquage

6. Sur le terrain.

- Construction de la fibre à Marly
- Présentation par SCS (Christian Demole)
- Visite:
 - Central
 - Chambre
 - BEP
 - Plans de planification

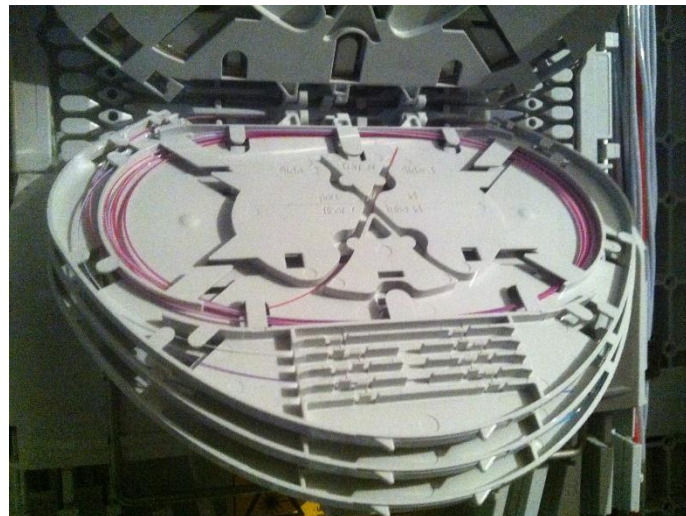
Central (ou POP: Point of Presence).



Chambre (manhole).



BEP.



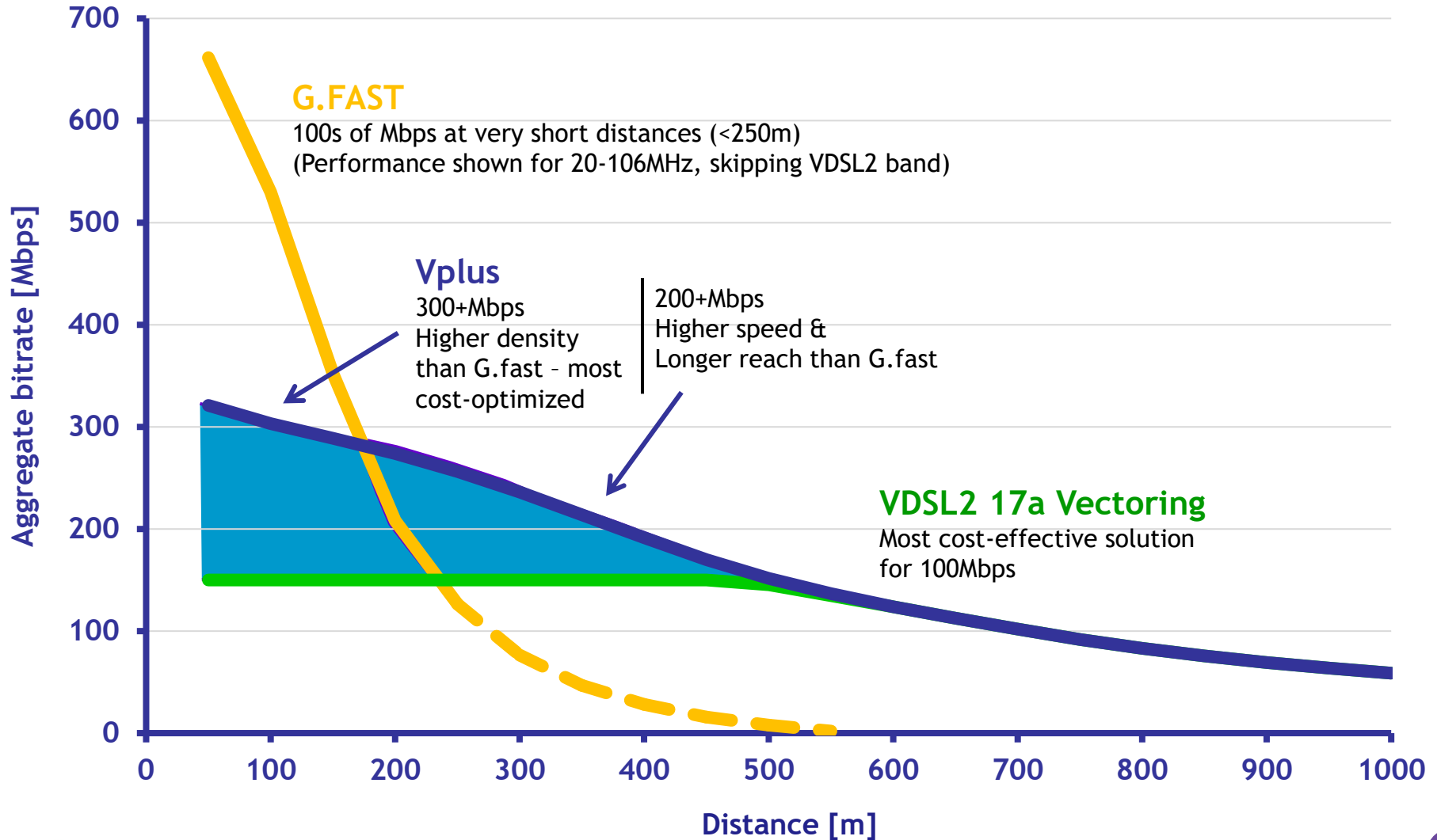
Plans de construction:



7. Technologies du futur.



Vplus: LONGER REACH THAN G.FAST, HIGHER SPEEDS THAN 17A VECTORING.



VDSL2 et g.fast: les records de capacité.

Comparaison des différentes technologies			
Technologies	Fréquences	Débit global maximal	Distance maximale
VDSL2*	17 MHz	150 Mbit/s	400 mètres
G.fast phase 1*	106 MHz	700 Mbit/s	100 mètres
G.fast phase 2*	212 MHz	1,25 Gbit/s	70 mètres
XG-FAST des Bell Labs**	350 MHz	2 Gbit/s (1 Gbit/s en symétrique)	70 mètres
XG-FAST des Bell Labs avec bonding***	500 MHz	10 Gbit/s (deux paires)	30 mètres

SCS: 230m

avec
Huawei



VDSL and g.fast → distance strategie.

