



HAL
open science

Petit état des lieux sur le câblage

Aurelien Minet, Sabrina Louison-Francois

► To cite this version:

Aurelien Minet, Sabrina Louison-Francois. Petit état des lieux sur le câblage. JRES (Journées réseaux de l'enseignement et de la recherche) 2017, Renater, Nov 2017, Nantes, France. <hal-04806459>

HAL Id: hal-04806459

<https://hal.science/hal-04806459v1>

Submitted on 27 Nov 2024

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire HAL, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons CC BY-NC 4.0 - Attribution - Non-commercial use - International License

Petit état des lieux sur le câblage

Aurélien Minet

École Normale Supérieure de Paris-Saclay
61 Avenue du président Wilson
94230 Cachan

Sabrina Louison-françois

École Normale Supérieure de Paris-Saclay
61 Avenue du président Wilson
94230 Cachan

Résumé

Tout administrateur réseau se trouve un jour ou l'autre confronté au désastre du « plat de spaghettis » inextricables que devient inévitablement sa baie de brassage. En effet, tout local technique d'un établissement d'enseignement supérieur et de recherche est soumis au perpétuel mouvement de ses utilisateurs : déménagements, accroissements des équipes, pannes de matériel. Il arrive donc un moment où il faut cesser de procrastiner, immobile et déprimé devant l'étendue du désastre et se résoudre à tout reprendre. Il peut arriver aussi d'avoir (beaucoup) de chance et de pouvoir simplement tout recommencer de zéro avec l'arrivée providentielle d'un bâtiment neuf. Miracle, c'est notre cas !

Grâce à la création du nouveau « bâtiment » de l'École Normale Supérieure Paris-Saclay, nous pouvions partir d'une nouvelle base pour la mise en place de l'architecture réseau des bâtiments à venir. Nous nous sommes alors retrouvés devant La question incontournable : que faire pour garantir une exploitation simple, rapide et pérenne du câblage aussi bien à l'installation qu'au quotidien ?

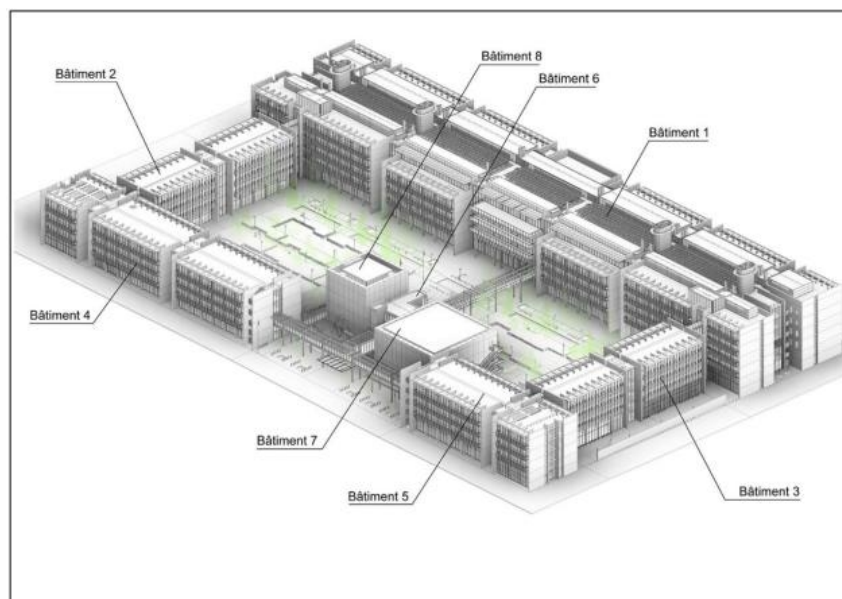
Nous exposerons nos réflexions sur les différentes solutions envisagées : réseau Ethernet cuivre classique (ISO), Fiber To The Office (FTTO), Passive Optical LAN (POL) et d'autres ? En tenant compte à la fois des besoins en terme de débit, d'évolutivité, de coût et d'énergie, nous nous sommes orientés vers une solution hybride « Fiber To The Active Consolidation Point » (FTTACP, EcoFlex'IT). Nous détaillerons les raisons de ce choix, les caractéristiques de l'architecture retenue, les échanges avec les différents intervenants, ainsi que les impacts sur les métiers de la Direction des Systèmes d'Information.

Mots-clefs

Ethernet, FTTO, POL, GPON, FTTACP, Ecoflex'IT

1 Description du site et de la problématique

Le nouveau campus de l'École Normale Supérieure Paris-Saclay a été conçu par l'agence Renzo Piano Building Workshop qui a remporté le concours lancé début 2013. Sur une parcelle d'environ 3 hectares, les 8 bâtiments s'articuleront autour d'un jardin intérieur pour une surface de plancher d'environ 64 000 m². Pour installer les 13 laboratoires de recherche et 12 départements d'enseignement, il nous faut déployer sur l'ensemble du campus presque 10 000 prises réseaux. Ce chiffre comprend les connexions des postes de travail, les bornes wifi et les équipements des services généraux. Sur les 6 bâtiments, le principal (bâtiment 1) contient 70 % du nombre total de prises. Ses dimensions imposent également certains choix en termes de distribution verticale puisqu'il recouvre près de 44 000 m² à lui seul.



