



Zones d'activité

Guide pratique

**pour la mise à disposition de fibres et
fourreaux aux opérateurs et utilisateurs**

Février 2006

Etude réalisée avec l'appui de la **Caisse des Dépôts**
(Département Développement Numérique des Territoires)



Principes d'aménagement et d'exploitation

Auteur :

Laurent Depommier-Cotton



PRINCIPES D'AMENAGEMENT ET D'EXPLOITATION D'UNE ZONE D'ACTIVITE

CONVENTIONS DE VOCABULAIRE

- **Aménageur** : maître d'ouvrage de l'aménagement numérique public ; peut être une collectivité
- **Adduction** : branchement (ou raccordement) privatif d'un lot sur des installations de communications électroniques
- **Fourreau** : tube (ou conduite, ou canalisation, ou gaine, ou alvéole) destinée à héberger un câble de communications électroniques
- **Installations** : infrastructures de génie civil destinées aux communications électroniques ; comprend chambres, fourreaux, fibres, local technique, mais pas d'équipement "actif" de télécommunications
- **Lot** : parcelle privative d'une ZA
- **Occupant** : usager, opérateur ou exploitant de réseau indépendant, occupant tout ou partie des installations
- **Télécommunications** : utilisé indifféremment à la place de « communications électroniques », avec le même sens

1. CAS D'APPLICATION DE CE DOCUMENT

1.1. Objectif de ce document

Le présent document est destiné à guider la création ou l'extension d'installations de communications électroniques sur une Zone d'Activité (ZA) professionnelle (autrement dit l'aménagement numérique d'une ZA), dans le cas le plus standard de la mise en œuvre d'une distribution cuivre et/ou optique de la ZA.

Il comprend les chapitres suivants :

- **Le chapitre 2** décrit comment se positionnent respectivement la distribution optique et la distribution cuivre de la ZA.
- **Le chapitre 3** propose des principes d'ingénierie pour ce type d'aménagement. Il ne dispense pas de réaliser des études d'aménagement (Avant Projet Sommaire et Détaillé) spécifiques à chaque ZA. Mais sa lecture peut aider un Aménageur non spécialiste des communications électroniques à dialoguer avec le bureau d'étude qu'il aura mandaté.
- **Le chapitre 4** décrit les points clés de la démarche de mise en œuvre (construction) des installations.
- **Le chapitre 5** précise les activités de gestion des installations dans la durée. Ce chapitre peut fournir à l'Aménageur des éléments de cahier des charges pour choisir un prestataire chargé de tout ou partie d'entre elles.
- **Le chapitre 6** indique des ordres de grandeur des coûts d'aménagement, ainsi que des orientations pour la tarification de la mise à disposition des installations aux Occupants.

Ce guide peut également être utilisé par une collectivité locale gestionnaire de plusieurs ZA et souhaitant définir une charte d'aménagement numérique commune dans le cadre d'un plan de mise à niveau de celles-ci.

1.2. Cadre technique

Ce guide concerne le déploiement d'une distribution cuivre et/ou optiques des parcelles.

Ce type d'ingénierie est la pratique standard d'aménagement en matière de communications électroniques. Ce guide ne couvre pas les autres modalités de distribution des télécommunications en ZA, notamment à travers des solutions CPL ou radio, qui sont techniquement envisageables mais d'application encore exceptionnelle. En particulier, il ne traite pas la création d'une couverture WiFi permettant l'accès à haut débit de professionnels nomades circulant dans la ZA.

Il s'applique particulièrement au cas d'une création de ZA équipée de façon « totale », c'est-à-dire que l'aménagement aboutit à la mise en place :

- d'une distribution optique déployée par l'Aménageur (câbles, boîtiers, têtes, brasseur), assurant une continuité optique depuis un point de distribution de la ZA jusqu'en limite de parcelle ;
- de fourreaux et de chambres, utilisés pour la distribution optique de l'Aménageur mais également par :
 - France Télécom pour déployer ses câbles cuivre,
 - tout opérateur souhaitant déployer ses propres câbles optiques ;
- d'un local technique, destiné notamment à héberger un répartiteur optique, un répartiteur cuivre pour le dégroupage, et/ou des équipements actifs d'opérateurs (routeur, DSLAM...).

A terme, si la zone comprend un répartiteur ou un sous-répartiteur dégroupable, l'aménagement pourrait

comprendre un câble de renvoi mutualisé entre opérateurs, sous réserve d'une évolution en ce sens du catalogue d'accès à la boucle locale de France Télécom.

Ce guide s'applique également à des cas d'aménagement « partiel », par exemple :

- simple aménagement d'un local de dégroupage ;
- aménagement des installations optiques en parallèle des installations France Télécom, dans une ZA existante ;
- pose de fourreaux en attente à l'occasion de travaux (pour la rénovation du revêtement ou de l'éclairage public, par exemple).

1.3. Catalogue de service aux Occupants

Le catalogue de prestations aux Occupants, opérateurs et aux exploitants de réseaux indépendants, comprend donc tout ou partie des prestations suivantes :

- fourreaux en continuité depuis l'entrée de la ZA, jusqu'aux premières chambres de branchement des lots ;
- mise à disposition de chambres, pour qu'un opérateur puisse y placer des équipements passifs (manchons de raccordement de câbles cuivre, boîtiers d'épissurage) ;
- paires de fibres en continuité optique depuis l'entrée de la ZA, jusqu'aux premières chambres de branchement des lots ;
- emplacement de baies dans le local technique ;
- emplacement dans une baie (« U »).

A terme, en cas de mise en place d'un câble de renvoi mutualisé, le catalogue pourrait également comprendre la mise à disposition de paires cuivre de ce câble.

1.4. Objectifs d'aménagement

Dans tous les cas, il s'agit de renforcer l'attractivité de la ZA pour les opérateurs de communications électroniques, de façon neutre et non discriminatoire, de façon à augmenter l'offre de services disponibles et de développer la concurrence, au bénéfice des entreprises implantées.

Les opérateurs visés sont en premier lieu les opérateurs positionnés sur le marché des entreprises avec des services de téléphonie, d'accès à Internet ou de réseau privé.

L'aménagement peut également bénéficier à un opérateur radio souhaitant créer une cellule GSM, UMTS ou WiFi, ou à un opérateur spécialisé, par exemple dans des services de vidéo-surveillance.

Il peut en outre permettre la mise en place de réseaux indépendants à très haut débit, par exemple entre deux sites d'une même entreprise, l'un en centre ville, l'autre sur une ZA de la périphérie.

2. STRATEGIE D'AMENAGEMENT CUIVRE ET OPTIQUE

2.1. Scénario technique de référence cuivre / optique

A ce jour, les accès fixes à haut débit des entreprises reposent principalement sur deux types de support, cuivre et optique :

- **Le cuivre** est le support historique dont France Télécom a équipé et continue à équiper chaque entreprise. Si le répartiteur dont dépend l'entreprise est proche, la technologie DSL permet de lui apporter un débit de plusieurs Mb/s. A défaut, le recours à des répéteurs de signal permet toujours de construire un ou plusieurs conduits de 2 Mb/s sur support cuivre. Ces débits disponibles sur cuivre peuvent encore satisfaire une grande proportion des entreprises à court / moyen terme.
- **Le support optique** a des performances très supérieures, à un coût de mise en œuvre qui se rapproche de celui du cuivre. Toutefois, il n'est pas encore possible d'envisager une distribution seulement en fibre optique car les services des opérateurs sur fibre optique sont encore généralement positionnés en haut de gamme, et ne sont donc appropriés que pour une minorité.

Le scénario technique qui sous-tend le présent guide est donc celui d'une substitution progressive du cuivre par l'optique, sur une échelle de temps de l'ordre de la dizaine d'années voire davantage, avec une longue période de cohabitation entre cuivre et optique sur une ZA donnée.

L'aménagement actuel d'une ZA nouvelle doit donc permettre à France Télécom de mettre en place une distribution cuivre si elle le souhaite et permettre la mise en place en parallèle d'une distribution optique mutualisée entre opérateurs, soit dès l'origine pour certaines entreprises de la ZA, soit à terme, et avec un déploiement progressif. Au terme de la période de substitution cuivre/optique, les supports cuivre pourront être déposés.

2.2. Responsabilité de la mise en place de la distribution cuivre

A ce jour, la distribution cuivre est essentiellement déployée par France Télécom. Il ne semble pas opportun que l'Aménageur déploie lui-même une distribution cuivre dans une nouvelle ZA, pour le compte de France Télécom et des autres opérateurs, plutôt que de laisser France Télécom l'installer. En effet, cela complexifierait fortement la relation avec France Télécom et sans doute même avec les autres opérateurs. France Télécom a en effet l'obligation réglementaire de mettre la distribution cuivre à disposition de tous les opérateurs à son coût de revient (c'est le principe du dégroupage) et les processus opérationnels correspondants sont bien rodés.

2.3. Responsabilité de la mise en place de la distribution optique

En revanche, France Télécom ne met pas en place de distribution optique sur toutes les ZA, et lorsque c'est le cas, elle n'a pas d'obligation de la mettre à disposition des opérateurs alternatifs. Il semble donc opportun que l'Aménageur mette en place lui-même une distribution optique, ou simplement dans un premier temps les fourreaux et les chambres permettant de mettre facilement en place cette distribution ultérieurement. Il est à noter que l'Aménageur ne saurait empêcher un opérateur de mettre en place sa propre distribution optique dans la ZA, en sus de celle qu'il établit. Un opérateur de télécommunications bénéficie en effet d'un droit de passage en application de l'article L. 47 du code des postes et des communications électroniques.

2.4. Mutualisation des installations entre cuivre et optique

La distribution cuivre mise en place par France Télécom peut utiliser des installations mutualisées avec une distribution optique mise en place par l'Aménageur et il est alors souhaitable que les deux parties se rapprochent pour partager les coûts.

L'Aménageur peut considérer la partie des installations (fourreaux et chambres) utilisée pour la distribution cuivre de deux façons :

- Soit il considère qu'elle est entièrement à prendre en charge par France Télécom. Dans ce cas, il devrait proposer à France Télécom de partager le coût des tranchées et qu'en contrepartie France Télécom soit propriétaire des fourreaux et des chambres destinés au cuivre, selon un principe de co-construction.
- Soit il préfère la prendre en charge et en conserver la propriété, par exemple parce qu'il considère que les installations utilisées pour la distribution cuivre pourront dans le long terme être réutilisée pour renforcer la distribution optique. Dans ce cas, il les met à disposition de France Télécom à travers une convention.

En outre, si la ZA est importante, il peut être opportun de consulter les autres opérateurs positionnés sur le marché des entreprises pour explorer leur intérêt à mettre en place eux-mêmes une distribution optique. Cette consultation devrait s'effectuer de façon neutre, par exemple par une publicité dans une revue d'annonce légale et/ou professionnelle, de préférence avec un préavis beaucoup plus important que le délai - deux mois avant l'établissement des installations - prévu par l'article L. 1425-1 pour la communication du projet.

Si un ou plusieurs opérateurs sont intéressés, il faut adopter un schéma de co-construction, ou alors dimensionner plus largement les installations, afin de pouvoir louer des fourreaux et des chambres aux opérateurs intéressés.

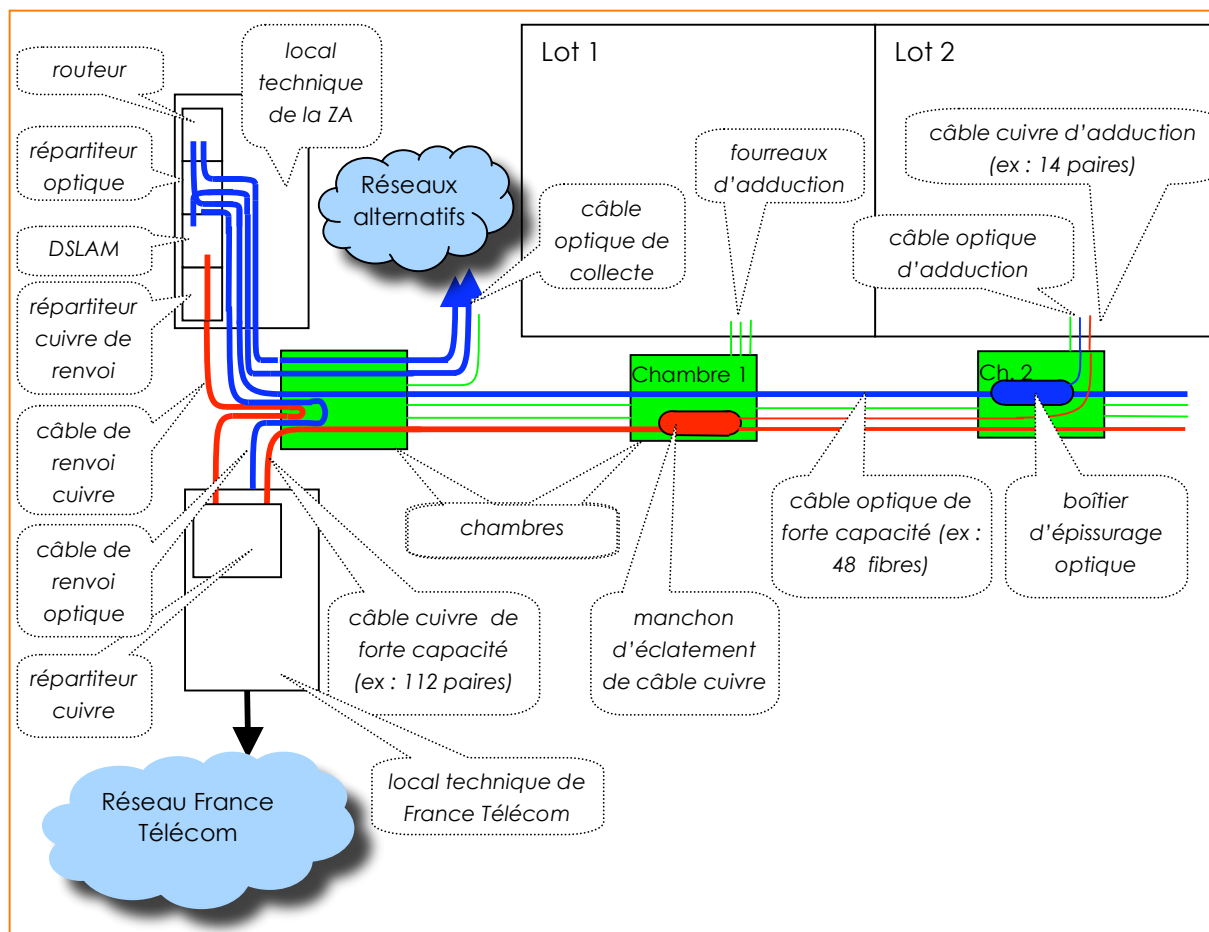
Le projet d'aménagement public mutualisé garde néanmoins tout son sens car il est probable que les opérateurs privés disposant d'une distribution optique ne l'ouvriraient pas à d'autres opérateurs dans des conditions attractives, et qu'il y aurait constitution d'un oligopole sur la ZA.

Seul le caractère public des installations garantit durablement que tout opérateur aura accès aux installations de communications électroniques dans des conditions attractives, ce qui est essentiel pour l'exercice de la concurrence sur la ZA.

D'ailleurs, une demande de co-construction est de bon augure sur le potentiel de demande supposé sur la ZA, ce qui renforce l'enjeu de l'existence d'installations publiques.

2.5. Schéma illustratif

Le schéma ci-après illustre la cohabitation des distributions optique et cuivre.



Par exemple, le lot 2 de la ZA bénéficie de 3 fourreaux d'adduction, dont l'un est utilisé par un câble optique de l'Aménageur et l'autre par un câble cuivre de France Télécom.

Ces câbles sont dérivés de câbles plus importants remontant respectivement au local technique de la ZA mis en place par l'Aménageur, et au local technique de France Télécom, abritant en particulier son répartiteur cuivre principal.

La dérivation s'effectue dans des équipements passifs situés dans des chambres. Il s'agit de manchons pour les câbles cuivre et de boîtiers d'épissurage pour les câbles optiques.

Il est à noter que le propriétaire du câble d'adduction ne préjuge pas de l'opérateur qui fournit le service haut débit sur ce câble. Ainsi sur cet exemple :

- Une des paires du câble cuivre d'adduction peut être dégroupée, puisqu'un câble permet de renvoyer cette paire du répartiteur de France Télécom au DSLAM d'un opérateur alternatif, via un répartiteur intermédiaire.