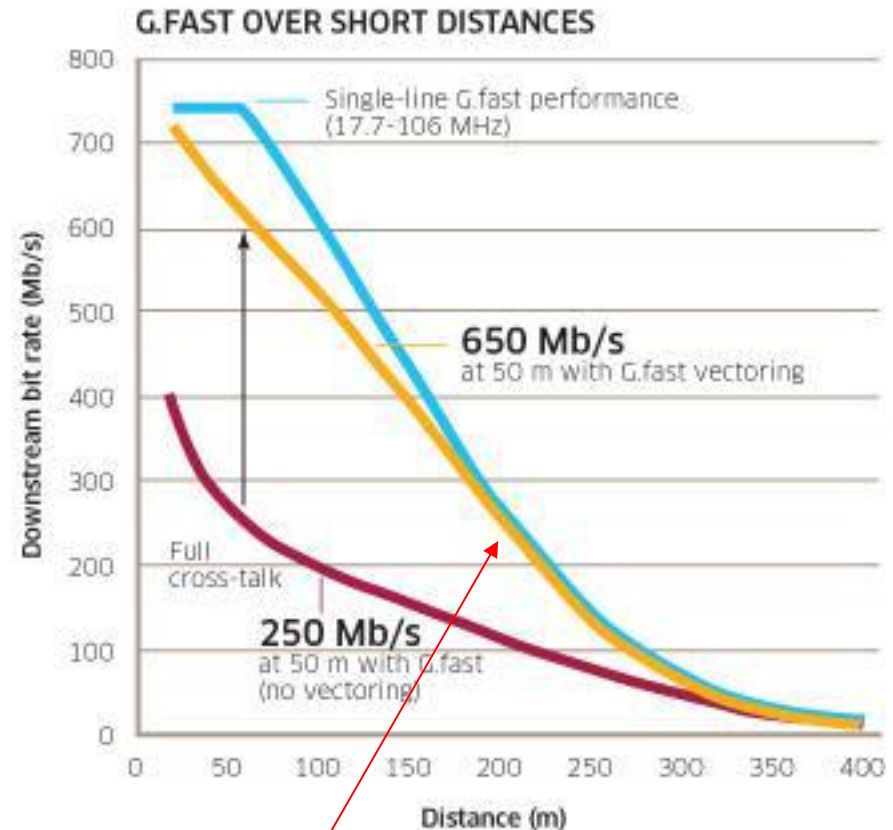
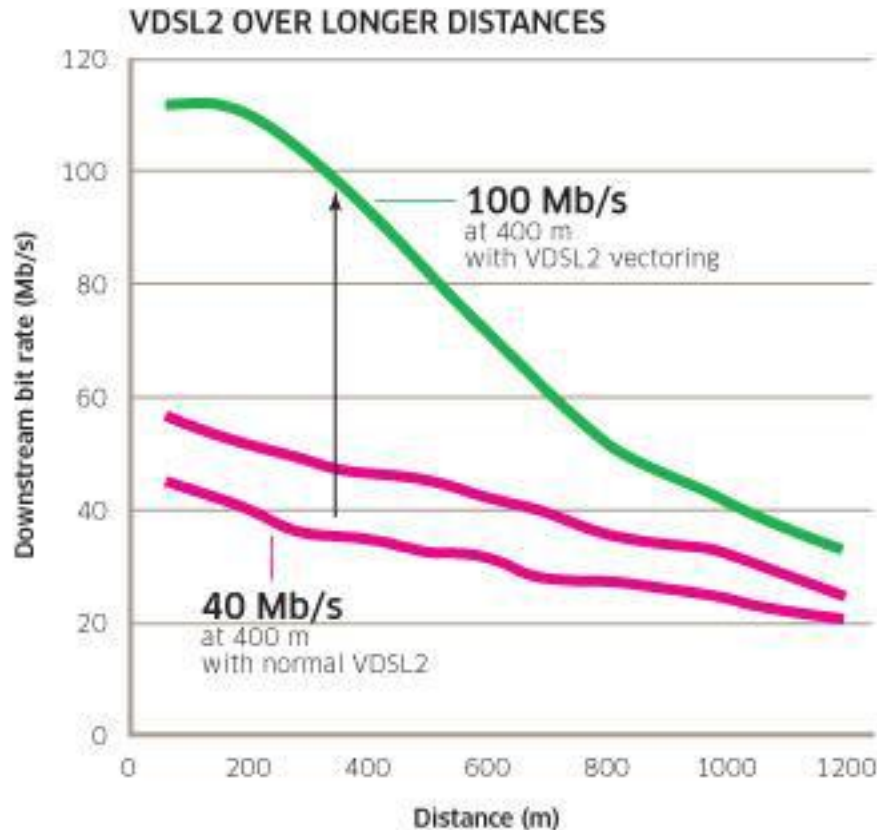
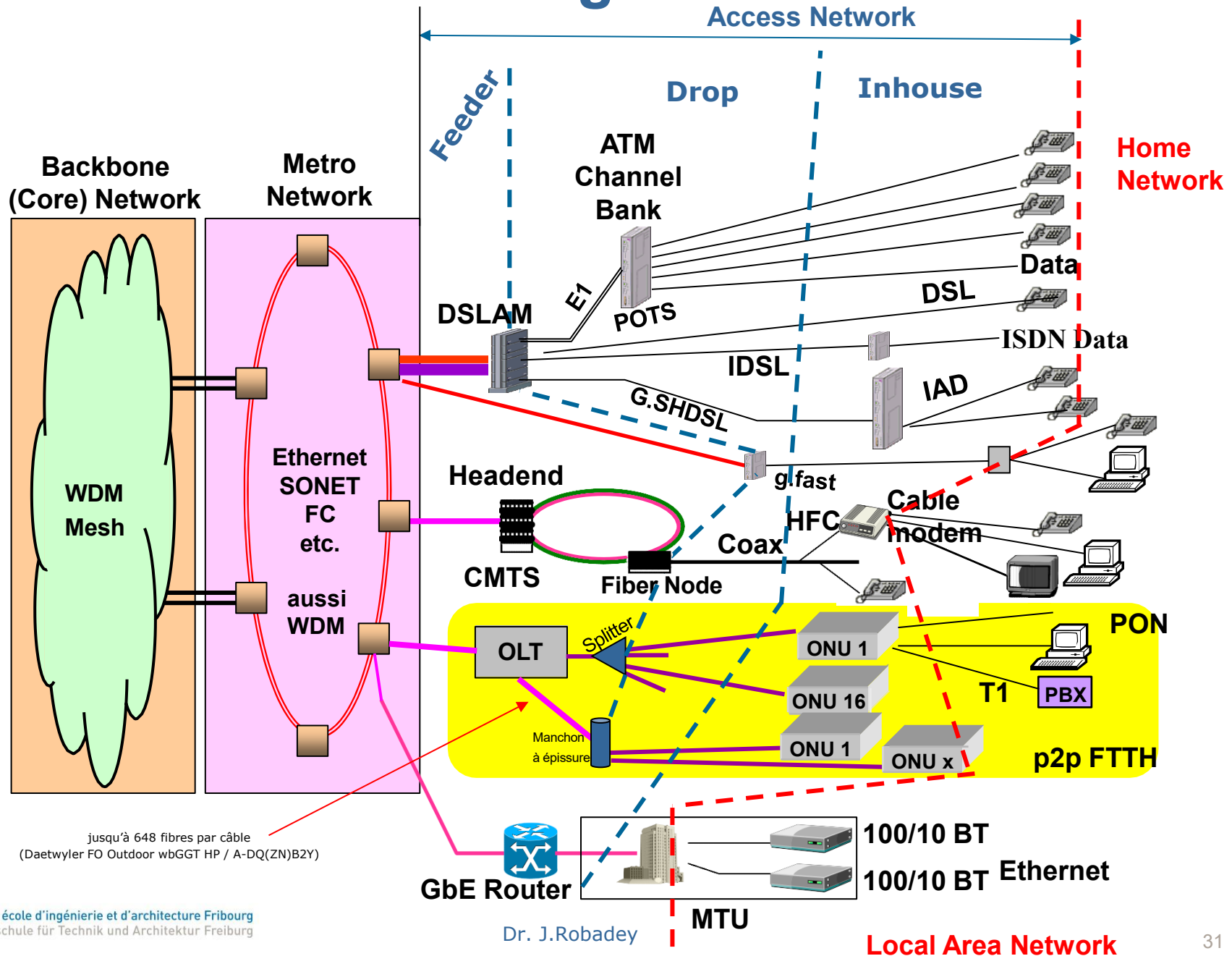