**Figure 1 - Ecole Normale Supérieure Paris-Saclay
Plan du Campus conceptualisé par les architectes du cabinet Renzo Piano**

Le cabinet d'architecture met en jeu son image de marque sur la conception de chaque bâtiment. Toute modification doit être validée pour être mise en place, et cela concerne également le brassage réseau. L'esthétique qui est rarement à prendre en compte par des ingénieurs réseau devient pour ce nouvel établissement une contrainte majeure. Le câblage doit être totalement intégré pour être invisible et ne pas altérer l'esthétisme voulu par les architectes.

À cela s'ajoute le fonctionnement même de l'école. Comme tout établissement d'enseignement supérieur et de recherche, la collaboration entre les entités est primordiale et les interactions permanentes entre les départements d'enseignement et les laboratoires aussi bien internes qu'externes. Il y a donc des mouvements de personnes constants au gré des projets de recherche et des diverses manifestations hébergés par l'École Normale Supérieure Paris-Saclay. La connectique réseau se doit donc de suivre cette flexibilité et d'accompagner la mobilité et le dynamisme des équipes.

Dès les premières réunions en 2014 avec le cabinet d'étude AIA Ingénierie en charge du projet, nous avons abordé les problématiques liées au câblage réseau pour arriver rapidement à la conclusion qu'il était nécessaire d'étudier le câblage traditionnel et les « nouvelles » solutions utilisant plus de fibre comme la FTTO ou le POL, tout en regardant les implications sur les équipements actifs et passifs qui y sont liées. Nous avons aussi décidé avec le cabinet et la direction du projet de planifier la publication des marchés pour les lots réseaux après les autres afin de pouvoir choisir le plus tardivement possible. Le lot électricité contenait quand même un sous lot courant faible contenant déjà une préfiguration de notre choix final qui était fixé sur un seul point : prendre de la distance avec le modèle ISO.

2 Les solutions existantes: Modèle ISO 11801

2.1 Principe

Le principe du câblage « traditionnel » est une distribution verticale depuis un répartiteur général (RG) vers un répartiteur d'étage (RE) puis une distribution horizontale du répartiteur d'étage vers la prise terminale (en respectant la distance maximale de 90 mètres) dans la version "optimale" de ce modèle de brassage. Pour des bâtiments à configuration simple, c'est souvent ce qu'on retrouve.

Actuellement, ce câblage est le plus couramment effectué en fibre optique pour la partie distribution vertical (en fonction des distances à couvrir) et avec des câbles (souvent rigides) à paires torsadées pour la

distribution horizontale.

En terme d'équipements actif, généralement une topologie hiérarchique est mise en place avec au niveau des RG un commutateur de cœur, et au niveau des RE un commutateur de distribution irriguant des commutateurs d'accès. Pour assurer une plus grande disponibilité, un doublement des liens montants (vers des commutateurs différents) au niveau des commutateurs dans les RE oblige la mise en œuvre de protocoles comme (R)STP ou plus moderne. On peut également mettre en place des piles (stack) de commutateur (MLAG, IRF...) afin de faciliter l'administration de ces équipements.

