

A background image of a server room with rows of server racks. The racks are illuminated with blue light, and some have green indicator lights. The perspective is from a low angle, looking down the aisle.

# ESPÉRANCE DE VIE DES INFRASTRUCTURES OPTIQUES PASSIVES

TRADUCTION DU GUIDE D'EUROPACABLE :

" EXPECTED LIFE TIME OF PASSIVE OPTICAL INFRASTRUCTURES "

# PRÉAMBULE

L'espérance de vie des infrastructures optiques passives est un facteur essentiel, qui aura un impact majeur sur les OPEX de réseau au cours des 30 à 50 années à venir.

Lorsque les opérateurs planifient l'installation de nouvelles infrastructures optiques passives afin d'appuyer le FttH ou les applications 5G à venir, la plupart du temps, seuls les CAPEX sont pris en compte au détriment des OPEX. Pourtant, il est essentiel de prendre en compte la dichotomie entre les CAPEX et les OPEX, lors de l'établissement d'une hiérarchie entre les pratiques de déploiement et la sélection des composants. Les activités de CAPEX ont souvent la priorité, car des décisions tangibles à court terme (habituellement dans la 1<sup>ère</sup> ou 2<sup>ème</sup> année de la phase de construction) peuvent mener à une réduction du coût en capitaux. **Cependant, il est fondamental de ne pas sous-estimer les dépenses d'OPEX qui impacteront les opérateurs pendant les nombreuses années d'exploitation et de maintenance des réseaux.**

Le montant des OPEX est étroitement corrélé à la qualité des infrastructures initiales :

- qualité des travaux de génie civil,
- qualité de l'architecture,
- qualité des composants passifs (fibres optiques, câbles, connectivité),
- qualité de l'installation, qui dépend à son tour de la qualité de la formation dont ont bénéficié les installateurs.

Tous ces paramètres sont des facteurs clés devant être soigneusement pris en compte si l'on souhaite réduire les OPEX sur les 30 à 50 ans de durée de vie de l'infrastructure passive. Ce document va expliquer le rôle important que revêt la qualité des composants passifs.

En plus de la question des OPEX, il est impératif de prendre en compte l'importance stratégique de nos réseaux. Les réseaux optiques passifs vont devenir le « **système nerveux central** » de notre société du 21<sup>e</sup> siècle et le socle de la gestion industrielle, sociétale et des informations dans le siècle à venir. Tout incident mineur ou catastrophe majeure aura des conséquences négatives non négligeables sur notre société en pleine révolution numérique. C'est pourquoi il relève de la responsabilité de nos gouvernements, de notre secteur et de nos sociétés d'avoir des produits passifs et des installations robustes et fiables pour le développement de notre réseau.

## GLOSSAIRE DES TERMES ANGLAIS CONSERVES DANS LE DOCUMENT

Ce document est la traduction en français d'un document d'EUROPACABLE. Quelques acronymes ont été conservés en anglais.