Figure 3. G.fast with vectoring eliminates crosstalk to keep speeds high

stratégie g.fast
de swisscom

Différentes technologies



La fibre est-elle judicieuse pour tous les clients ?



Réponse de Swisscom dans «La Liberté du 2.2.2017»

La guerre de la fibre est déclarée à Fribourg

SCS décide
d'abandonner
pour les villages
fribourgeois:



nouvelle
stratégie:
g.fast



7. Coût et stratégie d'accès.



1 INVESTMENT

- From FTTN (4x) to FTTH (15x)
- The closer to the subscriber, the closer the cost to FTTH

2 TIME-TO-MARKET

- Deploying FTTH is time consuming
- Re-using existing copper can speed up deployment

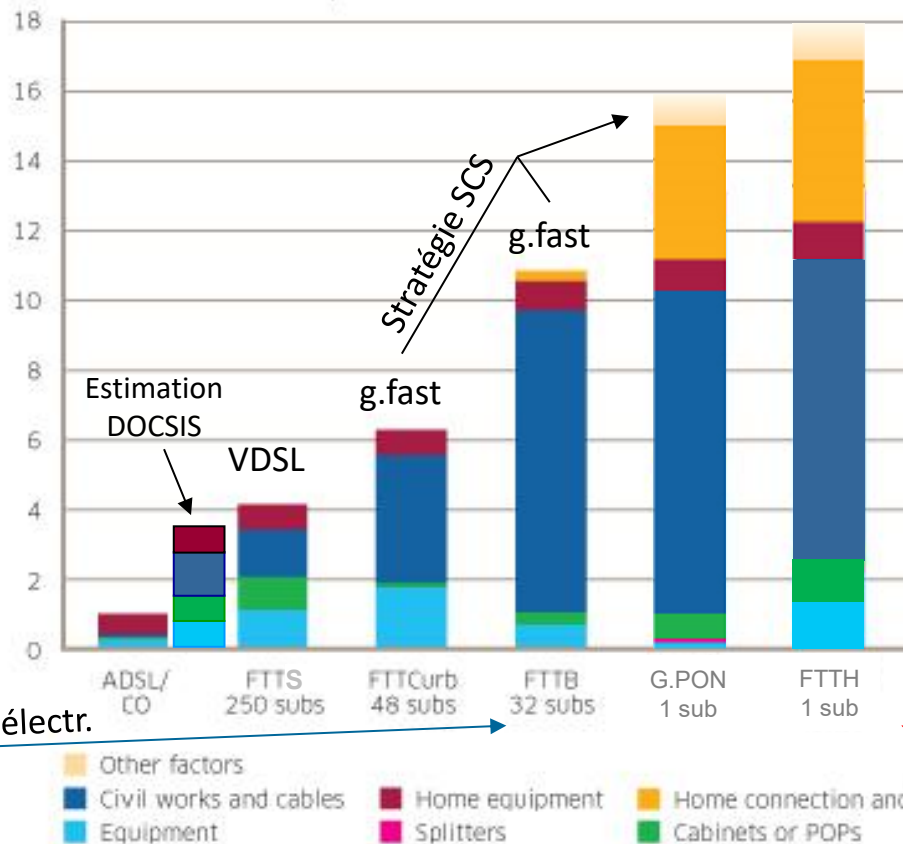
3 BANDWIDTH

- FTTH: 1 Gb/s and more
- FTTx: 100 Mb/s (VDSL2 vectoring today), G.fast evolution to 100s

4 OTHER FACTORS

- (-) Aerial fiber, existing ducts
- (+) Difficulty to enter the home

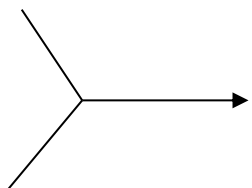
FTTx COST COMPARISON, CAPEX AND INSTALLATION (étude de British Telecom)



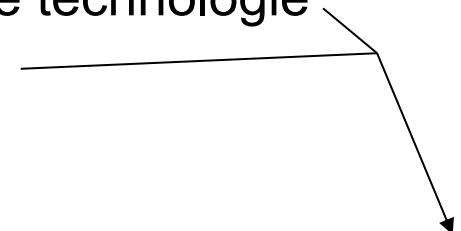
Stratégie entr. électr.