- Des fibres du câble optique d'adduction peuvent être renvoyées via le répartiteur optique soit à France Télécom, via le câble optique parallèle au câble de renvoi cuivre, soit à un opérateur alternatif. Elles sont alors renvoyées à un équipement (routeur ou splitter) hébergé dans le local technique de l'Aménageur, ou mises en continuité avec des fibres d'un câble de collecte extérieure à la ZA.

Ainsi cet aménagement est neutre sur le plan technologique et concurrentiel, puisque le lot 2 peut être desservi en DSL ou en optique, par France Télécom ou un opérateur alternatif.

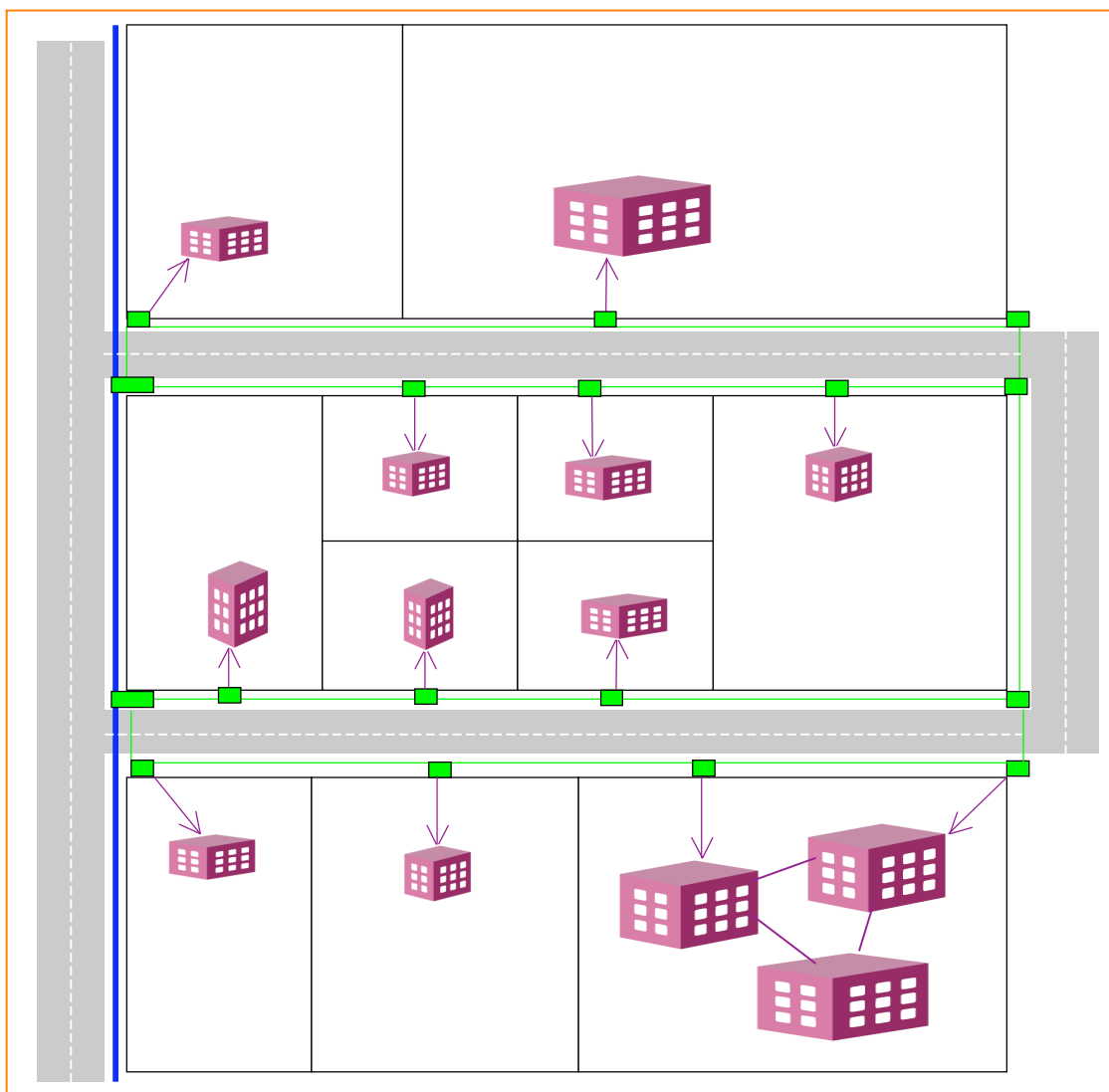
La matrice ci-après récapitule les installations utilisées dans chaque cas.

	France Télécom	alternatif
Desserte DSL	Distribution cuivre entre le lot 2 et le répartiteur cuivre de France Télécom	Idem + câble de renvoi cuivre entre le répartiteur de France Télécom et le local technique (où se trouve le DSLAM de l'opérateur alternatif)
Desserte optique	Idem que pour alternatif + câble de renvoi optique	Distribution optique entre le lot 2 et le répartiteur optique du local technique de la ZA

3. SPECIFICATIONS DES INSTALLATIONS

3.1. Architecture générale

Le schéma ci-après illustre l'aménagement d'une ZA :



L'aménagement public, représenté en vert clair, comprend :

- au moins une chambre de raccordement de la ZA aux installations extérieures (installations publiques ou installations(s) d'opérateur(s) privé(s)) ;
- un réseau de fourreaux souterrains ;
- des chambres en limite de propriété privée, permettant l'adduction de chaque lot.

Les caractéristiques de ces installations sont détaillées dans les chapitres suivants.

L'aménagement ne comprend pas la pénétration sur les lots, qui est privative et prise en charge par les entreprises résidentes ou leur opérateur. Ces adductions, réalisées à partir des chambres, sont représentées en violet sur la figure ci-dessus. Elles peuvent prendre la forme de véritables boucles privatives comme l'illustre le cas du lot en bas à droite de la figure. Pour une cohérence d'ensemble,

l'Aménageur doit imposer aux résidants les spécifications d'adduction stipulées en 3.12.

L'acheminement du trafic à l'extérieur de la ZA est assuré par les réseaux de collecte symbolisés en bleu. Il peut s'agir de réseaux d'initiative privée ou de réseaux d'initiative publique, ouverts aux opérateurs.

L'architecture générale du génie civil est déterminée principalement par une exigence de sécurisation. Celle-ci est particulièrement importante si des entreprises de la ZA ont de fortes exigences de disponibilité de leurs services de télécommunications. Les contrats de services que les opérateurs passent avec les entreprises comprennent d'ailleurs fréquemment des garanties de temps de rétablissement en 4 heures. Cette exigence de sécurisation est une des caractéristiques du marché des entreprises, par rapport à celui des particuliers.

Elle détermine les règles suivantes :

- Il est souhaitable d'établir deux chambres distinctes de raccordement de la ZA aux réseaux extérieurs. En outre, si les deux chambres de raccordement de la ZA sont sur la même conduite, la sécurisation sera difficile. Pour une sécurisation optimale, il faut deux canalisations différentes.
- Chaque chambre doit être raccordée à deux autres chambres, de sorte qu'il existe toujours deux chemins indépendants vers chacune des chambres d'entrée dans la ZA. Ainsi, en cas de coupure d'une canalisation nécessitant une intervention de génie civil lourde, il est possible de restaurer une continuité par un autre chemin sans attendre cette intervention.
- De préférence, chaque lot doit être desservi par deux chambres chacune pouvant être relié aux deux chambres de raccordement de la ZA par deux chemins physiques différents. Par exemple, le lot en bas à droite de la figure ci-dessus utilise une double adduction.

Il est à noter que l'exigence de sécurisation est peu compatible avec une implantation du génie civil d'un seul côté des rues et des traversées de chaussée par fonçage ou sciage. Cette dernière solution peut être plus économique lorsque les lots sont de grande longueur le long des rues, ce qui est fréquemment le cas en ZA. Mais la traversée de rue est un tronçon non sécurisé, au sens où il ne satisfait pas la seconde règle énoncée ci-dessus. Toutefois, elle est acceptable si l'on conserve la règle que chaque lot soit desservi par deux chambres. Ainsi, une entreprise ayant une forte exigence de sécurisation pourra bénéficier d'une double adduction sécurisée.

3.2. Implantation des fourreaux

3.2.1. *Implantation sous trottoir ou sous voirie*

En cas d'aménagement neuf, les réseaux télécoms sont implantés en même temps que les autres réseaux (assainissement, eau, électricité, éclairage public...). L'implantation est alors sous trottoir. Si possible, les réseaux sont placés les uns à côté des autres.

En cas d'équipement d'une ZA existante, il convient autant que possible de placer les chambres sous trottoir, en limite de domaine privé. Ainsi, la chambre est facilement accessible et marque la limite entre les installations publiques et l'adduction privée. En général, les fourreaux sont également placés sous trottoir en utilisant des techniques de génie civil traditionnel (mini pelle mécanique).

Alternativement, des techniques de génie civil allégé peuvent être utilisées¹. Il s'agit notamment de micro-tranchée d'environ 10 cm de large et 40 cm de profondeur, voire de dimension encore plus réduite.

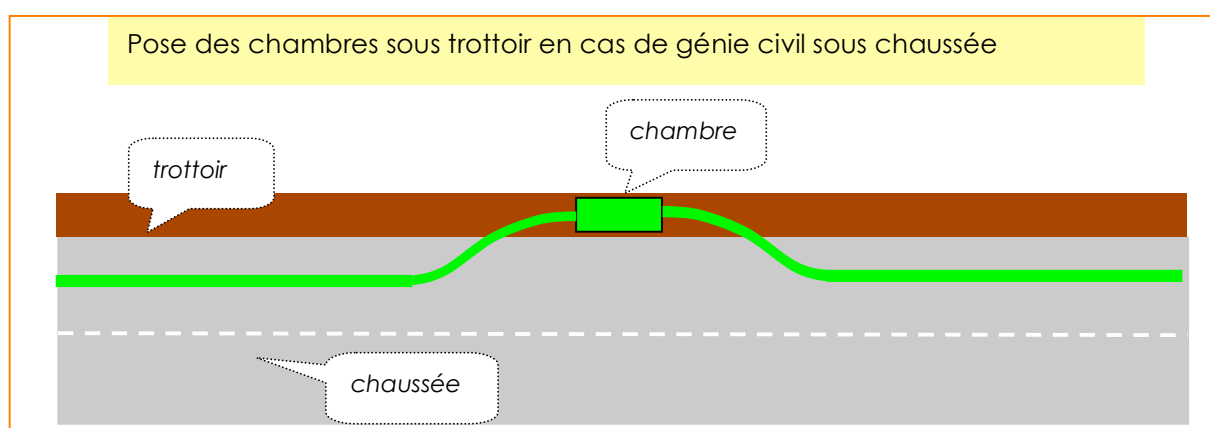
En effet, s'agissant de réseaux à courants faibles, la sécurité des personnes n'exige pas de les enfouir

¹ Voir à ce sujet www.sipperec.fr/nos_editions/CRgeniecivil.pdf ; on pourra également se référer au document « Génie civil allégé pour pose de réseaux en voirie urbaine - proposition de clauses techniques spécifiques pour les règlements de voirie » publié par le Laboratoire Régional de l'Ouest Parisien de la Direction Régionale de l'Équipement de l'Île de France, sur la base duquel une norme est en préparation

aussi profond que les réseaux à courants forts. Par ailleurs, on peut considérer que la sécurisation par une architecture en boucle pallie le surcroît de vulnérabilité de cette implantation moins profonde.

Ces techniques ont l'intérêt de permettre des chantiers plus rapides mais ne sont probablement plus économiques que dans des cas particuliers (chantier important, grande longueur des lots), surtout si la plus grande vulnérabilité des ouvrages amène à boucler davantage le tracé, par sécurité.

Elles sont mises en œuvre par des matériels lourds et sont adaptées à une implantation sous chaussée. Les fourreaux sont donc principalement implantés sous chaussée, avec des dérivation vers les chambres, en génie civil traditionnel. Dans ce cas, les fourreaux sont nécessairement en PEHD. Il est toutefois à noter que des développements sont en cours pour la mise au point de machines de taille réduite, permettant un génie civil allégé sous trottoir.



Le choix de l'implantation dépend d'une analyse technico-économique propre à chaque zone.

3.2.2. Cohabitation avec les autres réseaux

Lorsqu'un fourreau croise une autre canalisation (électricité, eau, gaz, assainissement), une distance minimale doit être respectée entre eux. Il est souhaitable de respecter une distance de 20cm, qui est la recommandation de France Télécom. Cette distance est portée à 40cm par rapport au chauffage urbain, sauf mise en place d'une protection spécifique.

Par ailleurs, il convient de prémunir les fourreaux de télécommunications de l'action des racines de grands végétaux (arbre, haies), en respectant une distance de 0,5m à 2m.

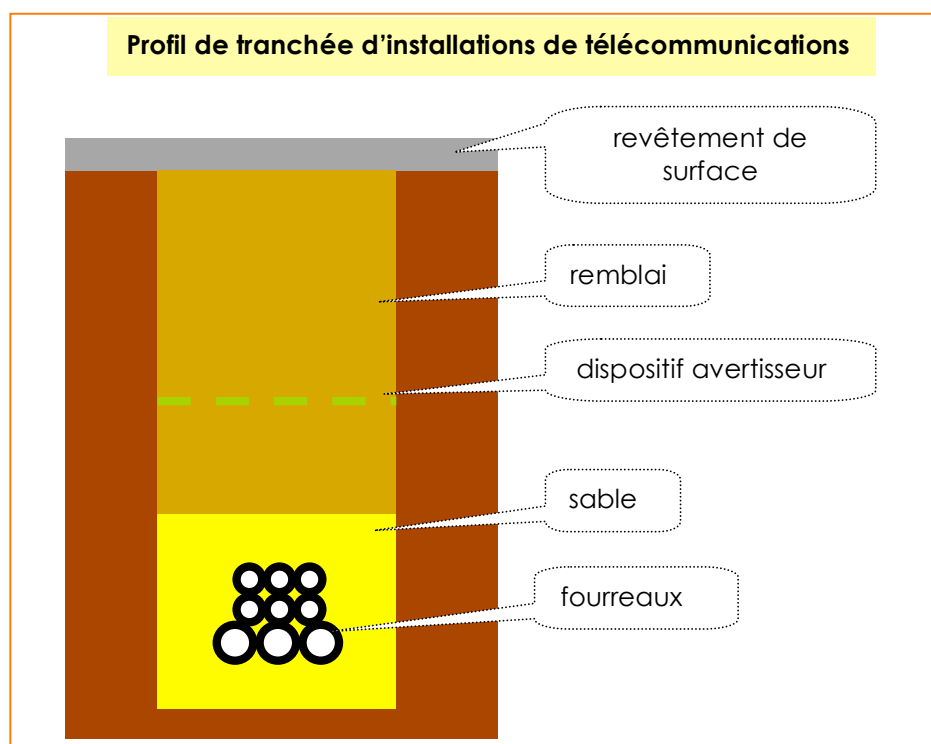
Dans les cas où il est ponctuellement impossible de respecter une distance de sécurité, il convient de protéger le fourreau par un ouvrage en béton ou en acier.

3.3. Profil de tranchée

En génie civil traditionnel (illustration ci-contre), la profondeur de couverture minimale du fourreau supérieur est de 0,80 m sous les chaussées et de 0,60 m dans les autres cas.

L'ouverture et le remblayage de la tranchée sont réalisés conformément aux dispositions de la norme NF P 98-331 "Tranchées : ouverture, remblayage, réfection".

La tranchée est réalisée selon le profil de principe représenté ci-après.



Comme l'indique ce schéma, elle comprend les strates suivantes, de bas en haut :

- Un fond de tranchée rectiligne, homogène et sans corps saillant.
- Les fourreaux entourés de 5 à 10 cm de sable dans toutes les directions.
- Une première strate de remblai, qui peut éventuellement être constituée des matériaux extraits de la tranchée. Elle ne doit pas comprendre de matériaux de grande taille ou saillants qui pourraient endommager les fourreaux.

- Un dispositif avertisseur, de couleur verte, conforme à la norme NF EN 12-613 (T 54-080), posé à une distance de 20 à 30 cm au dessus du fourreau supérieur.
- Une seconde strate de remblai, dont la composition peut être fixée par le règlement de voirie. A défaut un remblai en grave naturelle peut être approprié.
- Le revêtement de surface, à l'identique de l'environnement de la tranchée ; dans le cas d'une tranchée sur une voie non enrobée, la réfection de celle-ci sera à réaliser à l'identique de l'existant (pavés granités, dalles, béton désactivé...). Un échantillon devra être fourni pour validation par l'Aménageur avant toute réalisation.