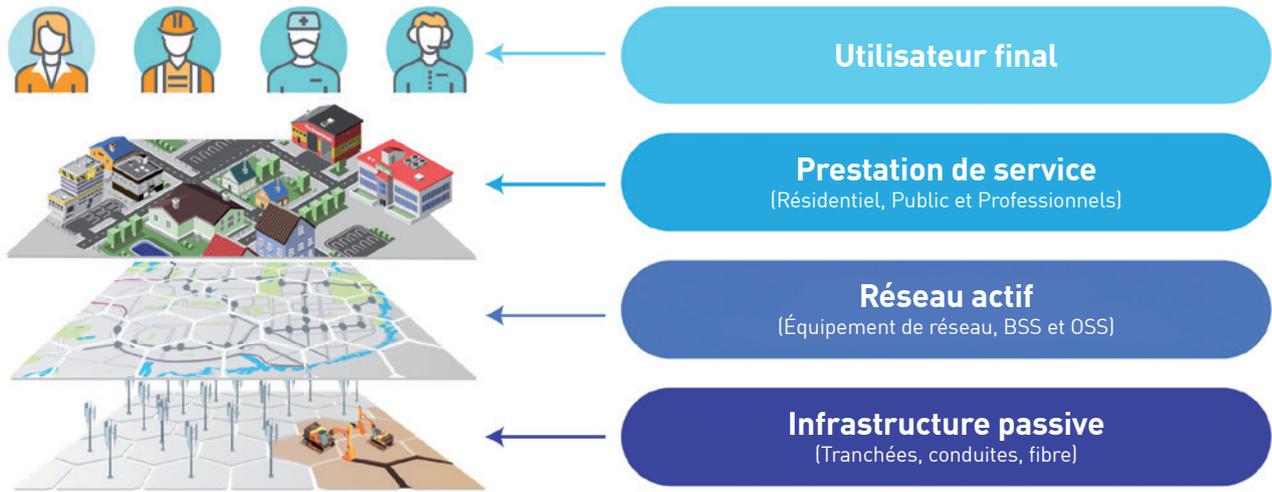
- |   |  |  |
|---|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"><li>• BSS (Business Support Systems) – système informatique supportant l'ensemble des composants fonctionnels et activités.</li><li>• CAPEX (Capital Expenditure) – dépenses d'investissement qui se réfèrent aux immobilisations, c'est-à-dire aux dépenses qui ont une valeur positive sur le long terme.</li><li>• FttX (Fibre to the X) – réseau de fibre jusqu'au point X.</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>• HDPE (High Density Polyethylene) – Polyéthylène de haute densité.</li><li>• LDPE (Low Density Polyethylene) – Polyéthylène basse densité.</li><li>• LLDPE (Low Linear Density Polyethylene) – Polyéthylène de basse densité linéaire.</li><li>• MAN (Metropolitan Area Network) – Réseau métropolitain.</li><li>• OPEX (Operational Expenditure) – dépenses d'exploitation ; ce sont les</li></ul> | <p>charges courantes pour exploiter un produit, une entreprise, ou un système.</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• OSS (Operations or Operational Support Systems) – ensemble des composants opérationnels ou des systèmes informatiques utilisés par un opérateur de télécommunications pour la gestion de son réseau.</li><li>• WAN (Wireless Access Network) – réseau d'accès sans fil.</li></ul> |
|---|--|--|

# TABLE DES MATIÈRES

<b>1. LE MODÈLE EN COUCHES</b> .....	<b>4</b>
<b>2. ESPÉRANCE DE VIE D'UN RÉSEAU OPTIQUE ACTIVÉ</b> .....	<b>4</b>
<b>3. RÉPARTITION DES CAPEX</b> .....	<b>6</b>
<b>4. ESPÉRANCE DE VIE DES COMPOSANTS</b> .....	<b>7</b>
<b>4.1 GÉNÉRALITÉS</b> .....	<b>7</b>
<b>4.2 FIBRES OPTIQUES</b> .....	<b>7</b>
<b>4.3 CÂBLES OPTIQUES</b> .....	<b>9</b>
<b>4.4 CONNECTIVITÉ</b> .....	<b>12</b>
<b>4.5 CONCLUSION</b> .....	<b>14</b>
<b>5. GÉNIE CIVIL ET INSTALLATION DU RÉSEAU OPTIQUE PASSIF</b> .....	<b>14</b>
<b>6. CONCLUSION</b> .....	<b>16</b>