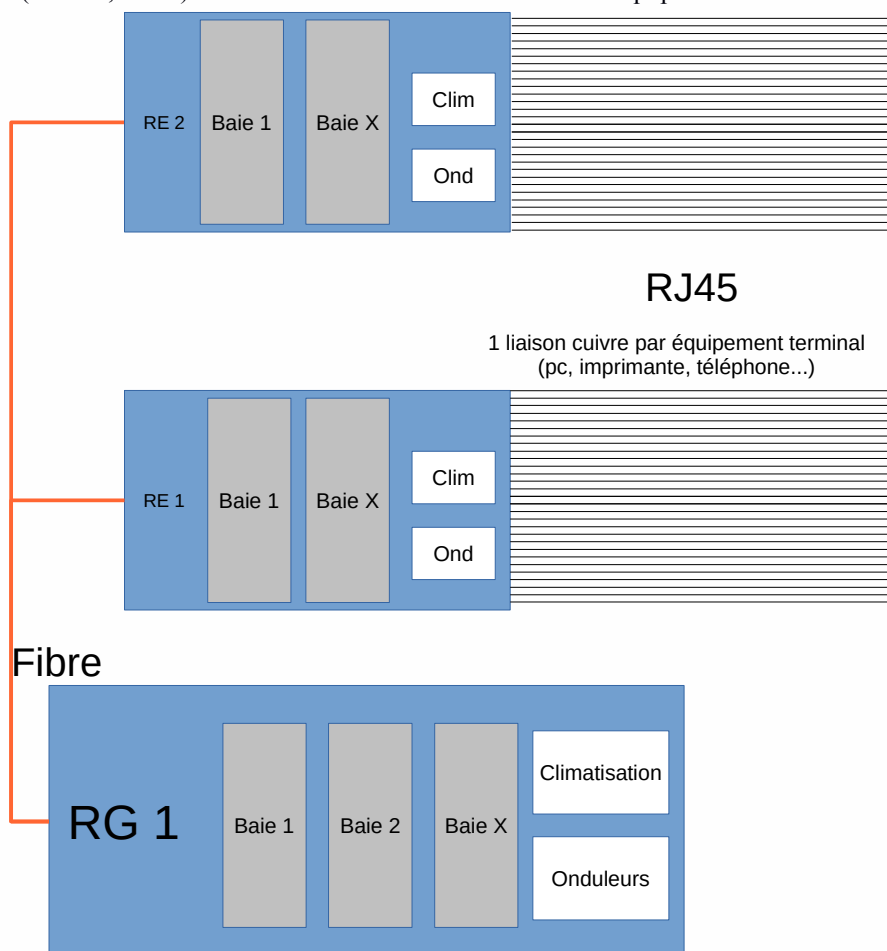


Figure 2 – Schématisation d'une architecture cuivre classique

2.2 Avantages

Le coût total d'installation de ce modèle est souvent moindre que les autres. La quantité de paires torsadées nécessaires à leurs installations est compensée par le coût des équipements de commutations à installer. Il s'agit généralement d'appareils à ports rj45 classiques (1000 BASE-T) et peu de ports SFP avec module optique (« gbic »).

2.3 Inconvénients

Le premier inconvénient de ce type de câblage est la taille du paquet de câbles partant des répartiteurs d'étages, voir des répartiteurs généraux, variable en fonction du type de blindage choisi. Les câbles cuivre ou paires torsadées sont, en fonction de ce blindage, plus ou moins sensibles aux perturbations électromagnétiques. Les protéger implique de prendre les câbles au blindage le plus important et d'augmenter la rigidité et donc le rayon de courbure à prendre en compte lors du brassage.

Ces caractéristiques physiques ajoutent des difficultés lors du passage des câbles et lors de l'exploitation.

Il faut prendre en compte le poids des câbles, l'impact de leur passage sur la structure du bâtiment et réfléchir en amont aux évolutions à prévoir. Si une équipe supplémentaire arrive avec une vingtaine de postes de travail, les châssis et les baies sont-ils capables de supporter l'augmentation ? et dans quelles mesures ? Cette solution est peu évolutive ou du moins complexe à faire évoluer étant donné que poser des dizaines de mètres de câbles à paires torsadées en cuivre est compliqué.

D'autre part, au niveau énergétique cette solution a deux inconvénients :

- le câblage en cuivre sur des grandes distances fait qu'il y a des pertes au niveau du courant fourni en POE et avec l'évolution de l'alimentation POE le rendement énergétique ne va pas s'améliorer ;
- les commutateurs n'ont pas un rendement énergétique performant, ils doivent avoir une ventilation active, voir s'ils sont nombreux dans un local nécessiter une climatisation.

Enfin sur des bâtiments de dimensions importantes, l'étiquetage des prises doit être irréprochable car la localisation d'une terminaison peut vite devenir un véritable parcours du combattant (et si vous gérez parallèlement un PABX d'un âge préhistorique avec des paires de cuivre analogiques sur des connecteurs RJ45, renoncez immédiatement à votre santé mentale).

Nous n'évoquerons pas les problèmes liés aux plats de spaghettis : qui au final sont ingérables et pour lesquels la seule solution est de tout refaire.

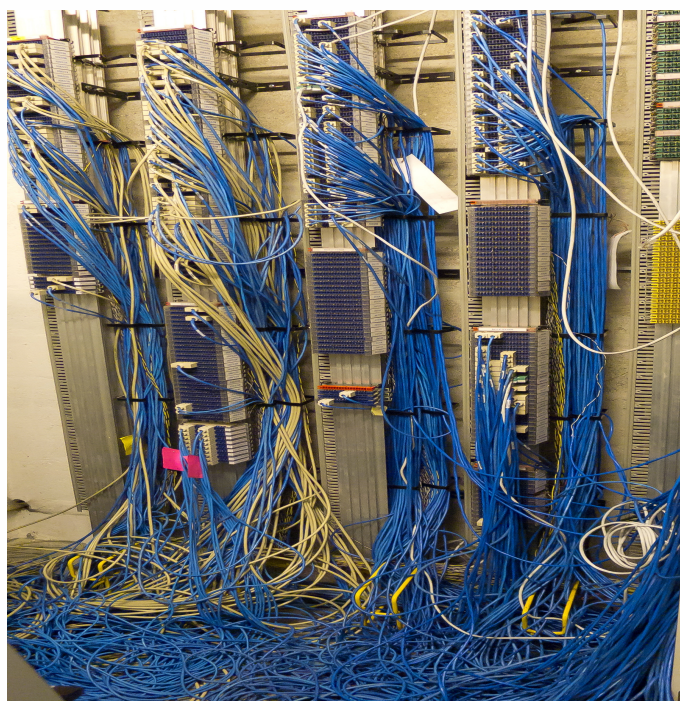


Figure 3 - Local Technique Laplace (ENS de Cachan, 2010)

3 Les solutions existantes : Fiber To The Office (FTTO)

3.1 Principe

La FTTO (Fiber to the Office) a pour principe comme son nom l'indique de mettre la fibre au plus proche de l'utilisateur donc dans son bureau (c'est à dire jusqu'à la prise RJ45). Il ne reste donc que les derniers mètres à faire pour amener le réseau au poste de travail. La partie cuivre de la connexion est donc uniquement entre la prise RJ45 finale et le poste de travail de l'utilisateur. Entre l'arrivée fibre et la prise RJ45 finale se trouve généralement un micro-commutateur POE industriel sans ventilateur. Ce type de commutateur fonctionne dans des plages de températures élevées et dispose généralement de 4 ports RJ45

à l'extérieur et coté intérieur de la plinthe ou de la goulotte d'un port SFP et suivant les modèles un port SFP ou/et RJ45 supplémentaire, un port USB et un lecteur de carte micro-SD.