- une règle: utiliser l'héritage technologique → évoluer.
- FTTH: a) FTTB et attente d'une commande pour réaliser l'inhouse.
b) construction de FTTH sans attendre de commande.
- de part leur différente clientèle, les opérateurs nouveaux (entr. électr.) et traditionnels (SCS, CC) ont des stratégies différentes.

Quels sont les facteurs importants.

1. CAPEX
 2. OPEX
 3. Vitesse de déploiement
 4. Performance de la technologie
- 
- combinaison des deux:
 $OPEX + CAPEX/(x \text{ années})$

Il faut cependant prendre en compte l'évolution

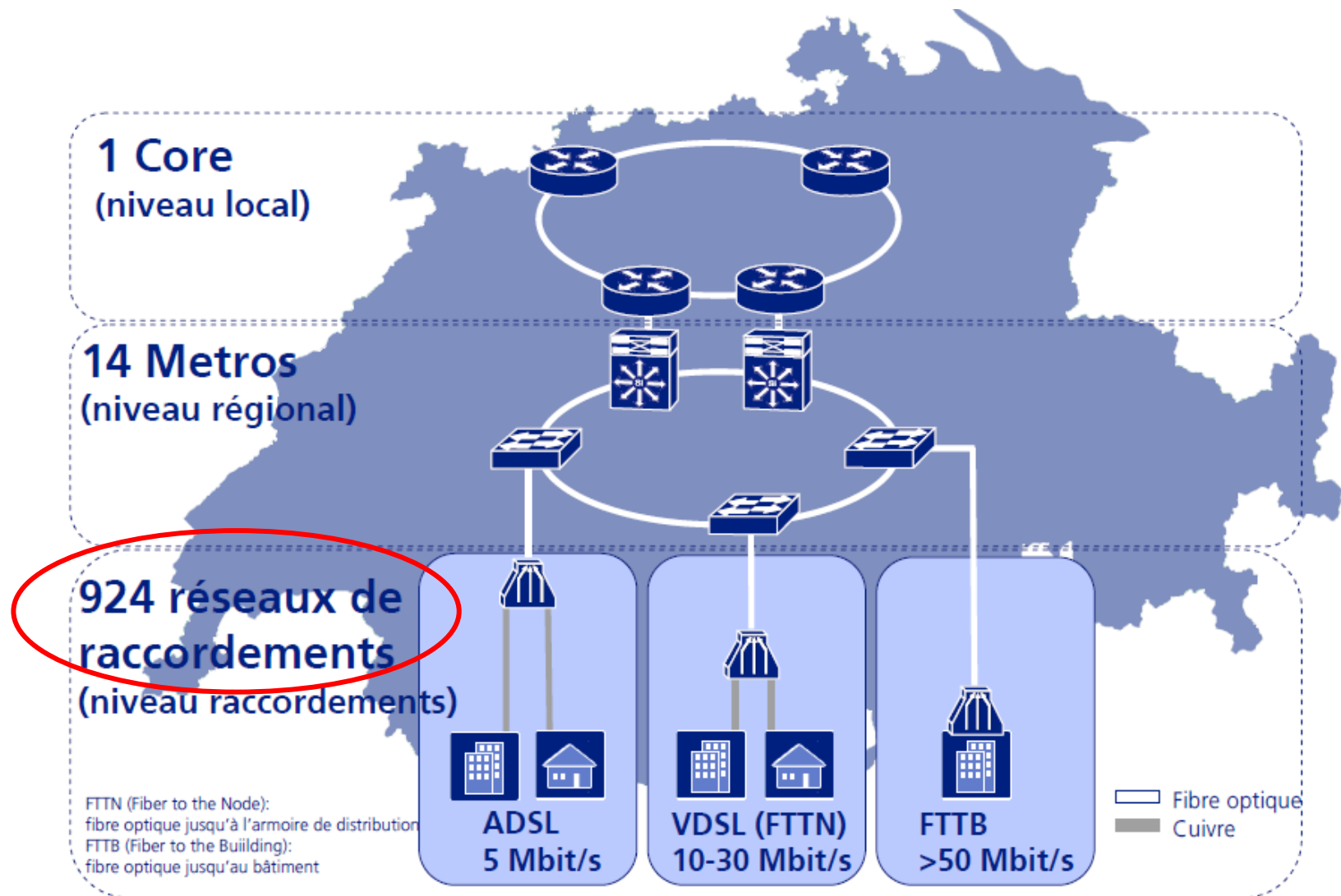
1. aujourd'hui: investissement dans une technologie
 2. demain migration vers une nouvelle
- 

**L'investissement actuel
est suffisant et sert à demain**

Evolutif.