# 1. LE MODÈLE EN COUCHES

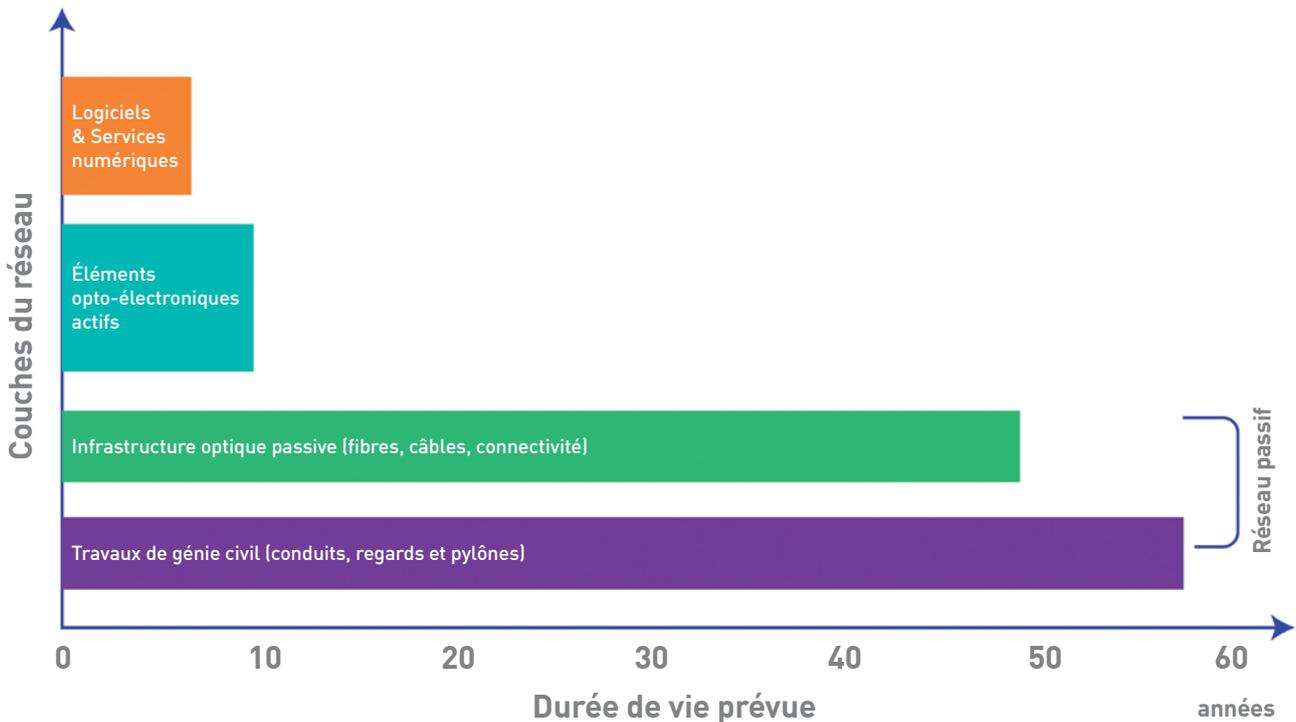
Dans le secteur des télécoms, le modèle en couches présenté dans le schéma ci-après est généralement accepté. Ce document va principalement aborder la question de la couche de l'infrastructure passive.



Source : FttH Council Europe

# 2. ESPÉRANCE DE VIE D'UN RÉSEAU OPTIQUE ACTIVÉ

Dans le secteur des télécoms, il a été déterminé que l'espérance de vie des différentes couches varie fortement, comme le schéma ci-dessous l'indique :



En s'appuyant sur une expérience de plus de 60 ans du secteur avec les réseaux télécom en cuivre – longue distance et distribution à tous les abonnés – et une expérience de 30 ans dans les réseaux optiques – longue distance, WAN, MAN, FttX – il est possible de tirer les conclusions suivantes concernant l'espérance de vie de chaque couche du réseau :

- **Logiciels & Services numériques** : évolution attendue tous les **2 à 5 ans**. Leurs mises à niveau sont très faciles et peu coûteuses à mettre en place car elles peuvent être effectuées au niveau des centres de données et des POP. Aucune opération ne doit être effectuée sur le terrain ou dans les locaux de l'abonné.
- **Elements opto-électroniques actifs** : évolution attendue tous les **6 à 9 ans**. Les mises à niveau sont faciles à effectuer car elles sont réalisées dans les centres de données et les NRO (Noeuds de Raccordement Optique). Les coûts de main d'œuvre et d'équipement, ainsi que les risques liés à la mise en œuvre de ces modifications, sont peu élevés car elles interviennent à l'intérieur d'environnements contrôlés dans des bâtiments. Si l'infrastructure passive optique est bien construite et de haute qualité, elle pourra supporter sans problème de nombreuses mises à niveau de la couche active sans qu'il soit nécessaire d'y apporter des changements. Tant que les opérateurs et les installateurs pérennisent le réseau optique passif (utilisation de grandes capacités de fibre et de toutes les bandes de transmission de fibre – de 1260 nm à 1625 nm, et même 1650 nm pour la surveillance), plusieurs générations de systèmes actifs peuvent être déployées sur le même réseau de fibres.  
Cette source d'économies à long terme doit être envisagée lors de la conception ou de la sélection des composants du réseau, ainsi que lors du provisionnement du budget de puissance optique du réseau.
- **Infrastructure optique passive** (matériel : fibre optique, câbles de fibre optique et composants de connectivité tels que les boîtiers de protection, les amorces optiques, les répartiteurs, etc) : contrairement aux services et à la couche active, l'installation et les mises à niveau de l'infrastructure optique passive sont habituellement très longues, ardues et complexes. Remplacer du matériel sur des réseaux opérationnels s'avère extrêmement complexe lorsque tous les abonnés sont connectés. En effet, la qualité et la continuité des services est d'une importance primordiale pour la crédibilité des opérateurs et des centres de données. Par conséquent, les coûts d'installation, d'exploitation et de maintenance de l'infrastructure optique passive sont très élevés. La qualité des matériaux est également corrélée aux performances de l'installation et de l'équipement du réseau. C'est pourquoi la qualité des composants et l'espérance de vie du matériel sont des éléments d'une importance cruciale.
- **Les travaux de génie civil (conduits, regards et pylônes)** vont avoir un impact important sur la durée de vie du réseau optique. Des travaux de génie civil de grande qualité, notamment l'excavation des tranchées et conduites à des profondeurs entre 1 et 1,2 mètre, connaîtront peu de problèmes de qualité pendant 50 ou 60 ans en raison de leur impact environnemental minime.  
Alors que, des travaux de génie civil effectués à 20 cm de profondeur seulement et employant des matériaux à bas coût/de faible qualité pourront rapidement entraîner de nombreux problèmes, avec pour résultat des frais d'exploitation et de maintenance élevés.