La topologie logique la plus généralement rencontrée est celle en étoile : depuis le répartiteur général les fibres optiques partent directement vers les micro-commutateurs sur un modèle P2P.

Mais la topologie physique peut varier en fonction du nombre de fibres optiques dans le câble. En effet si l'on peut avoir un câble avec une paire de fibres, il existe des câbles à accessibilité permanente (de 24 à 144 fibres multimodes ou 288 fibres optiques monomode) offrant la possibilité de faire une dérivation par épissure à n'importe quel endroit. On installe ce type de câble en le faisant serpenter dans un bâtiment ou un étage, il suffit ensuite de faire une dérivation pour créer un point de branchement optique (PBO) et raccorder un micro commutateur avec une jarretière. Ainsi pour avoir un réseau évolutif où l'on peut installer de nouveaux commutateurs il suffit de ne pas utiliser toutes les fibres disponibles dans le câble lors de son installation.

À noter qu'il existe des boîtiers de branchement optique qui peuvent accueillir un micro-commutateur en plus de la dérivation optique, ce qui constitue un point de consolidation actif (PCA) pouvant être installé là où il n'y a pas de goulottes ou de plinthes.

Il est aussi possible de « chaîner » les micro-commutateurs pour aller plus loin que le modèle P2P : généralement ils ont un port SFP et un port RJ45, ou deux ports SFP (voir même un RJ45 en plus) coté intérieur (de la goulotte, la plinthe) ce qui permet de relier deux (ou plus) micro-commutateurs entre eux et d'avoir leurs liens montants empruntant un chemin physique différent et vers un cœur de réseau si possible dans un RG différent afin d'assurer une redondance avec l'aide d'un protocole type STP évitant les boucles.

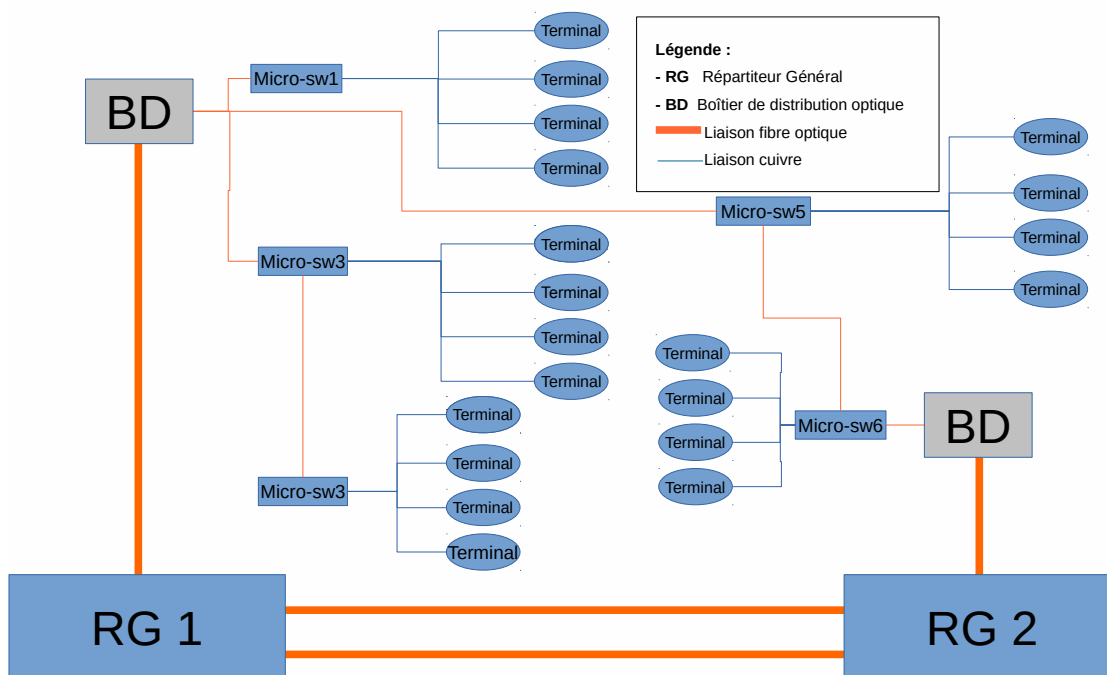


Figure 4 - Architecture en Fiber To The Office (FTTO)

À noter qu'il existe également la Fibre To The Desk (FTTD) : la fibre arrive jusqu'à l'ordinateur mais l'on peut facilement imaginer la durée de vie de la jarretière optique et le nettoyage régulier des connecteurs.

3.2 Avantages

Cette architecture a donc l'ensemble des avantages que peuvent apporter un déploiement complet en fibre

optique: un encombrement minimal pour une capillarité importante et aucun problème avec la cohabitation courant fort dans les goulottes. C'est un gain d'espace car il n'y a plus de répartiteurs d'étage (RE) et un gain de temps de déploiement non négligeable à l'échelle de plusieurs bâtiments donc des économies.

La fibre optique permet également des débits important qu'elle soit mono ou multi-mode. Les limites de la fibre monomode sont encore loin d'être atteintes, et celles de la multi-mode sont repoussées [1] . Cette solution est donc pérenne pour plusieurs décennies.