3.4. Dispositif de localisation

Dans les réseaux de communications électroniques, il peut être indiqué de placer un dispositif de localisation au dessus des fourreaux supérieurs. Il consiste en un fil émettant un signal qui peut être détecté par un récepteur approprié. Ainsi, la position des fourreaux peut être identifiée très précisément.

Ce dispositif doit respecter la norme NF T 54-080 "Dispositifs avertisseurs pour ouvrages enterrés".

Ce dispositif est particulièrement recommandé dans le cas de réseaux en terrain naturel, où il est difficile de disposer de points de repères permettant de localiser précisément les réseaux à partir de leurs plans. Ce n'est pas le cas en ZA, où ce dispositif peut paraître superflu.

3.5. Caractéristiques des fourreaux

3.5.1. Matériau

Les fourreaux communément utilisés sont en PVC (polychlorure de vinyle) ou en PEHD (polyéthylène haute densité).

Le PEHD est souple, peut être posé en grandes longueurs et est très résistant à la pression. Il permet donc de contourner plus facilement les obstacles, ce qui est intéressant dans un sous sol encombré. Il est en outre particulièrement adapté aux techniques de génie civil allégé et à la pose de câbles par soufflage ou portage.

Toutefois, de façon générale, on préférera le PVC en ZA pour les raisons suivantes :

- il est moins cher au m ;
- l'encombrement du chantier peut être une préoccupation en ZA ; or le PVC est conditionné en tronçons de 6m alors que le PEHD est conditionné sur de très grands tourets ;
- la meilleure adaptation du PEHD à la pose de câbles par soufflage ou portage, n'a pas beaucoup d'intérêt en ZA puisque les faibles distances entre chambres permettent facilement la pose par tirage du câble.

Les fourreaux PVC utilisés seront de type LST (Ligne Souterraine de Télécommunications), conformes à la norme NF T 54-018 "Tubes en polychlorure de vinyle non plastifié pour lignes souterraines de télécommunications".

Les fourreaux sont éventuellement repérés par un marquage commun à tous les fourreaux.

En cas de choix des techniques de génie civil faible profondeur, les fourreaux adaptés sont en PEHD. Mais les préconisations qui suivent se focalisent sur le cas du PVC.

3.5.2. Nombre et taille

Le choix du nombre et de la taille de fourreaux doit prendre en compte les considérations suivantes :

- Il est possible de poser plusieurs câbles dans le même fourreau si son diamètre le permet. Toutefois il y a alors un risque d'endommager le(s) câble(s) déjà posé(s) lors de la pose ou la dépose d'un câble supplémentaire.

De plus, l'usage commercial est de dédier un fourreau à chaque Occupant qui souhaite passer un câble. Dans des installations ouvertes à plusieurs Occupants, il convient donc de disposer d'au moins un fourreau par Occupant potentiel. Mais les installations étant établies pour plusieurs dizaines d'années, il est impossible d'estimer précisément le besoin.

- Les diamètres de câbles optiques sont minimes (de l'ordre de 15mm au plus pour les câbles de 144 paires). Les fourreaux actuellement utilisés de façon standard sont de taille 42/45 mais des fourreaux plus petits seraient envisageables. Les fourreaux 42/45 permettent de tirer facilement deux câbles optiques ou peuvent être sous-fourreautés avec des micro-tubes de 8/10mm, ce qui permet de passer des câbles optiques de raccordement (4 à 12 fibres). France Télécom demande généralement des fourreaux plus importants (diamètre 60 ou 80) pour ses câbles cuivre.
- Il faut toujours disposer d'un fourreau libre dit « de manœuvre » pour pouvoir remplacer un câble de façon préventive, sans interruption du service.
- Même sur le tracé principal, un fourreau peut devoir être utilisé pour le raccordement client car la chambre d'où part le câble de raccordement (cuivre ou optique) d'une entreprise n'est pas toujours exactement celle desservant son lot. Par exemple, sur le schéma en 2.5, le câble cuivre de raccordement du lot 2 provient d'une chambre en amont du lot.
- Le coût d'un fourreau additionnel est relativement limité (de l'ordre d'1€/m, y compris fourniture et impact sur la tranchée), alors que le coût de création d'une tranchée s'il faut ajouter des fourreaux est assez élevé (de l'ordre de 55€/m HT). C'est pourquoi il est d'usage d'établir au moins un fourreau de réserve. En établir un plus grand nombre est envisageable après avoir examiné précisément les surcoûts induits :
 - coût direct des fourreaux (de l'ordre de 0,4€/m)
 - plus-value liée à une fouille plus profonde si le nombre de fourreaux oblige à les placer en plusieurs couches (environ 5€/m pour 10 cm)
- impact sur les masques des chambres (nécessité d'utiliser des masques spécifiques, les masques pré-perçés étant insuffisants) voire sur la taille des chambres (nécessité de rehausser les modèles normalisés ou d'utiliser des modèles normalisés supérieurs) ou même le nombre des chambres ;
- Un fourreau de diamètre assez élevé (54/63 mm ou 64/75 ou 77/90) ne coûte pas sensiblement plus cher qu'un fourreau de diamètre standard (42/45). Il peut être sous-tubé avec des tubes 22/24, acceptant tout câble optique, et à fortiori avec des tubes encore plus petits.

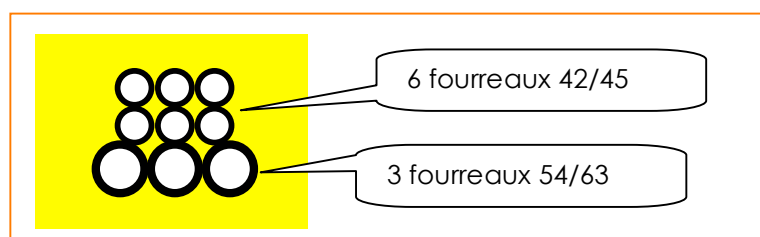
Compte tenu de toutes ces considérations, il peut être recommandé de poser les fourreaux suivants sur les artères principales du tracé :

- de 3 à 10 fourreaux standard 42/45 :
 - Le minimum de 3 correspond à un fourreau pour un câble principal de desserte optique mutualisé de la ZA, un pour les câbles d'adduction de lots et un de manœuvre.
 - Un nombre supérieur peut être justifié par les besoins d'adduction, pour dédier des fourreaux à des opérateurs, ou par souci de disposer d'une réserve plus importante. En particulier, si la zone comprend également des logements, il faut éventuellement prévoir au moins un fourreau pour un réseau câblé.

- 1 fourreau PVC de plus de 60 mm, en réserve pour un sous-fourreautage ultérieur (par exemple 3 tubes de 22/24 pour un diamètre 63mm, 4 pour un diamètre de 75mm) ;
- en cas d'aménagement neuf, 2 fourreaux PVC supplémentaires de plus de 60 mm pour le réseau cuivre de France Télécom (1 utilisé et un de manœuvre).

Pour les traversées de rue vers des chambres servant à l'adduction d'un ou deux lots, il est envisageable de se limiter à 5 fourreaux 42/45.

Le schéma ci-après fournit un exemple de masque de fourreaux correspondant à ces indications.



3.5.3. Rayons de courbure

Afin de respecter le rayon de courbure des câbles et surtout de faciliter leur pose, les changements de direction des fourreaux doivent respecter un rayon de courbure minimal, d'autant plus important que le diamètre du fourreau est élevé. Ce minimum devrait être d'au moins un mètre, et autant que possible de plusieurs mètres.

3.5.4. Dispositions dans les chambres

Aux arrivées dans les chambres, les tubes sont enrobés de béton sur le dernier mètre (voire 1,5m), écartés de 0,03 m les uns des autres et disposés en nappes horizontales au moyens de peignes. Ils sont enrobés de mortier formant un joint au niveau du masque de pénétration dans la chambre, et obturés avec les bouchons adaptés aux fourreaux.

Les fourreaux PVC sont coupés à l'arrivée dans les chambres. En vue du tirage de câble, les fourreaux sont équipés d'un fil de pré-aiguillage en nylon résistant à un effort de traction de 180 daN.

En revanche, on laisse les fourreaux en PEHD destinés au portage des câbles dépasser de 30cm dans la chambre, pour pouvoir les relier à la machine de portage.

Le profil des fourreaux doit être conservé tout au long du parcours, sans croisement dans les tranchées, afin qu'ils puissent être facilement repérés à leurs extrémités dans les chambres. Les masques dans les chambres doivent être identiques aux extrémités.

3.6. Chambres

3.6.1. Caractéristiques générales

Des chambres doivent être implantées :

- en limite de lot, de façon à ce que tout lot soit desservi par une chambre, ou deux pour des raisons de sécurisation ;
- tous les 100 m au plus ;
- à chaque changement de direction de plus de 45° ;
- à l'interface entre le génie civil et des installations réutilisées (éclairage public ...), le cas échéant.



Les chambres doivent être conformes à la norme NF P 98050. Celle-ci définit plusieurs types de chambres en fonction de leur taille et de leur position (trottoir ou chaussée).

La solution la plus classique est d'utiliser des chambres préfabriquées monobloc en béton armé. Toutefois ces chambres sont très lourdes (plusieurs centaines de kg), ce qui complexifie leur pose.

C'est pourquoi est apparu récemment un nouveau concept de chambres en matériau composite (polypropylène) plus léger, qui se montent en plusieurs éléments horizontaux emboîtés.

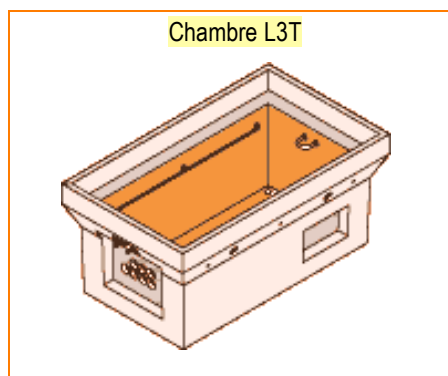
Les chambres doivent être posées sur un support bien nivelé pour éviter leur cisaillement.

Un trou d'évacuation d'eau est percé au fond de la chambre, sauf en cas de risque d'infiltration d'eau par le sous-sol. Il est indiqué de placer un puisard sous ce trou, pour améliorer l'évacuation des boues.

3.6.2. Taille

Les chambres courantes sont des L3T, de dimension intérieure P=60 cm ; L=138 cm ; l=52 cm.

Le masque de cette chambre est de 250*390 mm. Le préperçage standard est de 7 fourreaux de 45 mm, mais il est possible d'y passer 15 fourreaux de ce type en respectant la distance de 30mm entre fourreaux, ou 10 fourreaux 42/45 en sus de trois fourreaux 54/63.

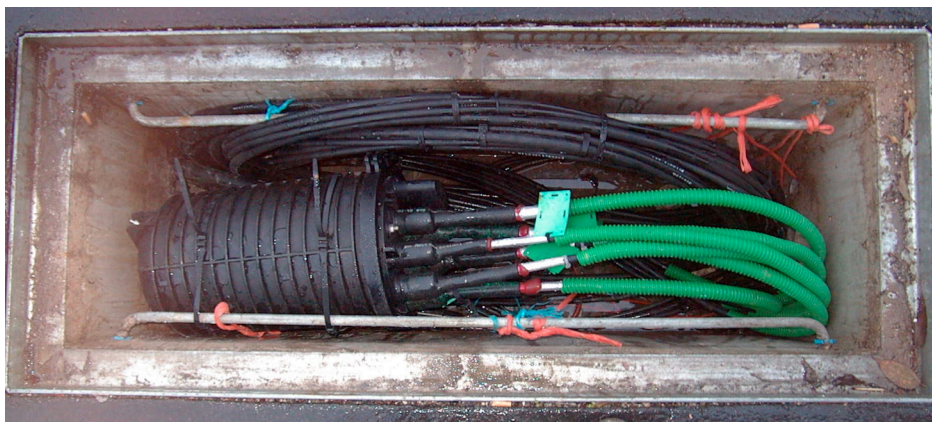


En principe, la taille de ces chambres permet l'implantation d'un équipement d'opérateur (boîtier d'épissurage ou manchon).

La photographie d'une L2T ci-dessous illustre que cette chambre est trop exiguë pour l'implantation d'un

équipement dans des conditions correctes.

Chambre L2T, trop exiguë pour son usage



Des L3T rehaussées, ou des L4T voire des L5T devront être envisagées si le masque des L3T ne permet pas de passer tous les fourreaux souhaités, ou de loger des équipements d'opérateurs. Ainsi, il est possible que France Télécom demande des L5T pour ses boîtiers d'épissurage.

D'autres types de chambres sont également prescrits dans des cas particuliers :

- des K2C (P=75 cm ; L=150 cm ; l=75 cm) à la place des L3T s'il n'est pas possible d'éviter une implantation sous chaussée
- deux L5T (P=120 cm ; L=179 cm ; l=88 cm), ou K2C pour le raccordement de la ZA aux réseaux extérieurs
- une L6T (P = 120 cm ; L = 242 cm ; l = 88 cm) devant le répartiteur ou sous-répartiteur cuivre de la ZA, et qui sera dite chambre « 0 » de ce répartiteur ou sous-répartiteur
- des L1T (52, 38, 60), voire des L0T (42, 24, 24), pour les chambres en antenne après traversée de chaussée, utilisées uniquement pour l'adduction de lots.

3.6.3. Fonctions de tirage et d'épissurage

Les chambres peuvent avoir deux fonctions :

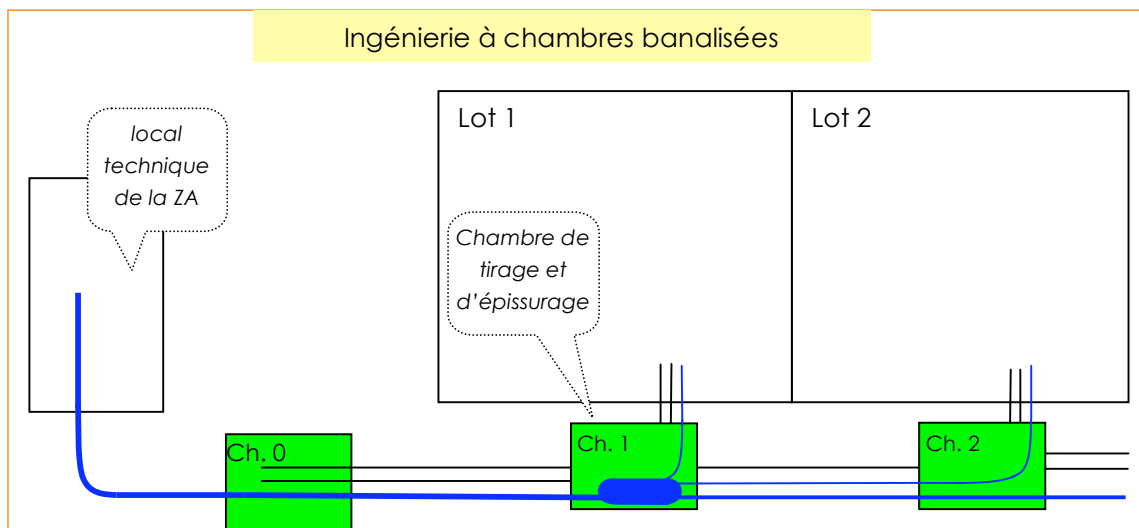
- Une chambre est dite de " tirage " quand elle sert seulement à faire passer des câbles dans les fourreaux. Elle est alors mutualisée, c'est-à-dire que les câbles qui y passent peuvent appartenir à n'importe quel Occupant. Un cas particulier est la chambre de raccordement d'un lot.
- Une chambre est dite " d'épissurage ", lorsqu'elle contient un boîtier permettant de raccorder plusieurs câbles, notamment pour dériver des paires de fibre vers différents lots ; elle héberge alors des réserves de câbles, qui y sont lovées (enroulées). Plus généralement, on peut parler de chambre " technique " pour désigner une chambre comportant un équipement (passif) d'opérateur, notamment boîtier d'épissurage optique, manchon de câble cuivre, voire coupleur optique (dans le cas d'une ingénierie PON).