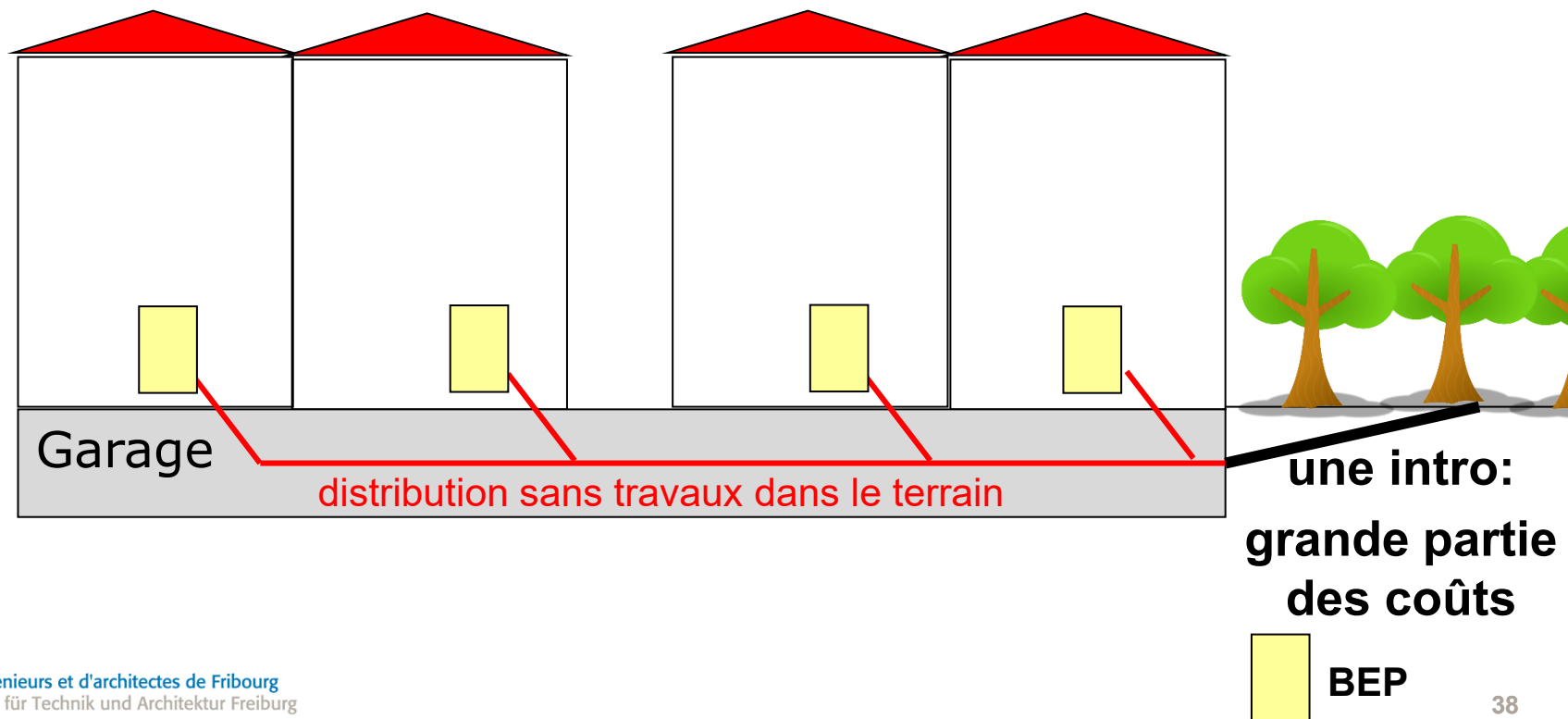
- SCS a étudié le g.fast de manière intensive avec Broadcom et Huawei.
- Cela peut vouloir dire:
 - un frein au FTTH
(annoncée le 2.2.17 pour les villages fribourgeois).
 - une capacité suffisante pour les services actuels et du futur proche.
 - une possible migration vers PON avec des investissements réduits: le Feeder est déjà prêt.
- En bref: le réseau doit être prêt pour les services du moment: les coûts doivent être échelonnés et la vitesse de déploiement optimisée.

7. Interconnexions.



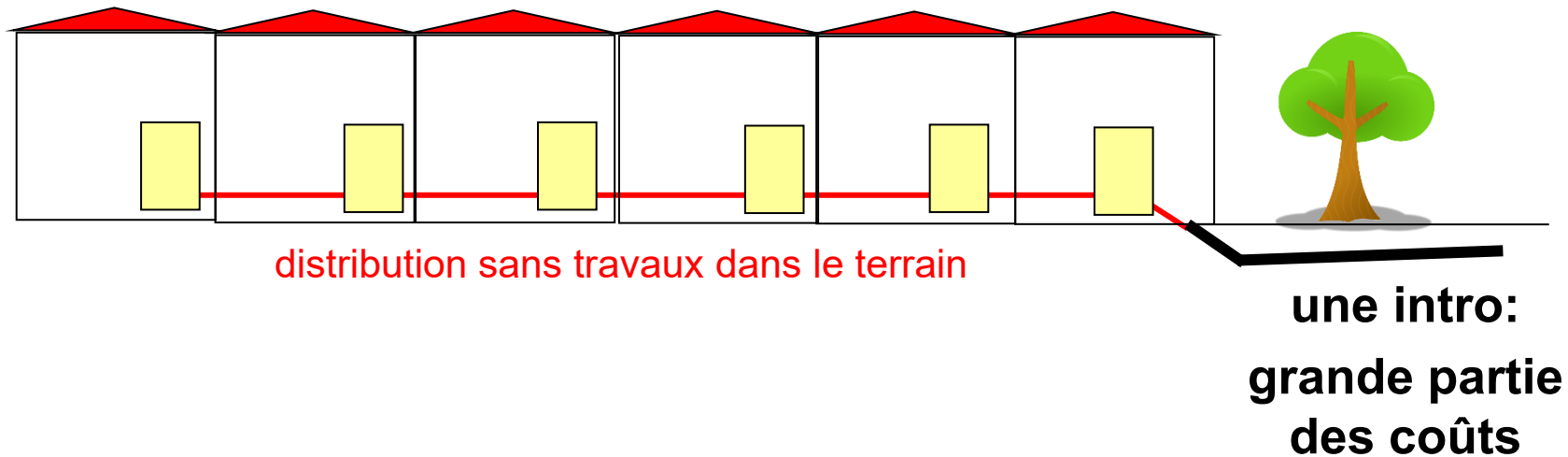
Conception et planification du déploiement FTTH: comment maîtriser les coûts?