3.3 Inconvénients

Les micro-commutateurs sur lesquels s'appuie la FTTO ont une capacité de quatre à sept ports. Pour notre projet sur le plateau de Saclay, les chiffres deviennent vite importants: 10 000 prises / 4 ports soit 2500 micro commutateurs à déployer et au moins 2 fois plus de modules optiques (topologie en chaînant deux micro-commutateur via leurs ports RJ45). Il fallait donc s'attendre à au moins 2,4 M€ en équipements actifs, ajouter à cela le prix du câblage en fibre optique de 7 bâtiments et le câblage terminal en cuivre.

La masse de micro-commutateurs à gérer peut aussi être inquiétante même si généralement le fabricant fournit un logiciel de gestion graphique. Les dépenses d'exploitation sont principalement liées aux consommations électriques des commutateurs qui en RG sont élevées. En effet, le nombre de commutateurs implique l'installation d'une climatisation et d'onduleurs, équipements également énergivores. Certains micro-commutateurs sont « green Ethernet » [2] mais la majorité ne l'est pas encore.

4 Les solutions existantes : Passive Optical LAN (POL)

4.1 Principe

Le réseau optique passif est décliné en deux générations l'Ethernet Passive Optical Network (EPON) et le Gigabit Passive Optical Network (GPON, norme G.984.1) qui est deux fois plus rapide (2,5Gbit/s).

Ils sont tous deux basés au niveau du Répartiteur Général (RG) ou Nœud de Raccordement Optique (NRO) un Optical Line Terminal (OLT) qui fournit via une fibre unique sur un lien vers des coupleurs optiques (ou splitter) équipement passif qui divise ou combine les signaux optiques vers les fibres optiques allant jusqu'au Optical Network Termination (ONT) qui offrent des ports RJ45.

Le débit instantané descendant vers chaque ONT (128 au maximum) est donc partagé car les ONT reçoivent tous le trafic mais ils ne retransmettent que ce qui les concerne.

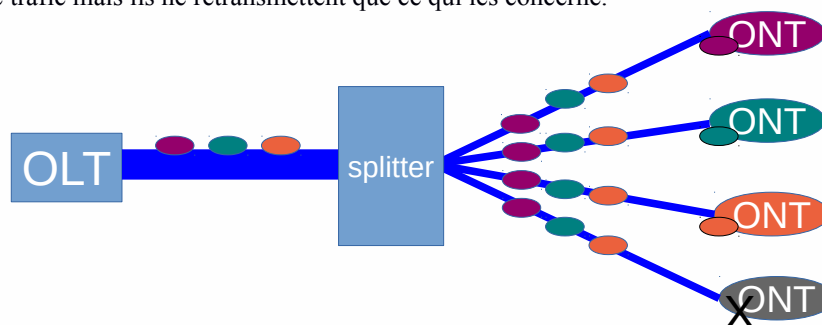


Figure 5 – Principe Passive Optical Network (PON)

Dans le sens montant, les signaux des ONT ne peuvent pas tous être envoyés en même temps, c'est pourquoi chaque ONT a un temps d'émission (microsecondes) ce qui réduit le débit (les technologies pour le multiplexage sont à l'étude mais coûtent trop cher actuellement).

4.2 Avantages

On est dans un mode de transmission P2mP (Point to multi-Point) qui est surtout adapté à la diffusion de services type triple-play. Cela peut remplacer des réseaux à base de câbles coaxiaux lorsque les distances sont importantes.

Les prochaines générations devraient apporter le multiplexage des ondes et des débits de 10Gbit/s.

4.3 Inconvénients

Tout d'abord cette technologie est plus adaptée aux opérateurs qui fournissent des abonnements au « câble », de la FTTH. Elle est aussi très peu diffusée (hors opérateur) en Europe contrairement à l'Amérique du Nord, l'on peut donc se poser la question d'avoir des fournisseurs sur le territoire avec du stock et des compétences pour le SAV.

Comme la distribution est en étoile, l'évolutivité est réduite car elle est limitée aux ports libres au niveau des coupleurs et des ONT. On peut cependant imaginer déplacer les ONT avec le câblage terminal associé.

Cette architecture ne favorise pas les communications entre les différents terminaux connectés derrière les ONT. Elle n'est donc pas vraiment adaptée pour un LAN avec nos usages.

Ensuite bien que les coupleurs soient passifs, la consommation énergétique des OLT et ONT n'est pas vraiment contenue (voir l'évolution avec les nouvelles générations) et au final le coût énergétique de fonctionnement doit être le plus important comparé aux autres solutions.

Enfin le réseau n'a pas du tout de redondance, l'impact est critique lorsqu'un OLT ne fonctionne plus. Ce point est généralement bloquant pour notre environnement professionnel.

5 Les solutions existantes : FTTACP

5.1 Principe

Comme pour la FTTO, le modèle de câblage Fiber To The Active Consolidation Point (FTTACP) est d'amener la fibre au plus près de l'utilisateur mais sans que cette dernière arrive forcément dans la pièce. Tout cela en répondant aux normes ISO 11801 et EN 50173

Ainsi la fibre arrive dans un Point de Consolidation Actif (PCA) qui est un boîtier ou caisson abritant un ou deux commutateurs au format 19" ou DIN avec si nécessaire : une ou deux alimentations industrielles (220v AC vers 48v DC), des boîtiers au format DIN à plastrons amovibles pour les trunks pré-terminés (RJ45, LC, SC, MPO/MTP), un contact sec d'ouverture (contact électrique sans différence de potentiel, pour détecter l'accès au boîtier), une entrée pour le courant fort et la fibre optique, une entrée pour le courant faible et une sortie pour les câbles RJ45 préconnectorisés.