3.6.4. Ingénierie à chambres banalisées

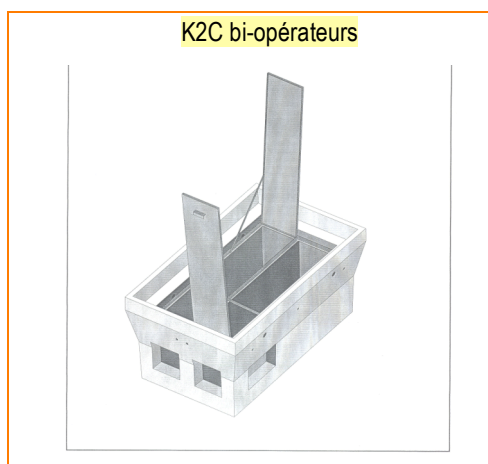
Dans une ZA assez dense, ayant un potentiel important, il peut être indiqué de banaliser les chambres, au sens où chaque chambre sert à la fois de chambre de tirage et de chambre technique. Elles sont alors de type L3T ou supérieur. Cette option a l'inconvénient qu'elle conduit à poser des chambres assez grandes a priori, pour que chacune puisse héberger un équipement, mais elle a l'avantage d'une plus grande

adaptabilité, et limite le nombre de fourreaux nécessaires puisque l'éclatement de câble peut se faire au plus près du besoin.

Pour des questions d'encombrement et de sécurité (éviter qu'une intervention sur un équipement d'éclatement de câble d'un opérateur ne perturbe un équipement d'un autre opérateur), une chambre d'épissurage est dédiée à un Occupant, au sens où un seul Occupant a l'autorisation d'y installer un équipement. Si un Occupant souhaite utiliser une chambre déjà utilisée par un autre, il faut qu'il se reporte sur une chambre voisine vacante. Toutefois, une chambre d'épissurage garde une fonction de tirage mutualisée.

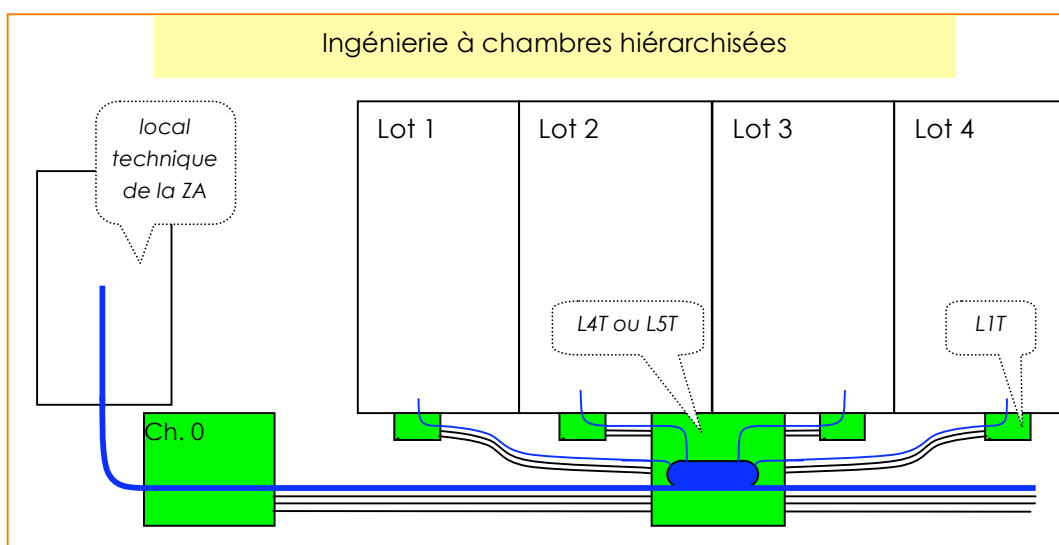


Si le besoin de mise en place d'équipements à un endroit donné risque d'excéder la configuration standard décrite ci-dessus (une L3T par lot, éventuellement doublée pour raison de sécurisation), on peut envisager de poser davantage de chambres de type L3T ou de poser des chambres K2C bi-opérateurs (près de 2 000 €). Il s'agit de chambres K2C avec une séparation dans la longueur, délimitant deux espaces distincts.



3.6.5. Ingénierie à chambres hiérarchisées

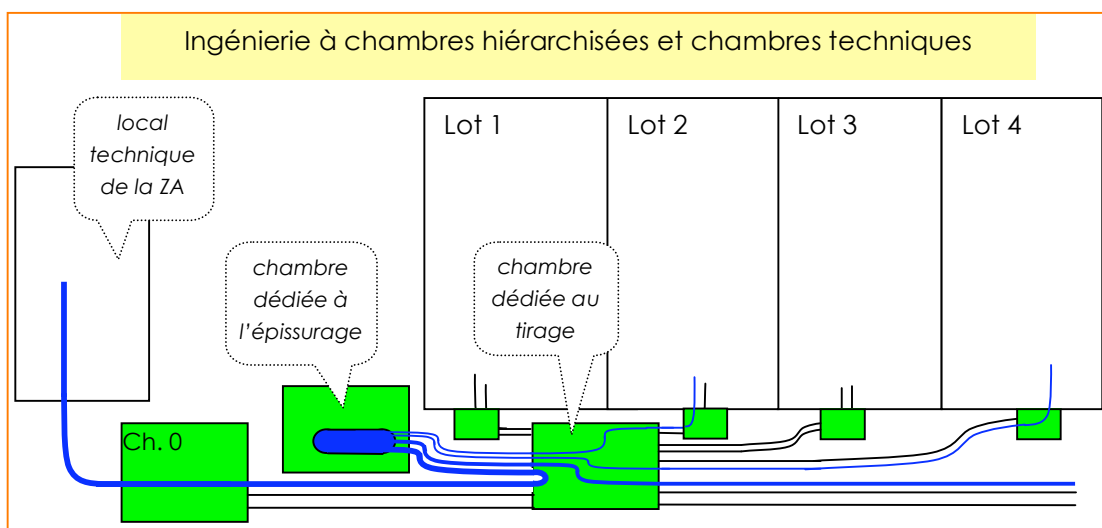
Si les besoins d'installation d'équipement semblent limités, il est plus économique de remplacer certaines L3T par des L1T (350€ au lieu de 700€ pour L3T). Une L1T est alors raccordée seulement à une L3T voisine par des fourreaux propres. Cette configuration peut également répondre à des contraintes d'encombrement du trottoir. Mais elle peut poser des problèmes de saturation des masques et présente moins de polyvalence puisqu'une L1T ne permet pas d'héberger d'équipements. La L1T est à préférer à la L0T, moins profonde et qui peut poser des problèmes de rayon de courbure des câbles si elle est encombrée.



3.6.6. Ingénierie à chambres hiérarchisées et chambres techniques

Une autre ingénierie envisageable consiste à poser une L5T, qui présente un masque beaucoup plus important qu'une L3T, pour environ une demi-douzaine de lots qui seraient équipés de simples L1T, et à poser une ou plusieurs L3T, ou K2C bi-opérateurs, dédié(es) à l'épissurage, à proximité de la L5T, dédiées au tirage.

Cette solution a l'avantage de séparer les fonctions tirage et épissurage, et peut être d'un coût équivalent à l'ingénierie "tout L3T" (une L5T à 1000€ + 1L3T à 700€ + 6 L1T à 350€ = 3800 € soit approximativement le coût de 6 L3T), mais elle apparaît moins souple, et peut poser des problèmes d'encombrement du sous-sol.

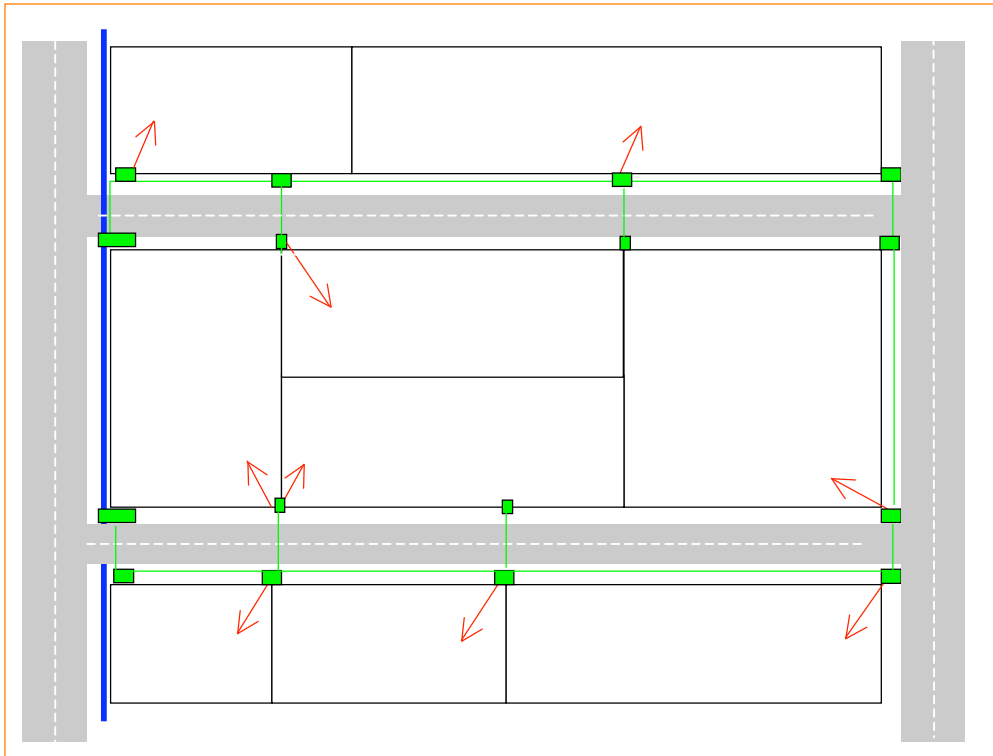


3.6.7. Optimisations d'implantation

Par ailleurs, dans le cas de l'aménagement d'une distribution purement optique dans une zone existante, donc déjà équipée en cuivre par France Télécom, il peut être envisagé de n'équiper de chambres que les lots des entreprises présentant le plus fort potentiel à court et moyen terme.

En outre dans ce cas, puisque le génie civil est dédié aux télécommunications, il y a moins de contraintes sur l'implantation des chambres et il faut alors envisager de placer une chambre à la limite de deux lots pour les desservir tous deux, si cela ne rallonge pas excessivement les adductions.

Le schéma ci-après illustre ce type d'aménagement.



3.6.8. Tampons

Les tampons doivent respecter la norme NF P 98311.

Ils sont de classe :

- 250 KN sur trottoirs, pistes cyclables, espaces verts...
- 400 KN sur chaussées.

L'Aménageur peut demander l'intégration des tampons dans l'aménagement environnant, ce qui peut conduire à utiliser des tampons permettant l'incrustation de dalles, de pavés granités, ou de béton désactivé. Dans ce cas, ils devront certainement être assistés pour respecter le code du travail sur les charges.

Un échantillon devrait être fourni pour validation par l'Aménageur avant toute réalisation.

S'il existe un risque de vandalisme ou de vol des tampons, il convient qu'ils soient verrouillables. Pour simplifier la gestion des clefs, le modèle de clefs sera commun à toutes les chambres. Si un opérateur a posé ses propres équipements et doit avoir accès aux chambres, deux méthodes sont possibles :

- l'accompagner lorsqu'il a besoin d'accéder aux chambres, mais cela peut être problématique en cas d'intervention d'urgence ;
- lui permettre de venir chercher une clef, ou lui confier une clef en permanence, avec un risque d'abus.

Les tampons devraient être marqués au nom de la collectivité.

3.6.9. Grilles de protection

Une grille de protection (en acier galvanisé ou autre matière) peut être installée sur un cadre à environ 10 cm du haut de la chambre, afin d'éviter la chute d'un tampon sur les câbles.

Ce dispositif est recommandable. Toutefois, France Télécom ne l'utilise pas.

Il est possible de verrouiller ces grilles. Cette solution est une alternative au verrouillage des tampons, mais elle ne prémunit pas contre les vols de tampon.

L'installation de la grille pourra ne s'effectuer qu'au moment de l'installation du premier câble

3.6.10. Masques

Les chambres béton classiques peuvent être livrées avec des masques pré-perçés selon la norme, à chaque extrémité perpendiculairement à l'axe principal de la chambre. Par exemple, une chambre L2T a un masque normalisé de 5 fourreaux à chaque extrémité et une L3T a un masque de 7 fourreaux.

Des fourreaux supplémentaires peuvent être percés dans les masques d'extrémité, dans la limite de la surface du masque et des intervalles à respecter. Une alternative est d'installer des chambres avec des masques pré-perçés à façon par le fournisseur.

Sauf adduction ou croisement de fourreaux, il est recommandé d'éviter de percer une chambre sur les côtés, afin de conserver une meilleure organisation des cheminements de câble dans la chambre.

3.7. Câbles optiques

Afin que l'Aménageur puisse offrir une continuité fibre depuis l'entrée de la ZA jusqu'à un lot, un fourreau du tracé principal est à équiper d'un câble optique. Les câbles de raccordement vers des L1T en antenne ne seront posés qu'en cas d'utilité.

La capacité du câble principal est de 144, 72 ou 48 fibres selon l'importance de la ZA.

Il doit être conforme aux normes suivantes :

- caractéristiques des fibres monomodes : G652 de l'ITU-T ;
- propriétés mécaniques (résistance en traction, écrasement, torsion, courbure étanchéité) : CEI-794-1-E1, E3, E7, E10, F5.

Toutes les fibres devraient provenir du même fournisseur pour assurer une homogénéité des caractéristiques.

L'atténuation linéique moyenne sera inférieure à 0,25 dB/km.

L'atténuation du signal optique lors de la traversée d'un connecteur (répartiteur optique, tiroir optique dans les chambres d'épissurage...) doit être inférieure à 0,5 dB.

L'atténuation du signal optique lors de la traversée d'une épissure doit être inférieure à 0,25 dB, et à 0,15 dB en moyenne.

La valeur maximum d'une irrégularité de transmission doit être inférieure à 0,1 dB.

Les câbles sont raccordés par fusion brin par brin dans un boîtier étanche installé en chambre, afin d'assurer la continuité optique. Les extrémités des câbles sont raccordées dans un tiroir optique.

Dans tous les cas, la pose d'un câble ne doit pas endommager les installations déjà présentes, ni

compromettre la sécurité des câbles existants, ni réduire la capacité d'utilisation des fourreaux non occupés. Les rayons de courbure prescrits par le constructeur doivent être respectés.

A la mise en place du câble, une réserve de 15 mètres de câble est lovée dans une chambre tous les 100 m au plus, en vue de la mise en place ultérieure de boîtiers d'épissurage.

Le repérage des câbles est impératif dans tous les ouvrages mutualisés. A cette fin, des étiquettes en plastique ou métal gravées, indiquant clairement son propriétaire ainsi qu'une l'identification du câble, sont fixées sur chaque extrémité des câbles, dans les chambres de tirage.

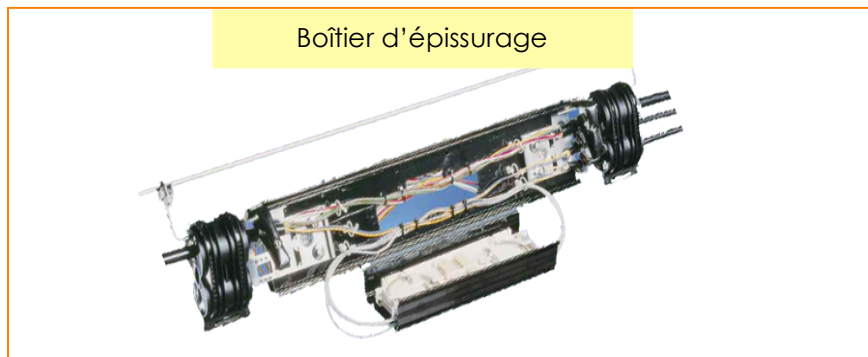
Les câbles eux-mêmes doivent porter de manière visible les informations suivantes :

- marque et modèle ;
- année de fabrication ;
- capacité en nombre de brins et type de fibre ;
- marquage métrique.

L'installation des câbles doit respecter les rayons de courbure indiqués par le constructeur, en principe 15 fois le diamètre du câble. Les câbles les plus importants étant de 20 mm, un rayon de courbure de 300 mm est toujours satisfaisant. En pratique, un rayon de courbure de 200 mm est suffisant pour la plupart des câbles usuels.

3.8. Boîtiers d'épissurage optiques

Les boîtiers d'épissurage sont de dimension assez importante de l'ordre de 40*20*20 cm afin de pouvoir respecter les exigences de rayon de courbure des fibres.



Dans ces boîtiers les câbles sont dénudés sur plus d'un mètre et lovés fibre par fibre. Les connexions entre fibre sont effectuées par soudure. Des loques de câble d'une quinzaine de mètres sont ménagés afin de pouvoir réaliser ces soudures à l'extérieur des chambres.

Une chambre L3T est minimale pour héberger un boîtier, du fait de son encombrement et de la présence des loques de câbles.