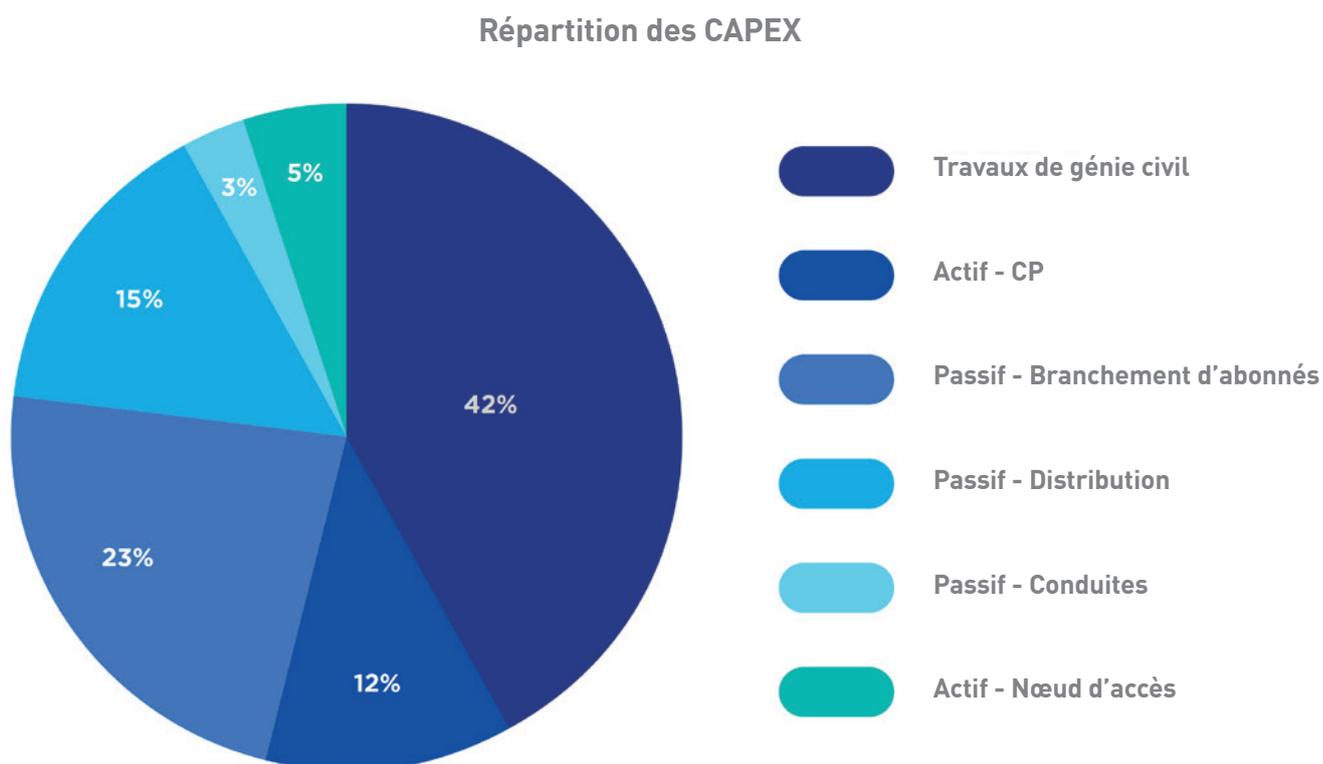
Indéniablement, les conduites installées lors des travaux de génie civil de très grande qualité menés il y a 50 ou 60 ans pour déployer les réseaux cuivre dans la plupart des pays européens peuvent être parfaitement réutilisées à ce jour pour installer des réseaux optiques.