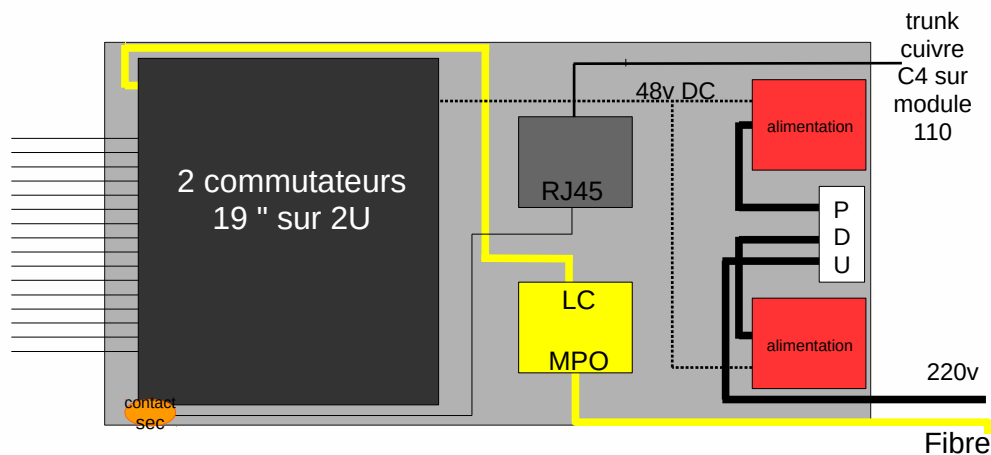


Figure 6 - Schématisation de l'intérieur d'un Point de Consolidation Actif (PCA)

L'alimentation des PCA en 220v doit elle aussi être flexible, pour cela une nappe à 3 phases circule là où il peut y avoir des PCA. Un bornier peut y être fixé pour dériver du courant.

Les PCA sont généralement placés dans des espaces non occupés ou cachés (faux-plancher/plafond).



Figure 7 - Photos d'un caisson 2U

Au niveau Ethernet le réseau s'articule en anneau ou en boucle afin d'assurer une redondance en cas d'incident sur le réseau. Cela passe par la mise en œuvre d'un protocole d'anneau industriel : Media Redundancy Protocol (MRP) de la norme IEC 62439-2 qui offre un temps de convergence inférieur à 300ms et qui est souvent décliné en version propriétaire (Turbo Ring, Hiper Ring, REP ...) avec un temps de convergence de moins de 50ms.

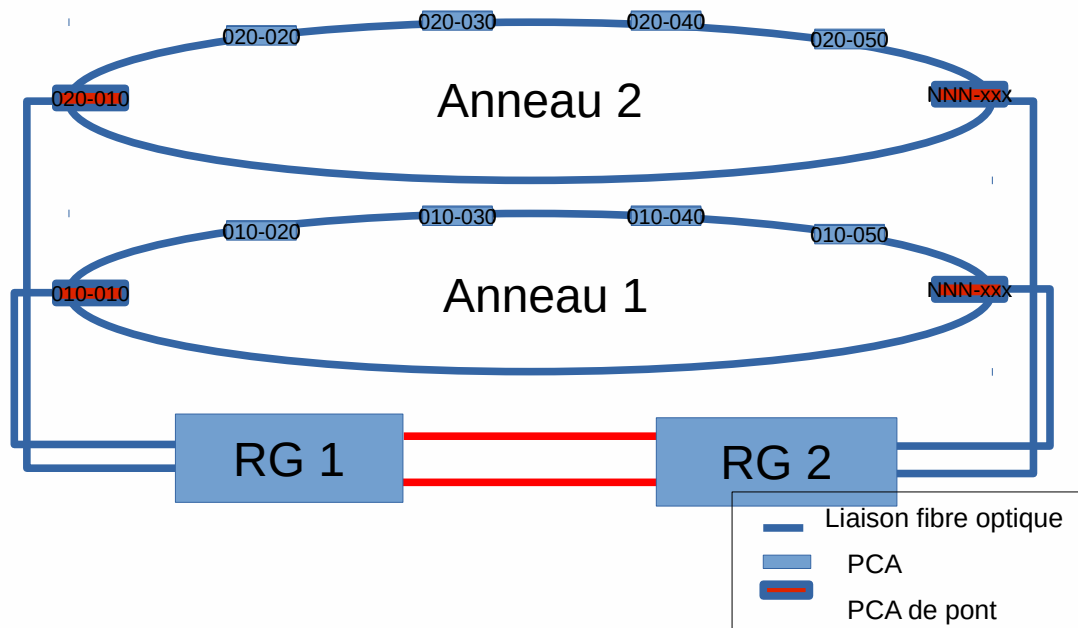


Figure 8 - Schéma d'une architecture Ecoflex'IT en anneau, redondante

A savoir qu'EcoFlex'IT est la marque commerciale du modèle d'ingénierie développé par InGeTel-bet [3] qui répond au modèle de câblage FTTACP breveté. InGeTel-bet a rendu la licence d'exploitation du modèle et de la marque gratuite pour les bureaux d'études et installateurs qui ont suivis les formations leur permettant de maîtriser la solution.