Parmi les qualités attendues d'un boîtier, figurent notamment son étanchéité, la facilité d'ouverture/fermeture et la facilité de manipulation des fibres.

3.9. Aménagement alternatif à base de micro-tubes

Cette ingénierie n'est adaptée qu'à la distribution optique, et pas à la distribution cuivre.

Le concept des micro-tubes est de réaliser l'adduction des utilisateurs avec des tubes de 10mm de diamètre seulement, voire de 7mm. Ces micro-tubes d'adduction se raccordent au tracé principal par des

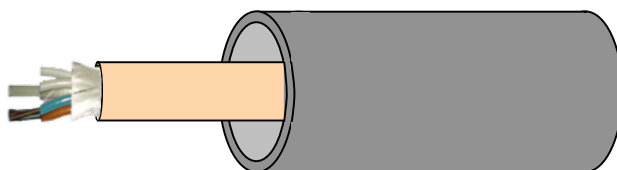
équipements en " y " tel que celui représenté ci-dessous. Quoique ces équipements soient directement enterrables, il semble prudent de les loger dans des chambres pour faciliter une intervention en cas de problème.

Équipement de dérivation de micro-tubes

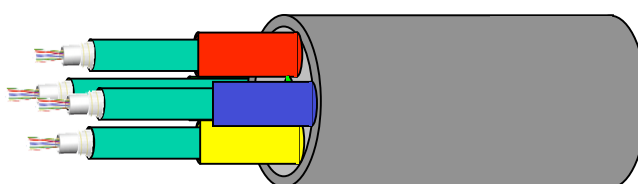


Sur le tracé principal, les micro-tubes sont regroupés en nappe dans des fourreaux. Alors que dans une ingénierie classique, le fourreau est occupé par un (parfois plusieurs) câbles directement posés dans le fourreau, dans le concept micro-tubes, le fourreau est occupé par des micro-tubes qui eux-mêmes sont occupés par des micro-câbles.

Implantation classique d'un câble dans un fourreau



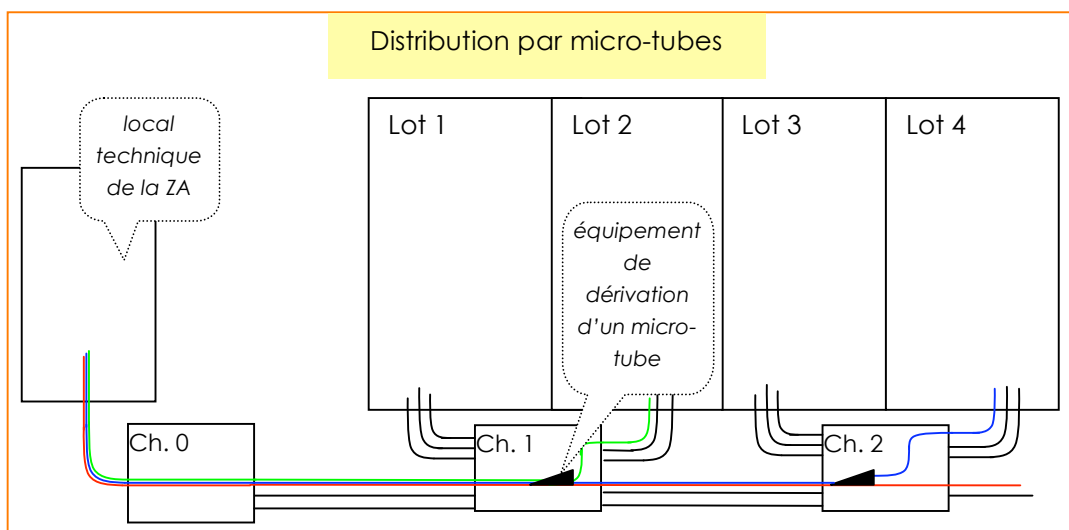
Concept micro-tubes



Il est possible de poser 5 micro-tubes de 10mm dans un fourreau PVC de 45. En partant dans 4 directions depuis le local technique de la ZA, on peut desservir jusqu'à 20 entreprises avec un seul fourreau par direction. Il est à noter qu'un tube de 10mm peut accueillir un câble de 72 fibres.

Les équipementiers proposent des sous-tubes plus petits (7mm, voire moins), ce qui permet théoriquement d'en poser davantage. Mais leur fragilité augmente fortement les aléas de la pose.

L'aménagement initial se limite à poser les micro-tubes. Les micros-câbles ne sont posés qu'à la demande, entreprise par entreprise. Cette pose s'effectue par soufflage depuis l'entreprise jusqu'au local technique de la ZA.



Les différences essentielles avec les ingénieries de distribution classiques sont les suivantes :

	Classique	Micro-tubes
Aménagement initial en sus des fourreaux	Tirage d'un câble principal + pose de boîtiers	Soufflage de sous-tubes + pose d'équipements de dérivation
Opération d'adduction	Tirage et épissurage d'un câble d'adduction sur le boîtier le plus proche ; le cas échéant, mobilisation d'un fourreau principal supplémentaire	Soufflage d'un micro-câble jusqu'au local technique

Il n'apparaît pas d'avantage économique manifeste aux micro-tubes.

- La fourniture et la pose d'un câble (environ 2,5 €/m) et de boîtiers (environ 300€ par boîtier) est plus économique que celle d'un système de micro-tubes (au moins 10 €/m en PVC) avec des équipements de dérivation (50€/boîtier).
- Dans les deux cas, l'adduction d'une entreprise nécessite l'intervention d'une équipe de deux personnes environ une demi-journée, soit un coût de l'ordre de 500€.

En outre la technique des micro-tubes est peu pratiquée en France, et elle est peu maîtrisée par la plupart des installateurs. Or elle est délicate, en raison de la faible taille des éléments.

En conclusion, cette ingénierie ne semble pas particulièrement indiquée dans le cas d'un aménagement de ZA neuve. Elle paraît en revanche très intéressante dans une ZA existante. En général, le nombre de fourreaux disponible est limité et les chambres déjà occupées par France Télécom. La technique des micro-tubes peut permettre de répondre à cette double contrainte en multipliant le nombre de tubes disponibles tout en n'impliquant qu'une occupation minimale des chambres. En effet, un équipement de dérivation est de taille très limitée, sans commune mesure avec un boîtier de dérivation et les loves correspondants. En outre, contrairement à un boîtier, il n'implique pas d'intervention après sa pose.

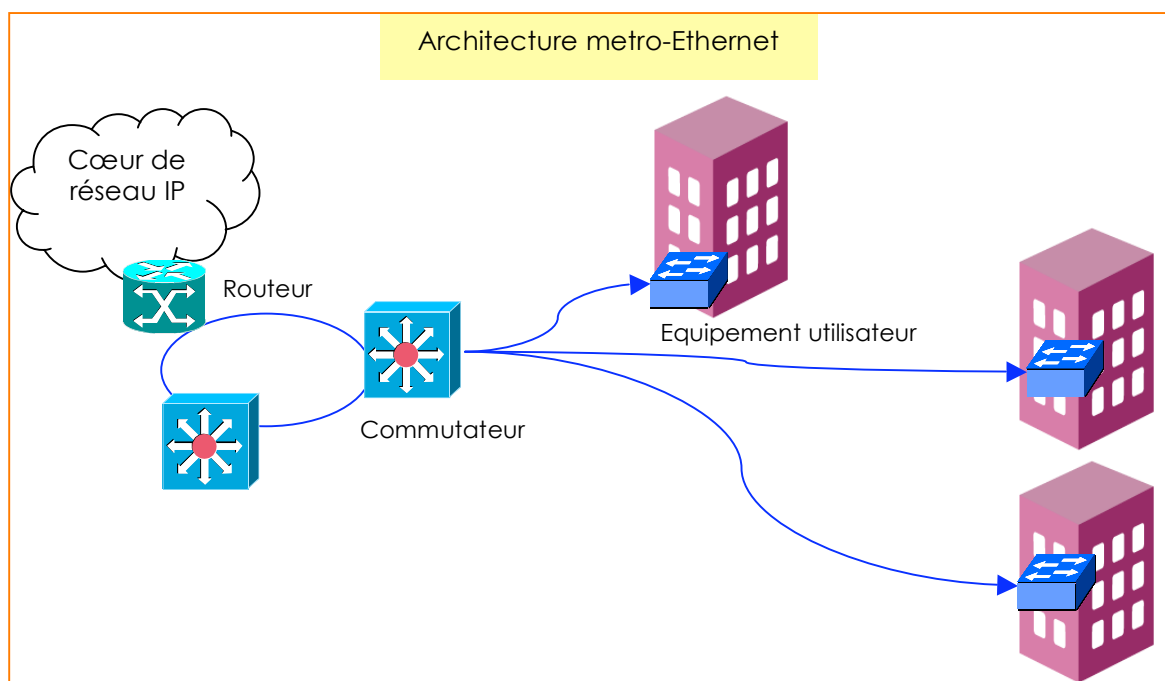
3.10. Ingénierie PON

L'ingénierie standard pour le raccordement optique d'une entreprise par un opérateur utilise une paire de fibre de l'entreprise jusqu'au premier équipement actif de l'opérateur.

Par exemple, en ingénierie du type metro-Ethernet, l'architecture peut être représentée comme sur la figure suivante.

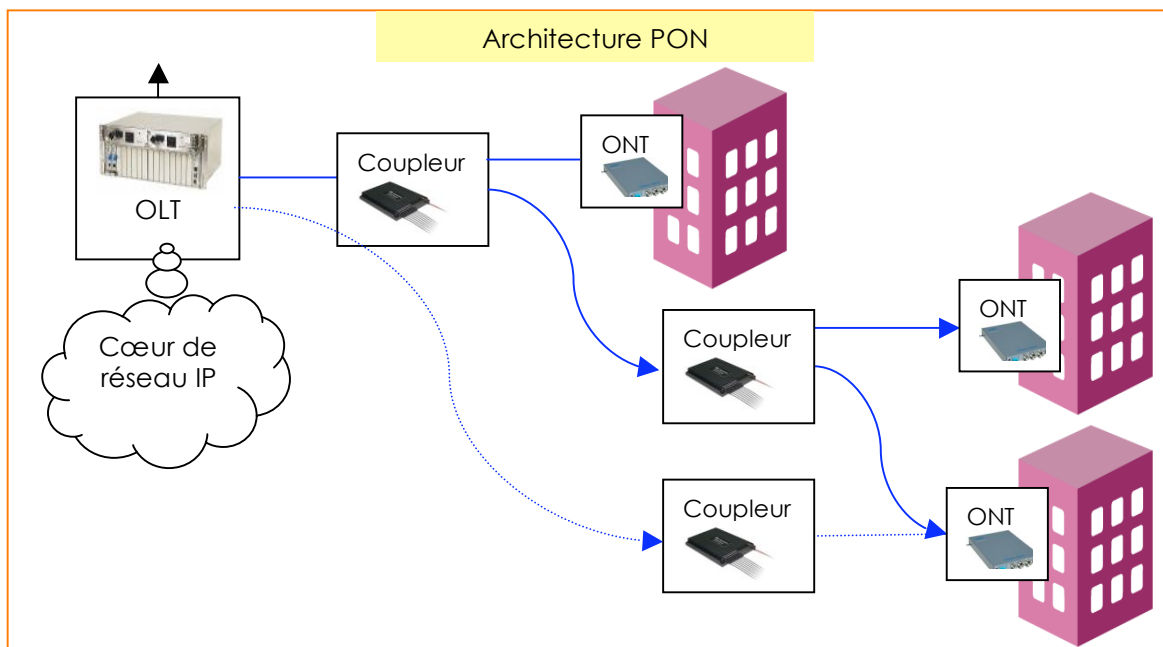
Le premier équipement d'opérateur en venant du client est en principe de type commutateur. Si l'opérateur a plusieurs clients sur la ZA, il a sans doute intérêt à implanter cet équipement sur la ZA, car il lui permet de n'utiliser qu'une paire de fibres (ou deux pour des raisons de sécurisation) sur la liaison de collecte.

Mais il peut également choisir de l'implanter à plusieurs kilomètres, la portée des équipements optiques standard le permettant tout à fait. Dans ce cas, il utilisera une paire de fibre par client.



La technologie PON permet quant à elle de partager une fibre optique entre plusieurs utilisateurs, chacun ayant accès à un très haut débit garanti, d'au moins plusieurs dizaines de Mb/s, en utilisant des composants passifs appelés "coupleurs".

Le schéma ci-après illustre cette ingénierie.



Le partage de la fibre est géré par un équipement de tête, l'OLT (Optical Line Termination), qui est un équipement électronique. Son correspondant côté utilisateur est l'ONT (Optical Network Termination), qui est également un équipement électronique. Entre OLT et ONT, l'aiguillage du signal s'effectue à travers des coupleurs optiques (splitters) qui sont passifs. Un splitter est un équipement de très petite taille, qui peut aiguiller le signal d'une fibre vers 2 à 32 fibres.

Chaque départ de fibre à partir de l'OLT constitue un PON, qui peut desservir jusqu'à 32 utilisateurs (ONT). Le débit au niveau de l'OLT est partagé entre eux, chaque utilisateur pouvant bénéficier d'un débit personnalisé garanti.

Il existe plusieurs normes PON : EPON, BPON et plus récemment GPON. Elles se différencient notamment par les protocoles de réseau utilisés et les débits disponibles.

La solution GPON offre une bande passante utile de 2,46 Gbits/s dans le sens descendant et de 1,24 Gbits/s dans le sens remontant, ce qui permet de garantir 100 Mb/s symétriques à une dizaine d'utilisateurs ou 30 Mb/s symétriques à une trentaine, sur un même PON.

Le raccordement d'un utilisateur peut être sécurisé par un second chemin de fibre, comme l'illustre le schéma ci-dessus (chemin en pointillés).

Cette ingénierie n'est pas encore déployée de façon opérationnelle en France et elle ne présente pas d'intérêt manifeste à l'échelle d'une unique ZA. En effet, si une distribution optique y est déployée, il y a en principe suffisamment de fibres pour desservir chaque utilisateur avec une fibre dédiée. De plus une offre PON peut susciter des réticences de la part des opérateurs, qui cherchent à limiter le recours à des liaisons en bande passante exploitées par des tiers, afin de mieux maîtriser leur qualité de service.

Toutefois, elle peut se justifier à l'échelle plus large de plusieurs ZA ou d'un territoire, et plusieurs projets de ce type devraient aboutir en 2006. Si une ZA équipée selon les orientations du présent document se trouve sur le territoire d'un opérateur PON, celui-ci pourra facilement s'y déployer, pour peu qu'il dispose d'une continuité optique depuis son OLT jusqu'au local technique de la ZA. Pour établir une distribution

optique à l'intérieur de la ZA, soit il établira un coupleur optique dans le local technique, et utilisera une fibre dédiée jusqu'à chaque utilisateur à partir de ce coupleur, soit il établira un ou des coupleurs optiques dans les chambres, voire dans les immeubles multi-entreprises, le cas échéant.

3.11. Alternatives au génie civil dans une ZA existante

Dans une ZA existante où l'Aménageur ne dispose pas immédiatement de fourreaux pour établir une distribution optique, creuser une tranchée pour poser des fourreaux est une opération coûteuse qui ne doit être engagée qu'en dernier recours, après avoir envisagé toutes les solutions alternatives. Plusieurs sont présentées ci-après. Il est malheureusement fréquent qu'aucune ne soit pertinente et qu'un génie civil dédié soit la seule solution pour établir des installations de télécommunications.

3.11.1. Reprise d'installations rétrocédées à France Télécom

Si les installations de communications électroniques (fourreaux, chambres) ont été rétrocédées à France Télécom après le 1er janvier 1997, la légalité de cette rétrocession est douteuse².

L'Aménageur peut donc tenter de faire valoir le maintien d'un droit de propriété publique sur les installations, afin d'en disposer.

Toutefois la reconnaissance de ce droit de propriété risque de devoir passer par des voies contentieuses longues (action en revendication de propriété ou en nullité de contrat, portée devant le tribunal de Grande instance).

3.11.2. Partage de travaux

Avant toute opération de génie civil, il convient de vérifier auprès des gestionnaires des autres réseaux et de la voirie, si des travaux de génie civil sont programmés, pouvant donner lieu à un partage des coûts.

Si une telle opportunité se présente, il ne faut pas toutefois sous-estimer les difficultés de mise en œuvre. En pratique, la coordination de travaux est souvent difficile, du fait des divergences de tracé, de calendrier et de contraintes techniques entre les différents maîtres d'ouvrages.