D'un autre côté, les déploiements récents effectués dans certains grands pays, avec des travaux de génie civil légers et à très bas coût, ont forcé certains opérateurs à abandonner cette solution. **La réduction drastique des dépenses de CAPEX à court terme a été remise en cause par la forte augmentation des dépenses d'OPEX, au point de rendre cette stratégie dangereuse et donc caduque pour la plupart des opérateurs.**

### 3. RÉPARTITION DES CAPEX

De très nombreuses études ont été menées par diverses organisations concernant la répartition des CAPEX de réseau. Il est facile d'arguer que pour deux pays différents, la répartition des CAPEX ne sera pas la même en raison des différences dans de nombreux domaines : nature des sols, marché du travail, disponibilité des équipements et réglementations locales/municipales... Cependant, une fois ces écarts normalisés, le secteur peut parvenir à un consensus, ou à des principes directeurs, quant à la répartition des CAPEX.

Le graphique ci-dessous présente les conclusions de l'analyse menée par le FttH Council Europe il y a quelques années, en prenant en compte les résultats provenant des principaux pays européens.



Source : FttH Council Europe

Il en ressort clairement qu'il existe deux activités principales contribuant aux CAPEX :

- Les travaux de génie civil : 42 %
- Le réseau passif : 41 % (conduites + distribution + branchement d'abonnés, y compris l'installation)

Il convient de noter que le coût d'installation du réseau optique passif est bien plus élevé que les coûts du matériel lui-même (câbles de fibre optique et connectivité).

Cependant, si le matériel sélectionné est médiocrement conçu, de faible qualité et ne dispose pas du niveau de fiabilité requis pour atteindre les 30 à 50 ans de durée de vie prévue, les performances globales du réseau seront affectées et les OPEX vont augmenter fortement. Ce livre blanc va détailler ces aspects.

## 4. ESPÉRANCE DE VIE DES COMPOSANTS

### 4.1 GÉNÉRALITÉS

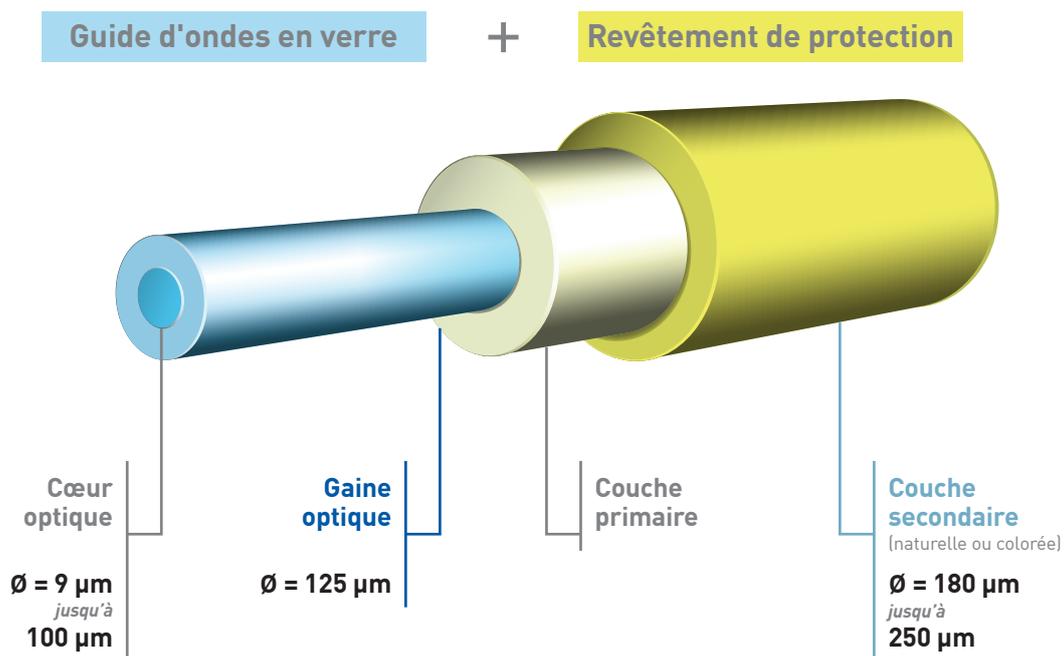
L'espérance de vie des composants varie selon leur conception, les propriétés des matériaux utilisés et les processus industriels mis en place. Tous les ingénieurs travaillant sur les « designs », les « matériaux » et les « processus » comprennent instinctivement en quoi ces 3 paramètres sont importants pour pouvoir atteindre les 30 à 50 ans de durée de vie prévue dans le cadre de conditions environnementales et de solutions d'installation variables.