L'ingénierie s'appuie d'une part sur une approche systémique pour quantifier le nombre de prises, dimensionner le câblage et évaluer le foisonnement des PCA et d'autre part sur des règles :

- pour le cheminement de câble, les dimensionnements,
- l'installation des composants (placement, lovages ...),
- étiquetage et nommage,
- de validation (tests, dossier de récolement/DOE),
- ajout de PCA,
- distribution non ethernet (contact sec, TDM),
- sans oublier des méthodes pour les phases du projet : de l'avant-projet simplifié (APS), détaillé (APD) au projet définitif (PRO) et les suivantes : analyse des offres, exécution et réception.

5.2 Avantages

L'architecture proposée par Ecoflex'IT comme son nom l'indique a pour objectif d'être flexible. Sur un bâtiment tertiaire classique avec un faux plancher ou/et un faux plafond, il est possible d'installer en peu de temps le réseau si le métrage des longueurs de câbles nécessaires a bien été fait. Réciproquement il est très rapide de désinstaller un réseau Ecoflex'IT et voir même de le réinstaller ailleurs lorsque les longueurs de câbles correspondent.

Les évolutions comme les ajouts (ou les suppressions) de PCA ou les modifications (déplacement d'un PCA, ajout d'un commutateur) sont rapides à faire.

L'architecture en anneau, avec les protocoles afférant, offre une cicatrisation rapide du réseau (<50ms) et à l'exception des utilisateurs connectés sur le commutateur en panne, l'incident reste inaperçu (même pour les flux de vidéo/voix).

Ecoflex'IT se veut aussi écoresponsable dans le domaine de l'IT avec d'une part une utilisation de câble cuivre contenue, de câbles fibre optique réduite et des besoins énergétiques moindres car il n'y a pas besoin de climatisation pour les commutateurs qui sont moins énergivores.

On peut ainsi espérer, pour un plateau de 10000m² surface hors-oeuvre nette (« superficie du plancher » alias SHON), passer (hors consommation PoE) de 9kW pour un modèle ISO à 3kW pour un modèle FTTACP et donc une économie potentielle de 15k€.

Le caractère évolutif Ecoflex'IT oblige à suivre des règles de déploiement strictes et particulières concernant l'étiquetage des prises. Cette rigueur facilite ensuite l'exploitation quotidienne et représente un gain de temps non négligeable pour les techniciens. D'autre part, le PCA est situé dans les 25 mètres autour de l'utilisateur (et non pas dans un local technique situé à un autre étage dans une autre aile du bâtiment).

Un PCA occupe en moyenne 0.5 m² d'espace et est généralement placé dans des espaces non exploités par les utilisateurs (planchers ou plafonds techniques, angles, murs). Les locaux techniques abritant les répartiteurs d'étages ne sont plus utiles, c'est autant de mètres carrés récupérés pour d'autres usages.

Enfin il faut souligner que le bilan carbone est inférieur aux autres solutions et que par rapport au modèle ISO pour le bâtiment de l'ENS 180m² parmi 64000m² ont été libérés, ce qui proportionnellement n'est pas énorme mais au prix du m² c'est pas négligeable (à prendre en compte dans le TCO, dans notre cas cela peut être estimé à un demi million d'euros).

5.3 Inconvénients

Lors de la mise en place d'une architecture EcoFlex'IT, il est nécessaire de se détacher de la vision classique du câblage. Tous les administrateurs réseaux vont par réflexe densifier le nombre de prises par rapport aux besoins utilisateurs collectés. Ce comportement est logique pour anticiper les mouvements permanents des équipes (les demandes de prises supplémentaires ou de déplacement de prises) qui sont dans le cadre d'une architecture ISO difficiles à satisfaire si les délais impartis sont courts mais n'a plus lieu d'être lorsqu'on choisit la solution EcoFlex'IT.

Le système EcoFlex'IT implique de penser les besoins au plus juste, d'où l'économie puisqu'on installe uniquement le nécessaire. Il est indispensable en amont de définir précisément le nombre de prises téléphones, wifi, ordinateurs, POE ou non.... Le travail préalable est donc beaucoup plus important puisqu'il demande un niveau de détails qu'on prend rarement le temps d'effectuer.

Il faut aussi que le bâtiment offre un minimum de possibilité pour passer les câbles: colonnes verticales, faux plafonds et plafonds, des goulottes et de plinthes modulables. Concernant le futur bâtiment de l'ENS, c'est au niveau du câblage terminal qu'il y aura le plus de difficultés car pour des raisons d'esthétique les architectes ont prévu des plinthes dont la modularité est réduite (il y n'a pas de goulotte).

Les caractéristiques des commutateurs dans une architecture Ecoflex'IT sont : l'absence de refroidissement actif et leur résistance aux fortes températures. On doit donc choisir des commutateurs industriels qui ont un prix et une durée de vie supérieurs aux modèles classiques, ce qui contrebalance les économies réalisées avec la suppression des locaux techniques et celles liées au câblage.