3.11.3. Pose en aérien

La pose en aérien consiste à poser les câbles, y compris optiques, sur des poteaux. Dans ce cas, les dérivations et épissures s'effectuent dans des coffrets fixés sur les supports.

Compte tenu de la tendance générale à l'enfouissement, la pose en aérien ne peut être envisagée que s'il existe déjà des câbles aériens, notamment d'électricité. Et dans ce cas, le partage des poteaux électriques est soumis à plusieurs conditions :

- la vérification préalable par EDF que les poteaux peuvent supporter le nouveau réseau (par le logiciel Camelia) ; il est fréquent qu'EDF demande le renforcement des appuis, ce qui entraîne des coûts importants ;
- le paiement d'une redevance forfaitaire, prenant en compte tous les coûts³, et qui ne revient que pour un tiers à l'autorité concessionnaire du réseau électrique ;

² Cf. analyse juridique dans le document « Zones d'activité - Nouvelles politiques d'aménagement numérique » publié par l'AVICCA. Cette analyse est corroborée par le rapport à ce sujet, diffusé avec le statut de projet au Comité des Réseaux d'Initiative Publique animé par l'ARCEP en décembre 2005.

³ Elle prend en compte le contrôle des études, le contrôle du respect du projet, la perte de suréquipement, la gêne d'exploitation,

- l'obligation d'assurer l'enfouissement du réseau optique si le réseau électrique vient à être enterré.

La pose en aérien est donc une solution rarement adoptée en pratique.

3.11.4. Pose dans les fourreaux d'éclairage public

Les fourreaux d'éclairage public étant la propriété de la collectivité, il est pertinent d'essayer d'y passer.

Mais en général, il n'y a pas continuité des fourreaux éclairage public, car ils remontent dans le pied de chaque candélabre. Dans ce cas, ils ne peuvent pas être utilisés pour passer un câble optique.

Lorsque la continuité des fourreaux est assurée, il y a alors des chambres au pied des candélabres. Il faut alors vérifier visuellement qu'il y a la place pour passer un sous-tube destiné à un câble optique, voire directement un câble. Si cela semble possible à première vue, il existe encore un certain aléa de faisabilité. En effet les fourreaux d'électricité sont en TPC annelé, non rigide, souvent posés sur un fond de fouille irrégulier. L'irrégularité du profil du fourreau peut y rendre le tirage impossible, surtout s'il est de diamètre limité (moins de 60mm).

De plus il reste à établir des chambres de télécommunications.

Cette solution est donc également rarement adoptée.

3.11.5. Utilisation de conduites désaffectées

Lorsque des conduites (de gaz, d'égout, etc.) ont été désaffectées à l'occasion de travaux de modernisation, elles peuvent éventuellement être sous-tubées (éventuellement en micro-tubes), pour recevoir des câbles optiques.

Il faut au préalable vérifier l'état de ces conduites, et trouver un accord avec leur propriétaire. Il faut en outre construire les chambres de télécommunications nécessaires.

3.11.6. Partage d'installations avec France Télécom

Dans une ZA existante où France Télécom est légalement propriétaire des installations de communications électroniques, l'Aménageur peut lui demander de les utiliser.

L'article 47 du Code des Postes et des communications électroniques prévoit une procédure de partage, mais seulement entre les opérateurs de télécommunications⁴. Elle n'est donc pas invocable par l'Aménageur, sauf s'il a concédé la construction à une société ayant le statut d'opérateur.

Quoi qu'il en soit, le tarif est proposé par France Télécom au cas par cas, notamment en fonction du coût de construction des installations. Il s'est situé jusqu'à présent dans une fourchette de 2 à 8€ HT/m par an, en sus de frais d'accès au service, ce qui est rarement compétitif dans une vision de long terme, par rapport à l'établissement d'installations nouvelles.

De plus, la présence d'un agent de France Télécom est requise à chaque intervention dans les installations partagées, ce qui est une contrainte d'exploitation non négligeable, et un facteur de surcoût.

l'entretien et le renouvellement des appuis

⁴ La procédure est la suivante :

- l'opérateur fait une demande de permission de voirie à l'autorité compétente ;
- celle-ci invite France Télécom au partage ;
- France Télécom étudie la faisabilité du partage et donne suite si techniquement possible.

Toutefois France Télécom pourrait prochainement proposer, au moins aux opérateurs, un tarif plus attractif pour le partage de son génie civil en zone d'activité de 0,95 € HT/m par an.

En outre, le Grand Nancy et France Télécom ont toutefois conclu une convention pour une utilisation réciproque de fourreaux existants ou à créer, au même tarif (0,7 €/m par an).

Il semble donc que la voie de la négociation directe avec France Télécom, en dehors de l'article 47, puisse être explorée.

3.11.7. Recours aux technologies alternatives

Le coût du génie civil peut pousser à envisager des technologies alternatives légères en génie civil, telles que les Courants Porteurs en Ligne (CPL), le WiFi, le WiMAX dans les bandes de fréquences faisant l'objet de licences, le WiMAX en dehors de ces bandes (à 5 Ghz) ou encore une boucle locale radio à 26 Ghz.

3.12. Branchements privatifs –boucles privatives

Le branchement privatif est à la charge de l'acquéreur du lot, en vertu de l'article L332-15 du code de l'urbanisme.

Les points développés ci-après sont à considérer comme un cahier des charges que l'Aménageur doit fixer aux acquéreurs des lots, dans le cadre de la convention acquéreur / Aménageur.

3.12.1. Principes techniques

Les branchements privatifs se font par des fourreaux qui assurent la liaison entre un local technique mutualisé d'un immeuble (ou une boucle locale privative) et la boucle locale de la ZA par le biais d'une chambre d'interconnexion.

L'adduction d'un lot comprend au moins 3 fourreaux de diamètre 42/45. Le nombre de fourreaux est plus important si le lot à desservir comprend de nombreuses entreprises dans un même immeuble.

L'Aménageur met à disposition des chambres à proximité immédiate de chacun des lots, autant que possible en limite de propriété. Tout opérateur souhaitant pénétrer un immeuble déjà raccordé (hors existant France Télécom) doit utiliser la chambre de branchement construite à cet effet.

Ensuite, à partir de cette chambre, l'acquéreur du lot construit les ouvrages de télécommunications à l'intérieur de son lot (lotissement, immeuble...).

Le mode de raccordement d'un lot est laissé à l'initiative de l'acquéreur qui est libre de sécuriser ou non le raccordement de son lot aux installations de la ZA.

Dans le cas où plusieurs bâtiments sont prévus sur un lot, ceux-ci doivent être raccordés par une boucle privative garantissant aux résidents un accès sécurisé à l'ensemble des services de télécommunication disponibles sur la ZA.

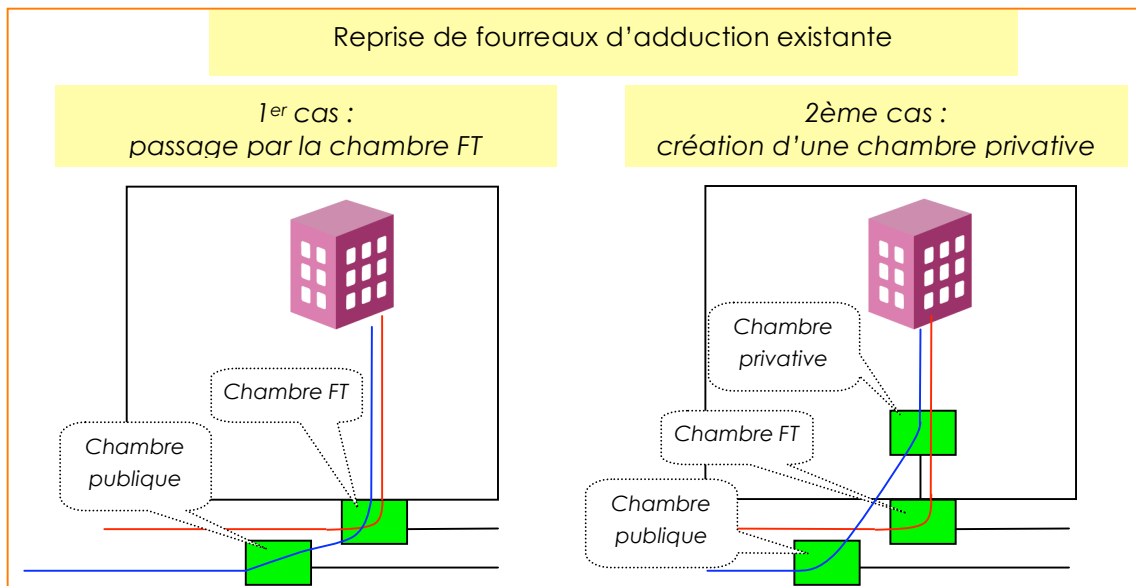
Les raccordements optiques peuvent se faire avec des câbles de 4 ou 6 fibres seulement.

Il est à noter que des câbles mixtes fibre optique / électricité pourraient être utilisés à terme, puisque la fibre est insensible aux perturbations magnétiques provoquées par les courants forts.

3.12.2. Cas de l'aménagement d'une zone existante

Dans le cas de l'aménagement optique d'une ZA existante, il existe déjà des fourreaux d'adduction, généralement au moins deux dont l'un est utilisé par France Télécom. Dans ce cas la solution d'adduction la plus simple est d'utiliser l'autre fourreau.

Il y a alors deux façons de procéder, comme l'indique le schéma ci-après.



Dans le premier cas, France Télécom autorise, après étude, le passage par sa chambre de branchement située sur le domaine public, pour accéder à l'extrémité du fourreau privatif. France Télécom effectue cette étude notamment lorsqu'elle a été appelée au partage dans le cadre de l'article 47 du Code des Postes et des communications électroniques. Il faut en particulier que le masque de la chambre de France Télécom permette le raccordement à la chambre publique.

Le second cas consiste à récupérer un fourreau existant sur le domaine privé. A cette fin, il convient d'implanter la chambre publique au plus près des chambres de branchement de France Télécom, et de récupérer le fourreau existant vide dans le domaine privé, au plus près du domaine public pour limiter le génie civil. A cet endroit, une chambre privative sera établie. Comme elle englobera le fourreau utilisé par France Télécom, on utilisera une chambre sans fond, posée sur un lit de béton coulé.

Cette façon de procéder est courante dans le cas du raccordement d'un particulier à un réseau câblé.

S'il n'y a qu'un seul fourreau, France Télécom peut accepter son partage, après une étude technique de faisabilité, s'il est d'un diamètre suffisant⁵.

3.12.3. Modalités de mise en oeuvre

L'acquéreur d'un lot fait réaliser l'adduction, soit par son opérateur, soit par une entreprise de travaux. Dans tous les cas, il fait respecter les spécifications du présent cahier des charges.

Le raccordement aux chambres sur le domaine public de la ZA se fait en coordination avec le Gestionnaire des installations de télécommunications de la ZA, et sous son contrôle.

⁵ cf. Cahier des charges techniques de mise à disposition des ouvrages de France Télécom à des câblo-opérateurs, 1994, chapitre 2.1.4

A la fin des travaux, le Gestionnaire met à jour son système d'information concernant les installations établies sur le domaine public, notamment les chambres de branchement.

3.13. Hébergement technique

3.13.1. *Implantation en vue du dégroupage*

S'il est économiquement pertinent pour les opérateurs, le dégroupage d'un répartiteur ou sous-répartiteur situé sur la ZA peut être facilité par un aménagement adéquat, dans le cadre du schéma de dégroupage dit « à une localisation distante » (cf. Offre d'accès à la boucle locale de France Télécom⁶), qui semble le mieux adapté dans ce contexte. Le schéma alternatif de cohabitation dans les locaux de France Télécom est en effet plus coûteux et comporte en particulier des coûts fixes assez lourds au regard du nombre réduit de clients potentiels qu'un opérateur alternatif peut espérer trouver dans une ZA.

Il convient alors d'identifier avec France Télécom la première chambre située sur le domaine public à l'extérieur du bâtiment France Télécom, appelée chambre « zéro (0) ». Une chambre des installations publique sera placée à proximité immédiate de la chambre « 0 » (quelques mètres), afin de faciliter la pénétration de cette dernière par tout opérateur souhaitant dégroupier.

Si un local technique est implanté sur la ZA, il sera implanté le plus près possible de la nouvelle chambre, de préférence à quelques dizaines de mètres au plus, afin que la longueur du câble de renvoi ne pénalise pas le débit des lignes dégroupées. Le local sera relié à la nouvelle chambre jouxtant la chambre « 0 », par une nappe de fourreaux destinés au câble de renvoi. Si la ZA est à aménager, l'aménagement est plus simple puisque le local technique de la ZA est à relier directement à la chambre « 0 ».

Si le dégroupage n'est pas pertinent sur la ZA, le local technique peut être implanté sur le réseau mutualisé sans tenir compte du réseau cuivre de FT.

3.13.2. *Local classique*

Le local technique héberge les équipements (DSLAM, switchs, routeurs...) de plusieurs opérateurs dans le même espace, ainsi que les équipements communs (répartiteur d'éclatement du câble de renvoi cuivre, s'il est mutualisé ; répartiteur optique des fibres publiques...). Il permet d'éviter la multiplication des chambres techniques sur le domaine public. Par sécurité, il est dédié à l'hébergement d'équipements de communications électroniques.

⁶http://www.francetelecom.com/fr/groupe/initiatives/savoirplus/documentation/offres/att00022719/Offre_de_degroupage_du_27_décembre_2005.pdf

Il s'agit généralement d'un petit bâtiment technique de type Shelter.



Les caractéristiques clefs de ce local sont les suivantes :

- dimension minimale de l'ordre de 10m², permettant l'implantation d'au moins 3 baies 600 x 600 simple face, et des répartiteurs nécessaires ;
- accès sécurisé par badge ;
- possibilité d'ouverture à distance ;
- ventilation assurant que la température ne peut dépasser 40° (température maximale de bon fonctionnement des équipements de télécommunications), ou climatisation si la ventilation risque d'être insuffisante ;
- chauffage assurant une température minimale de 10°, si nécessaire ;
- éclairage de sécurité sur batterie autonome ;
- remontée d'alarmes température, incendie, effraction, énergie ;
- ligne téléphonique dédiée à la remontée d'alarmes ;
- répartiteur optique sur ferme ou en tiroir ;
- répartiteur cuivre, en cas de dégroupage ;
- alimentation 220V sécurisée ;
- protection anti-foudre ;
- conducteur de mise à la terre ceinturant le local ;
- trémie de passage des câbles à travers le plancher et chemins de câble télécoms en hauteur.

L'aménagement peut en outre comprendre :

- une baie électrique assurant une distribution 48V et comprenant un onduleur ;
- une baie mutualisée 600*600.

Si le local technique n'est pas destiné au dégroupage, il peut être implanté dans un bâtiment de la ZA (par exemple une pépinière d'entreprise ou un autre local technique), à conditions que les exigences techniques ci-dessus puissent être satisfaites, notamment pour ce qui concerne l'accès et la protection.

3.13.3. Alternative : baie extérieure

Dans une ZA petite ou moyenne, il peut être suffisant d'envisager une armoire de rue mutualisée, permettant de " racker " des équipements comme dans une baie intérieure.



Cette armoire doit être placée en respectant les contraintes suivantes :

- accessibilité 7j/7, 24h/24 ;
- à l'abri des percussions par des véhicules ;
- en position ombragée.

Il est toutefois à noter que ce type d'armoire ne permet pas d'héberger l'éclatement d'un câble de renvoi entre plusieurs opérateurs, s'il est nécessaire. Mais il peut alors être envisagé d'y procéder dans une chambre.

En tout état de cause, il convient de vérifier l'adéquation d'un tel équipement aux besoins des utilisateurs potentiels, avant de l'implanter.

4. MISE EN OEUVRE

Ce chapitre ne décrit pas dans le détail les différentes phases de mise en oeuvre des installations de ZA selon les principes décrits ci-dessus, mais souligne quelques points qui requièrent une attention particulière lors de cette mise en oeuvre.

4.1. Communication légale

Conformément à l'article L.1425-1 du Code Général des Collectivités Territoriales, l'établissement des installations doit donner lieu préalablement à publication dans un journal d'annonces légales.

Le délai légal est de deux mois, sans que le législateur ait précisé s'il s'entend par rapport au début des travaux de mise en oeuvre, ou par rapport à la décision de les lancer. Par prudence, il est préférable de retenir cette seconde interprétation.

En outre, il peut être judicieux de se servir de cette publication pour identifier tous les opérateurs à consulter au cours de l'étude technique. Dans ce cas, la publication doit même intervenir en amont de cette étude.