- La raccordement au bâtiment génère d'importants coûts de génie civil. Il y a des solutions de réduction des coûts: utilisation d'un garage souterrain.

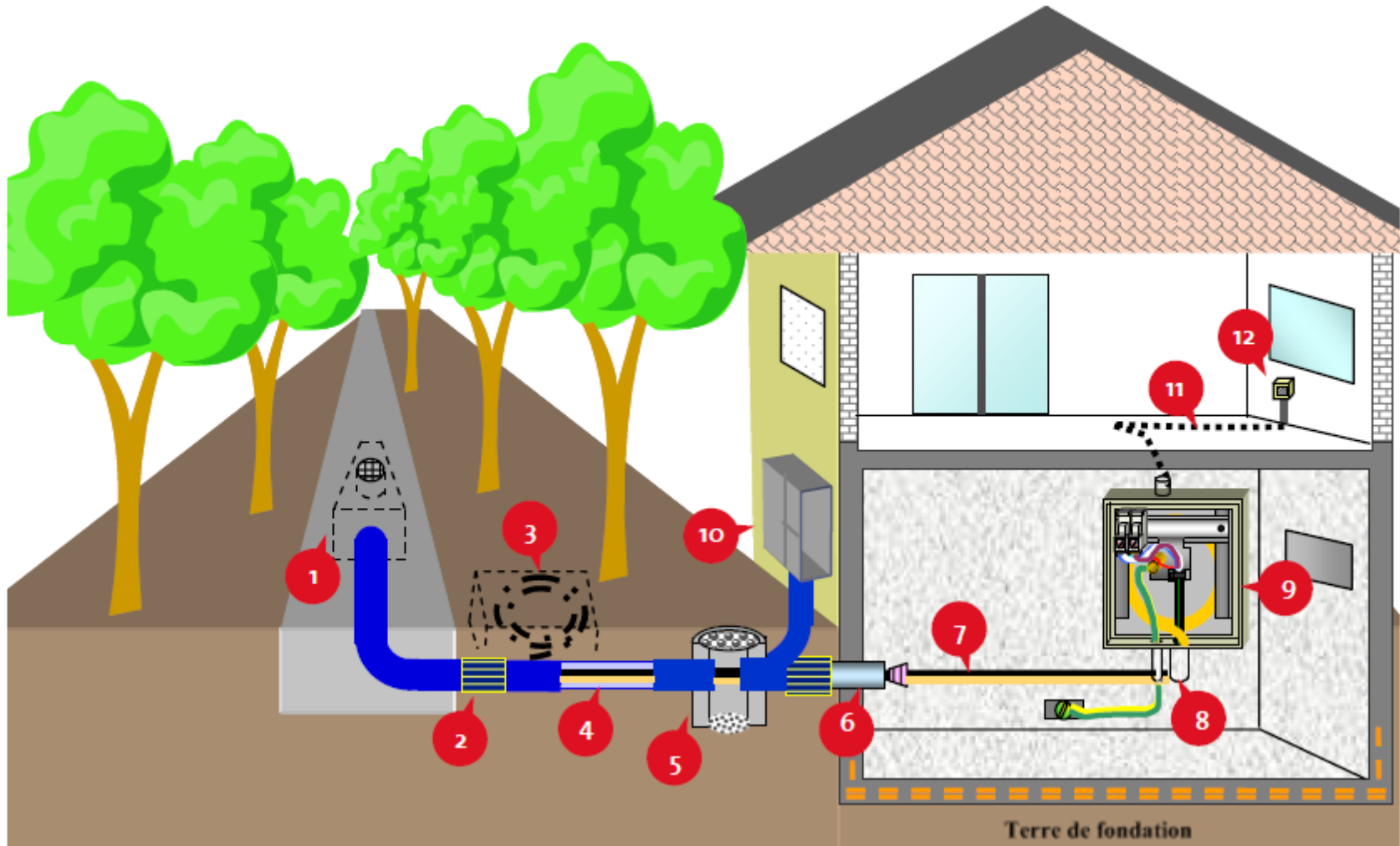


Conception et planification du déploiement FTTH: comment maîtriser les coûts (2).

- Le raccordement au bâtiment génère d'importants coûts de génie civil. Il y a des solutions de réduction des coûts: une introduction pour une rangée de maisons mitoyennes.



Planification des raccordements souterrains pour la fibre.



Les canalisations: la voie d'accès peut être bouchée.

- Certaines canalisations (zores pour SCS, simple tubes pour d'autres) sont construites avec des T et des Y.
- Il est donc impossible de tirer ou de souffler des fibres.
- Il faut ouvrir: importants coûts ou innover comme «snake eye».
- Un robot-serpent pour contourner les difficultés.

schema
de zores

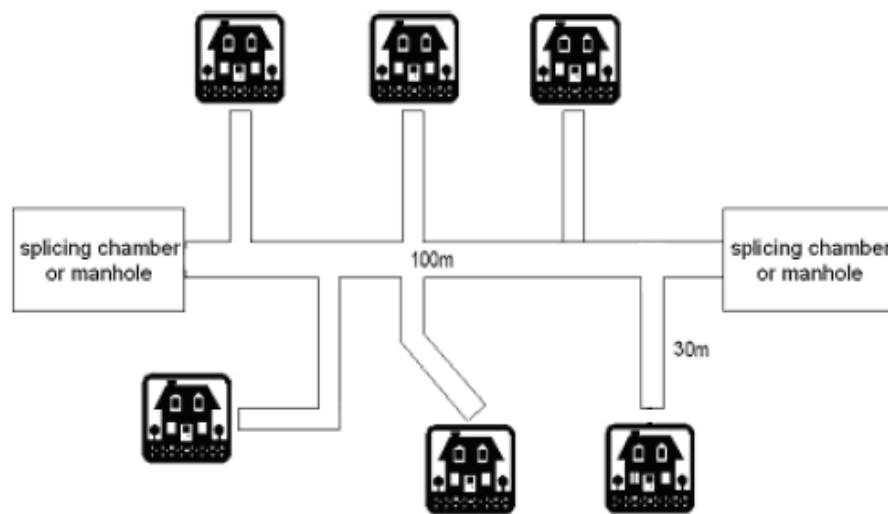
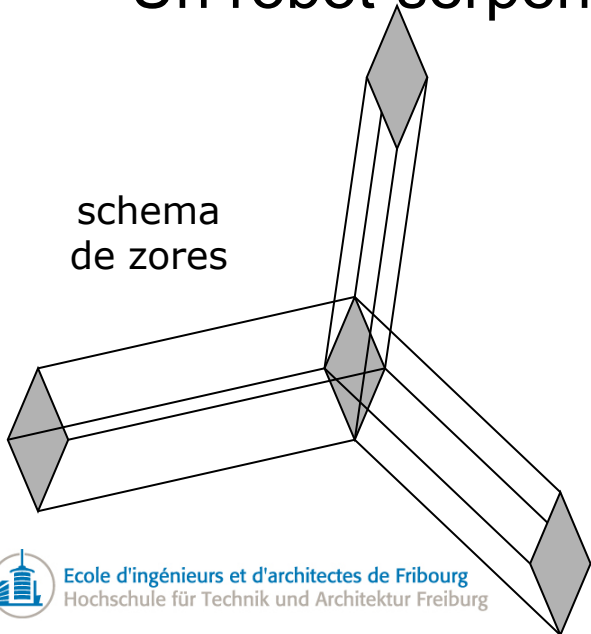