6 Synthèse

6.1 Nos choix

Nous avons donc choisi l'ingénierie Ecoflex'IT avec une solution FTTACP. Pour la réalisation du Cahier des Clauses Techniques Particulières (CCTP), nous avons mis en œuvre l'approche systémique d'EcoFlex'IT à partir des plans issus de la maquette numérique (Building Information Modeling - BIM). Dans cette maquette faite avec l'outil Revit, toutes les prises RJ45 étaient positionnées suite à une première collecte des besoins auprès des laboratoires et départements de l'ENS Paris-Saclay.

Nous avons dû d'abord vérifier que le foisonnement de prises était correct (sans trop de sur-provision) avant de déterminer les zones de couvertures des PCA pour les placer sur des anneaux optiques et formaliser les synoptiques. Le placement final des PCA et les cheminements des câbles ont été réalisés par AIA Ingénierie et les architectes dans la maquette BIM. Cela a ainsi permis de vérifier les éventuels problèmes d'adduction ou d'encombrement par rapport aux autres éléments d'infrastructure. Cette étape également permis au cabinet InGeTel-bet, nous assistant sur la maîtrise d'ouvrage, de réaliser le CCTP avec notamment le métrage des câbles préconnectorisés pour établir le Bordereau de Prix Unitaire (BPU).

L'architecture finale est constituée de 24 anneaux de distribution en 10Gb/s accueillant 239 PCA reliés entre eux par un trunk de 6 fibres OS2 à connectique LC-Duplex. Chaque anneau étant relié aux deux RG par deux PCA de pont distinct via un trunk de 12 fibres OS2 à connectique MTP (Multiple Fiber Pull-off). Ce qui nous offre des possibilités d'évolution grâce à de l'utilisation de la fibre optique monomode et des trunks offrant des paires de fibres pour éventuellement ajouter des anneaux.

Entre les PCA de pont et le cœur de réseau nous souhaitons avoir un protocole de résilience plus performant que le spanning tree (STP), c'est-à-dire un protocole de niveau 2 moderne offrant un très faible temps de convergence. Le protocole commun entre les commutateurs industriels et ceux de cœur de réseau est au final : SPB (Shortest Path Bridging - norme IEEE 802.1aq).

Physiquement les PCA seront des caissons muraux fixés contre le mur juste en dessous du faux plafond

avec une ouverture repensée pour l'occasion fin d'être plus accessible. Ils sont protégés contre l'intrusion par des contacts secs connectés sur un réseau cuivre à base de câbles C4-110/4xRJ45 (4 paires de catégorie 3) distribués par de petits coffrets hébergeant des modules 110. Ces modules 110 reliés par des câbles 25 paires RJ21 au local hébergeant les passerelles IP (ce réseau peut également permettre d'amener des paire de cuivre pour des liaisons xDSL ou autre).

6.2 Conclusion

Avec les dernières évolutions, tant technique que politique [4], la fibre va être de plus en plus présente. L'évolution naturelle pour une plus grande pérennité est d'avoir un câblage primaire en fibre optique et donc un modèle FTTx , c'est à dire « la fibre jusqu'au », le X allant de l'immeuble (FTTB : Building), en passant par le domicile (FTTH : Home) ou encore jusqu'au poste de travail (FTTD : Desk). L'installation de câbles en cuivre étant limitée aux derniers mètres cela améliore le bilan carbone.

Nous ne pourrions éprouver la flexibilité opérationnelle du modèle FTTACP que dans quelques années, il en va de même pour les économies d'énergie et la durée de vie globale du réseau. Mais il ne fait aucun doute qu'EcoFlex'IT à toute sa place dans la conception d'un bâtiment Haute Qualité Environnementale (HQE) et dans une démarche d'intégration de la gestion technique du bâtiment (GTB).

Les commutateurs industriels ont un surcoût non négligeable que l'on peut espérer amortir avec une longévité plus grande. Aussi les évolutions logiciels et le support des protocoles dans ce monde ce fait lentement. Le Software Defined Network (SDN) n'est pas vraiment à l'ordre du jour et les normes comme l'IEEE 802,3bz (validée en septembre 2016) offrant le support du Multigigabit Ethernet va mettre plus de temps à être largement disponible contrairement aux commutateurs classiques de bureau. Mais l'on peut espérer que le l'offre du marché va évoluer avec les problématiques liés à la transition énergétique et que les coûts d'acquisition baisseront.

Dans un contexte où l'écoresponsabilité devient une nécessité, repenser notre manière d'exploiter les services IT et le câblage réseau est crucial. EcoFlex'IT propose une alternative simple aux solutions existantes offrant une liberté de choix des constructeurs et permettant d'avoir une vision à plus long terme du réseau.

Au-delà du concept en lui-même, c'est son approche ancrée dans une logique durable qu'il nous faudrait adopter sur tous les plans pour les Services IT.

Annexes

Bibliographie

- [1] **Boîtier Aroona** (passif) de CalLabs : <http://aroonacailabs.com> .
- [2] **Energy Efficient Ethernet** (EEE) IEEE 802.3az <http://www.ieee802.org/3/az/> .
- [3] **InGeTel-bet** <http://www.ingetel-bet.com/index.php/page-d-exemple/nos-activites-de-rd/>
- [4] **Plan France très haut débit** <https://www.francethd.fr/le-plan-france-tres-haut-debit/qu-est-ce-que-le-plan-france-tres-haut-debit.html>