4.2. Etude technique

L'étude technique vise à spécifier précisément les installations de télécommunications à réaliser, à l'intérieur de la ZA, et à l'extérieur le cas échéant.

Le choix du bureau d'études s'effectue conformément aux procédures des marchés publics. France Télécom se positionne parfois comme bureau d'études, mais n'a aucune prérogative particulière dans cette activité. Si elle bénéficie d'une compétence certaine, notamment pour ce qui concerne les réseaux cuivre, elle n'est pas nécessairement la mieux placée pour concevoir des installations mutualisées et ouvertes aux opérateurs.

Le bureau d'étude devra consulter chaque opérateur désireux de s'implanter sur la ZA. Deux modes de collaboration sont envisageables :

- si l'opérateur a choisi de co-construire, il réalise sa propre ingénierie mais il faut une coordination ;
- s'il compte utiliser les installations, le processus devrait être le suivant :
 - l'opérateur fait connaître ses besoins
 - il valide les aspects de la solution technique qui le concerne
 - il signe la convention de mise à disposition
 - la collectivité lance les travaux.

Ceci concerne notamment France Télécom, qui a une obligation de desserte en tant qu'opérateur chargé du service universel.

A l'issue de l'étude, le document fourni, par le bureau d'études à l'Aménageur comprendra :

- un plan de génie civil au 1/200ème dans lequel figurera :
 - les points de raccordement de génie civil du site aux réseaux existants et notamment à celui de France Télécom
 - le tracé des tranchées,
 - les chambres de tirages mutualisées,
 - les chambres techniques des opérateurs, le cas échéant
 - une coupe en travers type de la tranchée (nombre de fourreaux, diamètre des fourreaux, profondeur, largeur)
- les spécifications détaillées du local technique, le cas échéant ;

- les réponses aux Demandes de Renseignement (DR) faites au gestionnaire de voirie, le cas échéant ;
- les plans papier descriptif des chambres au 1/50^{ème}.

Lorsque sur un tronçon, la tranchée type n'est plus respectée (exemple changement du nombre de fourreaux), la nouvelle coupe en travers sera indiquée sur le plan.

Dans le cas de l'aménagement d'une ZA existante, sur le plan technique, la phase d'étude doit en particulier examiner les solutions alternatives éventuelles à la mise en œuvre d'un génie civil coûteux (cf. 3.11).

4.3. Réalisation

Pour une plus grande cohérence des travaux, il peut être préférable d'utiliser la même entreprise pour réaliser la fouille, poser les fourreaux et poser les câbles optiques.

Avant tout démarrage des travaux, l'entreprise fera valider par le Maître d'œuvre retenu :

- le choix de ses fournitures,
- ses plans d'exécution,
- ses Déclarations d'Intention de Commencement de Travaux (DICT) au gestionnaire de la voirie,
- ses autorisations de voirie et arrêtés de circulation.

A l'issue des travaux, les dossiers d'ouvrage exécutés devront comprendre les éléments suivants :

- plan de situation au 1/5000^{ème}, en format papier et/ou électronique ;
- plan de récolement au 1/200^{ème}, en format papier et/ou électronique, dans lequel les fourreaux et les chambres seront localisés par rapport à des points fixes ou géo-référencés ;
- un dossier par chambre comprenant une photo de situation, une photo de la chambre elle-même et un schéma des différents masques ;
- documentation technique des équipements optiques (câbles, boîtiers, connectique).

Les plans en format électronique seront intégrables dans le référentiel du gestionnaire de la voirie.

4.4. Recette

Il s'agit de s'assurer que tous les éléments du réseau ont été réalisés dans les règles de l'art, en procédant à des vérifications systématiques.

Génie civil

Il convient de contrôler la profondeur d'enfouissement pendant les travaux et la qualité de la réfection des surfaces.

Chambre

Il convient de contrôler leur disposition et le respect des caractéristiques indiquées ci-dessus.

Fourreaux

Après la pose des fourreaux, il convient de vérifier leur gabarit (absence d'écrasement).

La vérification du gabarit s'effectue en tirant un mandrin dans chaque fourreau. Ce mandrin a un diamètre environ 5mm inférieur au diamètre théorique du fourreau.

Les fourreaux PEHD doivent de plus faire l'objet d'un test d'étanchéité, par mise sous pression à 1 bar de chaque fourreau pendant au moins 1 heure.

Fibre

Il convient de procéder à des mesures optiques de réflectométrie aux longueurs d'onde 1310 et 1550 nm. Les courbes obtenues seront conservées afin de pouvoir surveiller le vieillissement des fibres.

5. EXPLOITATION DES INSTALLATIONS

L'exploitation des installations comprend la gestion de la mise à disposition et un ensemble d'activités d'exploitation technique :

1. Gestion documentaire
2. Gestion des DR & DICT
3. Représentation technique locale
4. Maintenance préventive
5. Maintenance curative

Ces tâches sont détaillées ci-après.

Comme indiqué au chapitre 5.7, elles peuvent être en tout ou partie externalisées, notamment les activités techniques.

5.1. Gestion de la mise à disposition

La gestion de la mise à disposition comprend :

- **La promotion** des installations aux agents chargés de la commercialisation des lots, aux entreprises résidentes et aux opérateurs
- **L'adaptation des offres** aux besoins des Occupants et aux évolutions du marché
- **La contractualisation** avec les Occupants
- **La facturation** des Occupants.

5.2. Gestion documentaire

La gestion documentaire comprend :

- **La conservation des plans** et bases de données descriptives des installations, sur la base des Dossiers des ouvrages exécutés
- **Leur mise à jour** à chaque modification des ouvrages (déplacement, extension, suppression, ...) et à chaque mise à disposition d'installations (fourreau, fibre...) à un Occupant.

Cette gestion s'effectue, le cas échéant, sur le SIG de la collectivité, ou sur un logiciel spécifique à la gestion d'installations de communications électroniques. Ce logiciel doit notamment gérer l'occupation de chaque fourreau.

5.3. Gestion des DR et des DICT

Les diverses interventions, d'extension ou de maintenance des installations doivent se faire dans le respect des réseaux avoisinants.

Aussi, la puissance publique a mis en place une procédure de publicité des intentions de travaux à laquelle les concessionnaires de réseaux se doivent de répondre par la communication de la présence ou non d'ouvrages dont ils sont exploitants et les contraintes d'approche et de côtoiement.

Ces dispositions réglementaires font l'objet du décret n° 91-1147 du 14.10.1991 qui instaure l'obligation pour les Maîtres d'ouvrage, Maîtres d'œuvre et entreprises qui souhaitent réaliser des travaux sur le domaine public de faire une Demande de renseignement (D.R.) préalable et une Déclaration d'intention de commencement de travaux (D.I.C.T.) à l'attention des exploitants de réseaux.

La gestion des DR et DICT comprend les activités suivantes :

- La **réponse** sous un délai maximal (deux semaines par exemple) aux demandes de renseignement (DR) reçues, en utilisant l'imprimé « récépissé de demande de renseignement ». La réponse comprend :
 - L'analyse de la demande et des plans remis par le demandeur
 - Le renseignement sur la situation du réseau avec la mention des réserves d'usage (date de l'information, caractère indicatif, exclusion des branchements, nécessité de réaliser des sondages, non respect du délai de 40j avant le début des travaux, travaux mal localisables)
 - L'indication du lieu où les plans peuvent être consultés et leur mise à disposition quand la demande de renseignement n'est pas accompagnée de plans.
- Le **classement** et la **conservation** pendant un an des demandes et des réponses afférentes.

5.4. Représentation locale technique

On entend par " représentation locale technique " la mise en place de moyens permanents locaux pour assurer une fonction de correspondant technique auprès des tiers, pour le compte du propriétaire des installations.

Cette mission recouvre les activités suivantes :

- **la veille** sur la vie du réseau (déplacements, extension, projets d'urbanisme...),
- une mission de **conseil** et d'étude pouvant aller jusqu'à la maîtrise d'œuvre de travaux.

Elle recouvre également les activités suivantes vis-à-vis des Occupants :

- **la présentation technique** des installations aux Occupants potentiels, sur plans et sur le terrain
- **l'examen des demandes de travaux** (tirages de câbles, installation d'équipements) présentées par les Occupants et la réponse à leur demande sous 48h
- **l'affectation de fourreaux ou de chambres** aux Occupants pour leur permettre d'installer leurs équipements
- **la mise à disposition d'une continuité optique aux Occupants** selon l'offre de service sur la ZA, et les opérations correspondantes de jarretière, d'épissurage, voire de pose de fibre
- **l'animation de la recette, par les Occupants, des installations mises à leur disposition**
- **le suivi des travaux des Occupants** et leur vérification sur les points suivants :
 - conformité entre les travaux réalisés et les autorisations données
 - respect des règles générales d'occupation des installations :
 - ✓ les câbles doivent être identifiés,
 - ✓ aucun love de câble ne doit être laissé par un Occupant en dehors des chambres qui lui ont été attribuées ,
 - ✓ l'installation des câbles et des équipements ne doit pas gêner les opérations ultérieures sur les autres fourreaux et câbles existants,
 - ✓ aucun équipement actif n'est autorisé dans les chambres.
- **La gestion des clefs,** si les chambres sont équipées de tampons ou grilles sécurisées.

5.5. Maintenance préventive

Il s'agit d'effectuer des contrôles périodiques, au moins annuels, de procéder à toute remise en état nécessaire, et de rendre compte. Plus précisément, les activités concernées sont les suivantes :

- **Le contrôle visuel et mécanique** de tous les éléments des installations, et **l'entretien de premier niveau** apparaissant nécessaire lors de cette visite de contrôle : nettoyage, graissage, obturation de fourreau... Les contrôles comprendront notamment les points sensibles suivants :
 - mises à la terre
 - étiquetage
 - fonctionnement de tous les équipements des locaux techniques (ventilateurs...)
- **Des mesures optiques de réflectométrie**. Ces mesures sont réalisées aux longueurs d'onde 1310 et 1550 nm. Elles sont effectuées sur une fibre inutilisée par liaison. Si les tolérances ne sont pas respectées sur une fibre, une deuxième mesure de réflectométrie sur la même fibre est effectuée dans l'autre sens pour confirmer ou infirmer la première mesure. Il s'agit notamment de détecter les défauts d'étanchéité des câbles ayant conduit à l'absorption d'eau par les fibres, ce qui dégrade leur performance.
- **Des tests d'étanchéité des joints des fourreaux, par mise sous pression**
- **Le compte rendu des contrôles**, qui comprend :
 - La liste des contrôles menés et leurs résultats, notamment les courbes de réflectométrie des fibres contrôlées
 - Les actions de remise en conformité effectuées
 - Des photos (avant/après)
 - Les actions restant à effectuer
 - Les mises à jour à effectuer sur la documentation

5.6. Maintenance curative

Il s'agit d'assurer la gestion des incidents à travers les activités suivantes :

- La **prise d'appels** de signalisation d'incidents par les Occupants, dans un centre d'appels joignable 7J/7, 24h/24, et l'initialisation d'un ticket d'incident
- La **prise en compte des alarmes** venant du local technique
- En cas de signalisation d'incident, **l'intervention** sur le terrain de façon à prendre toute mesure conservatoire visant à éviter l'aggravation de l'incident, prendre des informations auprès des témoins tout en relevant leur identité, constater et documenter précisément la nature des dégâts, identifier leur cause et notamment les tiers responsables, et si possible effectuer une réparation provisoire, notamment :
 - des opérations de jarretière
 - la pose d'un boîtier d'épissurage permettant de rétablir la continuité des fibres utilisées, en cas de coupure de câble
 - éventuellement, la pose d'une nouvelle chambre

Ces réparations provisoires permettent d'apporter non seulement une Garantie de Temps d'Intervention (GTI), à fixer en principe entre 2 et 4 heures, mais également une Garantie de Temps de Rétablissement (GTR), à fixer en principe de 4 à 8 heures.

- Dès la fin de l'intervention sur le terrain, **la fourniture d'un compte rendu** au centre d'appel afin qu'il puisse informer les Occupants de la situation, de façon proactive
- Au cas où l'incident peut engager la responsabilité d'un tiers, **la constitution et le suivi d'un dossier de sinistre** en relation avec les assureurs, et le dépôt d'une plainte contre X si le tiers n'est pas identifié, dans un délai de 48h, et la participation à l'enquête des services de police le cas échéant
- **Le pilotage de la réparation définitive**, qui sera prise en charge financièrement par l'Aménageur, à un assureur ou au tiers responsable
- **La clôture du ticket d'incident** après vérification auprès des Occupants que la situation technique est redevenue normale
- La **facturation** des coûts induits par l'incident à l'Aménageur, à un assureur ou au tiers responsable. Cette facturation comprend le coût de l'intervention initiale sur le terrain, le coût des travaux et les frais divers de gestion du dossier

Au cas où l'incident signalé est une baisse de performance d'une fibre, l'intervention initiale consistera à effectuer un contrôle de puissance optique sur la liaison et éventuellement des tests de réflectométrie. Cette intervention sera programmée avec l'Occupant puisqu'elle implique la coupure de la liaison de l'Occupant.

Par ailleurs, la maintenance corrective comprend la **réalisation de statistiques** périodiques (annuelle au moins) sur le nombre d'incidents, leur gravité et leur délai de réparation provisoire et définitive.

5.7. Mise en place d'un gestionnaire d'installations

La gestion technique des installations est une mission permanente. Elle demande des compétences, des moyens techniques et une capacité d'intervention 24h/24 qu'il est difficile d'établir en interne chez l'Aménageur, surtout à l'échelle réduite d'une, voire même plusieurs ZA.

C'est pourquoi l'Aménageur est susceptible de confier cette mission à un Gestionnaire d'installations, dans le cadre d'un marché de services.

Au début de sa prestation, le Gestionnaire établira avec l'Aménageur un état des lieux contradictoire des installations et de sa documentation, puisque sa mission comporte leur maintien en l'état.

Compte tenu des coûts fixes de mise en place du Gestionnaire, il est préférable qu'il bénéficie d'un contrat d'une durée assez longue, 3 ans par exemple.

Pour des linéaires importants, le coût de cette prestation est en principe de l'ordre de 0,5 à 1€ HT/m d'installations gérée, en fonction notamment du contenu des prestations, des objectifs de performance (délai d'intervention, période d'intervention) et du linéaire.

A cet égard, le bordereau de prix du Gestionnaire va probablement prendre en compte diverses unités d'œuvre (et pas seulement le linéaire) :

- chambres à visiter,
- sections de câbles à tester,
- DR/DICT sans suite ou avec suite,
- déplacements et temps passé pour surveillance de travaux,
- interventions de maintenance, selon leur importance...

Beaucoup d'entreprises susceptibles de jouer le rôle de gestionnaire ne s'intéresseront pas à un marché en dessous d'un montant minimal, de l'ordre de plusieurs milliers d'euros par an. Si le marché proposé par l'Aménageur se limite aux installations de télécommunications d'une seule ZA, sa valeur risque de ne pas atteindre ce seuil, et il n'y aura pas d'offre, ou alors des offres d'un montant disproportionné par rapport à la valeur de la prestation.

Eventuellement, un opérateur déjà sur place, comme France Télécom, peut assurer cette prestation à un coût moindre. Il faut dans ce cas veiller à ce qu'il l'exerce de façon neutre vis-à-vis des autres opérateurs. Si la ZA est raccordée par un réseau de collecte d'initiative publique, son exploitant est sans doute également en mesure d'assurer l'exploitation technique de la desserte intérieure de la ZA à un coût modéré.

Quoi qu'il en soit, il peut être utile de synchroniser les différents marchés de ce type afin de pouvoir faire jouer la concurrence une fois qu'il existe une quantité suffisante d'infrastructures à gérer. Il peut être alors approprié d'utiliser des procédures de groupements de commandes entre collectivités d'un même territoire.

Si les installations de télécommunications se limitent à du génie civil sans mise à disposition de fibre optique (qui demande des compétences spécifiques), il est également possible de grouper la prestation demandée avec des prestations analogues, par exemple la gestion d'installations de télécommunications de ZA voisines, ou l'entretien de l'éclairage public ou de vidéosurveillance.

Quoi qu'il en soit, sur de petits linéaires, le coût de la gestion est susceptible de dépasser 1€/m.

6. ASPECTS ECONOMIQUES

6.1. Exemples de coûts des installations

NB : tous les coûts ci-après s'entendent HT.