Figure 1. Example of Zores Network

Accès avec Zores

Tirage de fibre à Marly



Zores

La solution Robot-serpent à «caméra».



Figure 3. The Steerable System

- snake-eye.
- La solution de Plumettaz SA, Bez et swisscom.
- http://iwcs.omnibooksonline.com/data/papers/2010/4_5.pdf

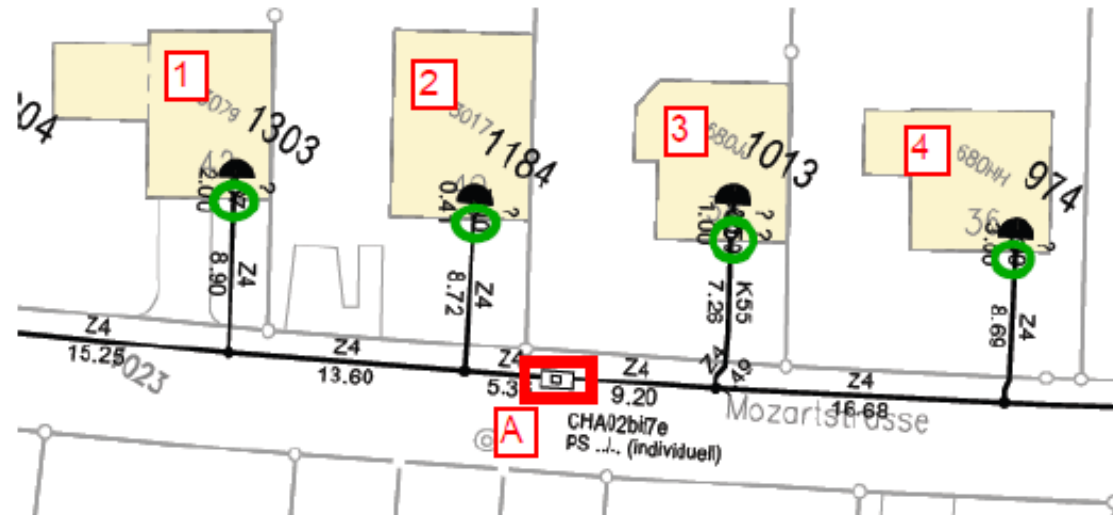
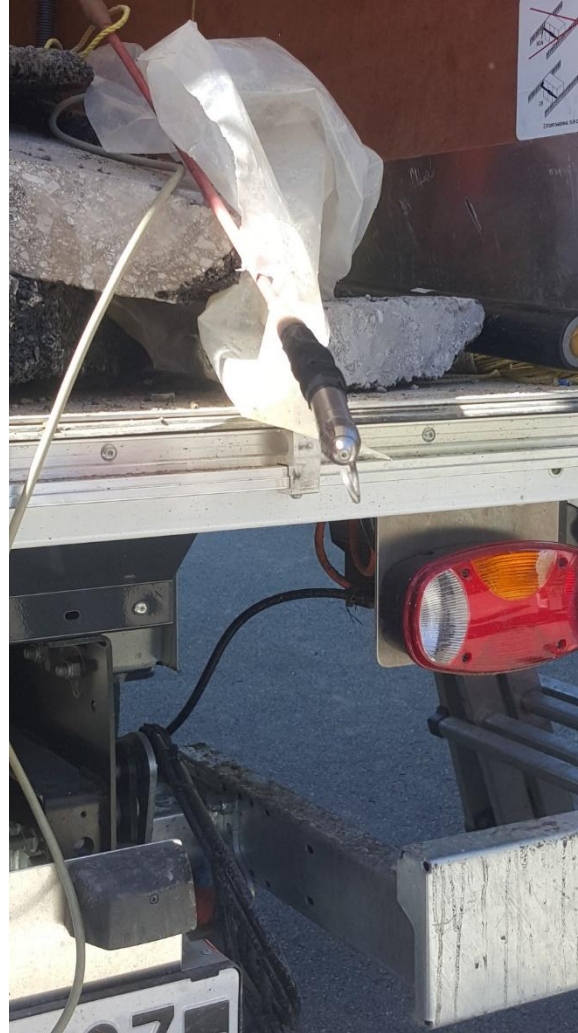


Figure 4. Network in Luzern

Robot tireur avec crochet.



Stratégie d'implémentation et collaboration.

- Pour la conception/planification du réseau optique un des aspects critiques est la répartition du réseau d'accès entre **Feeder et Drop**: positionnement des chambres.
- Les différents réseaux existants ont poussé à une collaboration entre entreprises électriques et swisscom, avec en règle générale un **Feeder de swisscom** et un **Drop des entreprises électriques**.
- Swisscom possède une meilleure **agrégation**: «gros tubes» proche des centraux et les entreprises électriques un «meilleur» réseau d'**accès proche** des clients.
- 4 fibres vont du clients à la chambre (Drop) et 2 continuent jusqu'au central (Feeder).

Exercice d'optimisation Feeder-Drop (1).

- Imaginer une structure en damier comme les villes américaines ou la Chaud-de-Fonds (des rues est-ouest avec des avenues nord-sud).

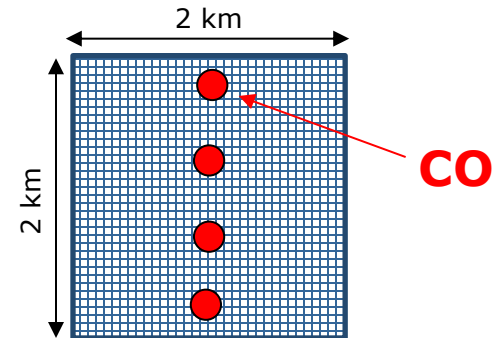


Schéma des rues et avenues

- Une ville a 15'000 logements. Les bâtiments ont en moyenne 6 appartements. Les entrées des bâtiments sont distants de 42 mètres.
- Une chambre peut redistribuer **500 fibres** du Feeder vers le drop.
- Un tube Drop permet le raccordement de **5 bâtiments**.
- Un tube Feeder permet de transporter 4 câbles de 432 f. = **1'728 fibres**

Exercice d'optimisation Feeder-Drop (2).

- Il y a $15'000/6 = 2'500$ bâtiments $\rightarrow$ 50 rues de 50 bâtiments
 $\rightarrow$ 12.5 rues de 50 bâtiments sur 0.5×2 km
avec **3'750 clients pour un réseau de raccordement.**

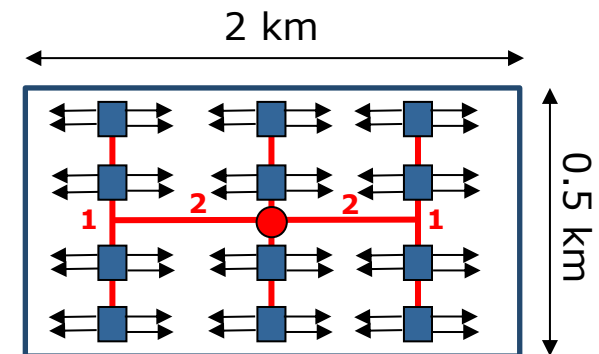
Solution 1:

- **Drop** : toutes les rues ont 3 chambres d'où partent à l'est et ouest
2 tubes = 200 km vers 17 bâtiments (102 clients).

- **Chambres**: $50 \times 3 = \underline{150}$ standard suisse

- **Feeder**: $3'750 \text{ clients} \times \frac{2}{3} = 2'500 \text{ fibres (*)}$
aux sorties est et ouest du central
 $\rightarrow$ 2 tubes en est-ouest, et la moitié:
1 tube en nord-sud $\rightarrow$
 $4 \times (2 \times 1.3 \text{ km} + 1.5 \text{ km}) = \underline{19.3 \text{ km de tubes}}$

(*) partant du central vers l'est et l'ouest



Total: 219 km de tubes et 150 chambres

Exercice d'optimisation Feeder-Drop (3).

Solution 2:

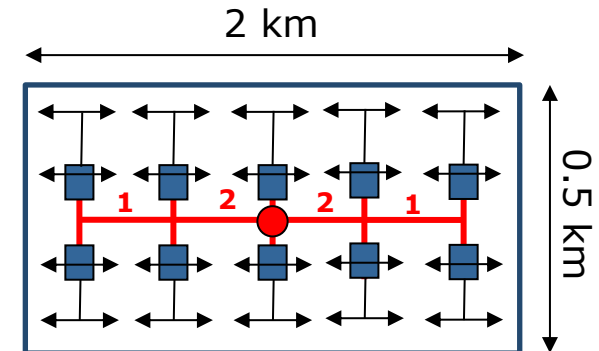
- ⇔ • **Drop:** il y a des chambres une rue sur deux. 4 tubes partent des chambres vers 20 bâtiments répartis sur deux rues (120 clients)
→ $50 \times 2\text{km} + 1 \times 5 \times 2\text{km} = \underline{110 \text{ km de tubes}}$

- • **Chambres:** $25 \times 5 = \underline{125}$ standard suisse

- • **Feeder:** $3'750 \text{ clients} \times \text{green } 2 \times \text{red } 2/5 \rightarrow \text{red } 3'000 \text{ fibres(*)}$
à chaque sortie du central
→ 4x: 2 tubes sur 0.8km, 1 tube sur 0.8km
+ sur $5 \times 0.42\text{km}$ (nord-sud) = 18 km de tubes

- Quelle est la meilleure solution?

(*) partant du central vers l'est et l'ouest



Réponse.

- La solution 2 car le Drop a besoin de 2 x moins de tubes ...
- ... et les coûts sont principalement déterminés par le Drop.

	Solution 1	Solution 2
tubes dans le Drop	2 x 100 km = 200 km	110 km
tubes dans le Feeder	19 km	18 km
Total tubes	219 km	128 km
Chambres	150	125

- S'il faut creuser dans une ville, car il n'y a qu'un tube à disposition → 600.-/m x 100 km = **60 millions.**
- Les chambres valent ~ 5'000.- → **125'000.- de moins cher.**

Conclusion.

- L'accès est la partie la plus chère du réseau.
- Il y a de multiples technologies en concurrence.
- Les facteurs les plus importants sont:
 1. le coût, 2. la rapidité de déploiement et 3. la performance.
- Les technologies sur cuivre progressent très rapidement ce qui rend la fibre moins attractive → planification évolutive des technologies.
- Le 75-80% des coûts d'implémentation correspond à du travail de construction: génie civil, tirage de fibre et installation.
- La conception et de nombreuses astuces permettent de réduire drastiquement les coûts du FTTH:
 - collaboration swisscom entreprises électriques
 - déplacer le coût du drop vers le feeder.
 - faire une étape par le g.fast avant le PON optique.

Merci de votre attention !

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