Ce chapitre vise à présenter des ordres de grandeur de coûts d'aménagement, sous la forme de coûts d'investissement, mais aussi de coûts de revient annuels des prestations offertes aux Occupants, notamment de la prestation de continuité optique. Les coûts de revient calculés ici sont "complets" au sens où ils prennent en compte à la fois l'amortissement des investissements, les coûts de gestion annuels, mais aussi le coût du capital immobilisé.

Ces évaluations de coûts reposent sur les hypothèses suivantes :

- Si la ZA est nouvelle, tout le coût de génie civil mutualisé (fourreaux, chambres) a été répercuté dans le prix du m² des lots et n'est donc plus imputable aux télécommunications. En revanche, si la ZA est ancienne, la tranchée est dédiée aux communications électroniques et le gestionnaire des installations est le seul Occupant des fourreaux, dédiés à une distribution optique. Tous les coûts de génie civil doivent donc être imputés à la distribution optique.
- Ces coûts de génie civil s'élèvent à 65€/m tout compris.
- L'investissement en chambres est en moyenne de 1 000 €/lot.
- L'équipement optique coûte 4€/m, pour le câble posé, + 100 €/lot au titre des boîtiers d'épissurage. Contrairement au génie civil, l'équipement optique est pris en compte dans le coût des installations d'une ZA nouvelle.
- L'aménagement du local technique de la ZA est extrêmement variable selon le type de local (baie extérieure, aménagement d'un local existant, shelter), sa taille et son aménagement. Selon le cas, l'investissement peut être de 15 000 à 100 000 €. On compte ici 1000 €/lot.
- La gestion des installations coûte 1,5 €/m, y compris les coûts de gestion propre à l'Aménageur, dont 0,3 imputable à la fibre et 1,2 aux fourreaux. Ces coûts relativement élevés se placent dans l'hypothèse défavorable d'un faible linéaire.
- Si la ZA est nouvelle, il y a deux Occupants des fourreaux, ayant une utilisation de fourreaux équivalente, France Télécom pour la distribution cuivre et le Gestionnaire des installations, pour la distribution optique. Si la ZA est ancienne, le gestionnaire des installations est le seul Occupant des fourreaux, dédiés à une distribution optique.
- Il y a en moyenne 5 Occupants de la distribution optique sur un tronçon de câble optique établi par le gestionnaire des installations, et une entreprise sur deux utilise cette distribution optique (on suppose donc qu'un tronçon concerne 10 entreprises de la ZA en moyenne). Pour simplifier, on suppose que leur usage commence dès la mise en place de l'infrastructure (on ne modélise pas la montée en charge).
- Le local technique sert à 20% à la distribution optique (le reste sert à héberger des équipements actifs). Le coût d'exploitation du local est négligé.
- La tranchée, les chambres et le local technique s'amortissent sur 50 ans et les équipements optiques sur 20.
- Les capitaux investis sont rémunérés au coût du capital ; on retient le taux de 4%, habituel pour une entité publique.

Pour pouvoir exprimer les coûts par m ou par entreprise, il est en outre supposé ici que le linéaire moyen est de 70m par lot et qu'il y a une entreprise par lot.

Bien entendu, toutes ces hypothèses seraient à ajuster dans un cas réel.

On obtient alors les résultats suivants, arrondis à deux chiffres significatifs, puisqu'il ne s'agit que d'ordres de grandeur.

Investissement initial imputable aux installations de télécommunications		
	Par m	Par entreprise de la ZA
ZA nouvelle	20 €	1 400 €
ZA existante	100 €	7 000 €

Coûts de revient <u>annuels</u>		
	Par m	Par entreprise
ZA nouvelle		
- fourreau	0,6 € <i>(par m de fourreau installé)</i>	42 € <i>(par entreprise desservie, utilisatrice ou non)</i>
- distribution optique installée (yc l'utilisation des fourreaux et chambres nécessaires)	1,4 € <i>(par m de câble optique installé)</i>	100 € <i>(par entreprise desservie, utilisatrice ou non)</i>
- continuité optique jusqu'à une entreprise (idem)	0,3 € <i>(par m de paire de fibre utilisée)</i>	200 € <i>(par entreprise utilisatrice)</i>
ZA ancienne		
- fourreau (yc occupation des chambres)	4,4 € <i>(par m de fourreau installé)</i>	310 € <i>(par entreprise desservie, utilisatrice ou non)</i>
- distribution optique installée (yc l'utilisation des fourreaux et chambres nécessaires)	5,4 € <i>(par m de câble optique installé)</i>	380 € <i>(par entreprise desservie, utilisatrice ou non)</i>
- continuité optique jusqu'à une entreprise (idem)	1,1 € <i>(par m de paire de fibre utilisée)</i>	760 € <i>(par entreprise utilisatrice)</i>

Le coût de revient de la continuité optique est évidemment très sensible aux hypothèses topologiques et de pénétration de la distribution optique.

- Si l'on prend des hypothèses plus pessimistes, le coût de revient de la continuité optique se rapproche du coût de revient de la distribution optique installée, et le tarif par entreprise effectivement raccordée augmente.
- Si l'on prend des hypothèses plus optimistes, le coût de revient de la continuité optique diminue, et le tarif par entreprise effectivement raccordée se rapproche du coût de revient de la distribution optique installée.

Ainsi, deux facteurs ont un impact très favorable pour abaisser les coûts de revient :

- le partage des travaux, qui réduit le coût du génie civil imputable aux installations de télécommunications⁷ ;
- la densité d'entreprises utilisatrices sur la ZA (notamment l'existence d'immeubles d'affaires), qui réduit le linéaire à équiper par entreprise.

6.2. Pratiques de tarification observées

6.2.1. Niveau de prix

Les tarifs observés sont assez divers. En outre il n'y a pas de cohérence manifeste entre les tarifs de fourreau et de continuité optique car il ne semble pas qu'un détenteur d'installations offre à la fois ces deux prestations sur une ZA.

Concernant les tarifs de fourreau, on observe des montants de redevance de 0,7 €/m à 2,9€/m.

Il est toutefois à noter que France Télécom déclare n'accepter de payer qu'environ 0,7€/m, correspondant selon elle aux seuls coûts de gestion des installations. Elle suppose en effet que les coûts de mise en œuvre ont déjà été couverts par la communication des lots, du moins dans le cas des Zones d'aménagement Concertées.

France Télécom facture pour sa part 2 à 8€/m pour un fourreau, lorsqu'elle est appelée au partage de ses installations. Toutefois un tarif de 0,95 €/m est envisagé pour les fourreaux en ZA.

Concernant les tarifs de fibre, on observe des tarifs de 0,5 à 3 €/m/an pour une distance et une durée d'engagement courte.

Ces tarifs sont globalement cohérents avec la modélisation effectuée ci-dessus. Les tarifs de fibre les plus élevés constatés peuvent paraître élevés, mais ils correspondent à des hypothèses plus restrictives, tout à fait défendables, sur la demande de raccordement optique, et à un positionnement plus haut de gamme de ce type de raccordement.

Concernant les prestations d'hébergement, on constate actuellement pour la prestation la plus courante, i.e. la mise à disposition d'emplacement de baie, des tarifs de l'ordre de 600 €/mois énergie comprise. Toutefois ce niveau de tarif peut sembler élevé pour un local technique de ZA.

6.2.2. Structure tarifaire

La détermination d'une tarification conduit également à s'interroger sur la structure tarifaire. L'approche habituelle est de tarifier au mètre de fourreau ou de fibre utilisée. Mais, en particulier pour la location de fibre, il semble plus adapté d'effectuer une péréquation et de pratiquer un tarif « à l'entreprise », ce qui a l'avantage de ne pas pénaliser les entreprises les plus éloignées de la chambre d'entrée dans la ZA, et de rendre les coûts immédiatement lisibles.

En outre, il est souhaitable que les frais d'accès au service ne soient pas trop élevés, car l'Occupant a déjà à supporter, pour initier le service, le coût des travaux de raccordement en domaine privatif, qu'il n'est pas toujours possible de répercuter directement à l'entreprise.

Pour ce qui concerne les chambres, il semble que l'usage soit d'intégrer leur mise à disposition dans le coût au fourreau, ce qui est plus simple. Toutefois, on pourrait imaginer de tarifier de façon distincte la mise à disposition d'une chambre pour la pose d'un équipement.

Pour ce qui concerne les prestations d'hébergement, on peut se référer à l'offre d'accès à la boucle locale

⁷ Pour les règles de partage des coûts, on peut se référer au document « Protocole de coordination pour la construction des réseaux » coédité par l'ANROC, la FNCCR et le SPEGNN

de France Télécom⁸ qui fournit une structure tarifaire assez détaillée, bien connue des opérateurs.

6.2.3. *Durée d'engagement*

Dans le cas des réseaux longue distance, les opérateurs concluent généralement des contrats d'IRU (droit irrévocable d'usage) pour une durée de 15 ans ou plus, car il y a peu d'aléa sur l'utilisation des ces réseaux.

Mais dans le cas des ZA, les opérateurs ont besoin d'avoir accès aux installations de distribution pour honorer les contrats qu'ils ont avec les entreprises résidentes et qui sont souvent conclus pour des durées de 3 ans au plus. Les contrats avec les opérateurs sont donc plutôt des contrats de location, sur des durées de 1 à 3 ans.

6.3. Méthode de tarification des installations dans une ZA

Plusieurs logiques de détermination des prix de mise à disposition des installations d'une ZA sont envisageables :

- référence à d'autres ZA, c'est-à-dire que les tarifs sont fixés par analogie avec ceux pratiqués dans d'autres ZA comparables ;
- attractivité pour les Occupants, en leur proposant un prix minimal ;
- référence aux coûts de revient calculés dans la ZA ;
- recherche de bénéfice par rapport à ces coûts de revient.

Il est à noter que la logique d'attractivité amène en principe à fixer un tarif inférieur au coût de revient. Le titre IV de l'article L.1425-1 du Code Général des Collectivités Territoriales ouvre cette possibilité. Toutefois, cette pratique reste soumise aux principes de droit de la concurrence. Ceux-ci obligent à respecter un prix plancher en dessous duquel les Occupants bénéficieraient d'une aide économique illicite. A cet égard, il semble prudent de ne pas tarifier en dessous des tarifs les plus bas constatés sur le plan national. De plus, si la mise à disposition d'installations publiques concurrence une offre privée, il faut également respecter un prix plancher correspondant au coût de revient de l'opérateur privé⁹.

Concernant la logique de référence aux coûts de revient, il faut noter qu'elle suppose, pour calculer ces coûts, de faire des hypothèses de progression des raccordements optiques, qui sont fortement incertaines. Par ailleurs, dans son calcul de coût de revient, le propriétaire de l'infrastructure peut légitimement fixer une rémunération des capitaux investis plus élevée que son coût du capital habituel, s'il considère que tout ou partie de cet investissement comporte des risques, notamment sur l'importance de la demande des Occupants.

La logique de recherche de bénéfice consiste à adopter le tarif maximal jugé acceptable pour les Occupants, dans les cas favorables où un tel tarif se trouve supérieur au coût de revient. Mais elle comporte un risque juridique, car il pourrait alors être soutenu que la redevance perçue constitue en réalité une taxe.

Dans tous les cas, le tarif doit rester acceptable pour les Occupants. Il doit en particulier respecter une proportion par rapport aux recettes que les opérateurs peuvent attendre du raccordement optique d'une entreprise. A cet égard, l'Aménageur devrait rester mesuré s'il souhaite faciliter l'adoption du raccordement optique. S'il veut permettre son adoption par une entreprise ayant une dépense de télécommunications de quelques milliers d'€/an, le tarif de raccordement optique ne devrait sans doute pas excéder un millier d'€/an, compte tenu des autres coûts encourus par les opérateurs.

⁸http://www.francetelecom.com/fr/groupe/initiatives/savoirplus/documentation/offres/att00022719/Offre_de_degroupage_du_27_decembre_2005.pdf

⁹ Cf. document de l'ARCEP « L'intervention des collectivités locales dans les télécommunications - Points de repères » Chapitre 7 - B « Le respect des investissements privés engagés »

7. REMERCIEMENTS

Outre les membres du Groupe de travail monté par l'AVICCA, les personnes mentionnées ci-après ont été consultées pour l'élaboration de ce document et l'AVICCA les remercie vivement de leur contribution. Le contenu de ce document reste toutefois sous la seule responsabilité de ses auteurs et n'engage aucune d'elles.

Opérateurs

- Martine Coste, Gérard Jaureguiberry, Diane de Junnemann, et Jean-Luc Toustou - France Télécom
- Jean-Francois Huguet et Laurent Dépots – Neuf Cegetel
- Aymeric Gavois – Completel

Intégrateurs et gestionnaires

- Gérard Dariel – SITS TPL
- E. Dugas – Vinci Networks
- A. Hermesse - Irise
- MM. Knecht et Zurbach – Graniou
- Régis Landel et Gérard Wecker – Sogetrel
- Cyril Luneau et Hilad Dehni- LD Collectivités
- Clément Verhille – Marais

Equipementiers

- Thomas Demolliens - Novotech
- Thierry Descamps - Prysmian
- Véronique Stappers et Bernard Vincent – Nexans

SOMMAIRE

Conventions de vocabulaire	3
1. Cas d'application de ce document	5
1.1. Objectif de ce document.....	5
1.2. Cadre technique.....	5
1.3. Catalogue de service aux Occupants	6
1.4. Objectifs d'aménagement	6
2. Stratégie d'aménagement cuivre et optique	7
2.1. Scénario technique de référence cuivre / optique.....	7
2.2. Responsabilité de la mise en place de la distribution cuivre	7
2.3. Responsabilité de la mise en place de la distribution optique.....	7
2.4. Mutualisation des installations entre cuivre et optique	8
2.5. Schéma illustratif.....	9
3. Spécifications des installations	11
3.1. Architecture générale	11
3.2. Implantation des fourreaux	12
3.2.1. Implantation sous trottoir ou sous voirie	12
3.2.2. Cohabitation avec les autres réseaux	13
3.3. Profil de tranchée.....	14
3.4. Dispositif de localisation.....	15
3.5. Caractéristiques des fourreaux.....	15
3.5.1. Matériau.....	15
3.5.2. Nombre et taille	15
3.5.3. Rayons de courbure	17
3.5.4. Dispositions dans les chambres	17
3.6. Chambres.....	18
3.6.1. Caractéristiques générales	18
3.6.2. Taille	18
3.6.3. Fonctions de tirage et d'épissurage	19
3.6.4. Ingénierie à chambres banalisées.....	19
3.6.5. Ingénierie à chambres hiérarchisées	20
3.6.6. Ingénierie à chambres hiérarchisées et chambres techniques.....	21
3.6.7. Optimisations d'implantation	21
3.6.8. Tampons.....	22
3.6.9. Grilles de protection.....	23
3.6.10. Masques	23
3.7. Câbles optiques	23
3.8. Boîtiers d'épissurage optiques.....	24
3.9. Aménagement alternatif à base de micro-tubes.....	24
3.10. Ingénierie PON.....	27
3.11. Alternatives au génie civil dans une ZA existante	29
3.11.1. Reprise d'installations rétrocedées à France Télécom	29
3.11.2. Partage de travaux.....	29
3.11.3. Pose en aérien	29
3.11.4. Pose dans les fourreaux d'éclairage public.....	30
3.11.5. Utilisation de conduites désaffectées	30
3.11.6. Partage d'installations avec France Télécom	30
3.11.7. Recours aux technologies alternatives.....	31
3.12. Branchements privés –boucles privées	31
3.12.1. Principes techniques	31
3.12.2. Cas de l'aménagement d'une zone existante	32
3.12.3. Modalités de mise en oeuvre	32
3.13. Hébergement technique	33
3.13.1. Implantation en vue du regroupage	33

3.13.2.	Local classique	33
3.13.3.	Alternative : baie extérieure	35
4.	Mise en oeuvre	37
4.1.	Communication légale	37
4.2.	Etude technique	37
4.3.	Réalisation	38
4.4.	Recette	38
5.	Exploitation des installations	41
5.1.	Gestion de la mise à disposition	41
5.2.	Gestion documentaire	41
5.3.	Gestion des DR et des DICT	41
5.4.	Représentation locale technique	42
5.5.	Maintenance préventive	43
5.6.	Maintenance curative	43
5.7.	Mise en place d'un gestionnaire d'installations	44
6.	Aspects économiques	47
6.1.	Exemples de coûts des installations	47
6.2.	Pratiques de tarification observées	49
6.2.1.	Niveau de prix	49
6.2.2.	Structure tarifaire	49
6.2.3.	Durée d'engagement	50
6.3.	Méthode de tarification des installations dans une ZA	50
7.	Remerciements	51