Ce document ne détaillera pas ces principes, cela nécessiterait un livre complet.

Une expérience de plus de 50 ans et une R&D poussée et constante permettent d'obtenir des produits adaptés aux besoins et fiables. Nous nous limiterons à quelques exemples pour illustrer ce qu'il faut faire pour atteindre les objectifs suivants : fiabilité, 30 à 50 ans de durée de vie prévue et par conséquent des OPEX bien maîtrisées pour les opérateurs.

### 4.2 FIBRES OPTIQUES

Chaque personne ayant travaillé dans le domaine des réseaux optiques connaît l'anatomie d'une fibre optique telle que présentée ci-dessous :



Avant de concevoir la fibre à partir des préformes optiques, ces dernières doivent être fabriquées avec des matériaux extrêmement purs, dans lesquels le niveau d'impuretés se compte en PPM (partie par milliard).

La préforme est l'élément clé pour la production des fibres optiques.

À partir d'une préforme, il est possible de tirer plus de 2 000 km de fibres en fonction de la taille de la préforme. La qualité des matières premières, des processus hautement performants et des contrôles de haut niveau sont essentiels pour produire des fibres de grande qualité.

La qualité de la fibre dépend de plus de 150 paramètres et contrôles, qui doivent être parfaitement maîtrisés sur le site de production des fibres.

## Penchons-nous sur certains de ces paramètres et illustrons leur importance :

La qualité du cœur optique impacte directement les propriétés de transmission qui influent elles aussi directement sur l'atténuation linéique. Certains paramètres, par exemple la dispersion chromatique, sont pratiquement indépendants de l'environnement où la fibre est déployée. Cependant, la situation est différente pour des paramètres tels que l'atténuation. L'atténuation dépend fortement des contraintes subies par la fibre optique. Les matériaux du câble et les conditions de déploiement de ce dernier peuvent également provoquer des pertes par macro-courbures ou micro-courbures.

Le profil d'indice du cœur de la préforme est le principal paramètre qui va permettre la résistance de la fibre face aux macro-courbures et micro-courbures.

- Pour les applications à longue distance, les fibres sont bien protégées dans des câbles robustes. Ces câbles sont installés avec précaution, afin que les fibres qu'ils contiennent ne soient pas soumises à des effets de courbure importants. Par conséquent, une fibre monomode standard (ITU-T G.652.D, IEC B-652.D) peut faire l'affaire en offrant de bonnes performances. Ce genre de réseau est un réseau « statique ».
- Pour les applications FttX ou 5G, la situation est très différente : les câbles et les fibres sont soumis à beaucoup de macro-courbures lors de l'installation. Par la suite, de nombreuses interventions seront menées sur les câbles et les fibres pour raccorder de nouveaux abonnés ou faire des opérations de maintenance tout au long de la vie du réseau. Chaque fois, la fibre optique sera soumise à de nouvelles contraintes et de nouvelles déformations. Ce type de réseau est un réseau "dynamique". Par rapport aux réseaux longue distance, l'installation est ici souvent effectuée avec moins de soin.

Dans ce genre d'environnement, les fibres insensibles aux courbures ITU-T G.657/IEC B-657 sont utilisées pour renforcer la fiabilité du réseau. Les types ITU-T G.657.A1/IEC B-657.A1 et G.657.A2/IEC B-657.A2 garantissent la compatibilité avec les réseaux de fibres G.652.D/IEC B-652.D.

Les fibres G.657.A2/IEC B-657.A2 offrent des performances accrues face aux courbures, notamment aux longueurs d'onde les plus élevées. Ces performances s'avèrent utiles en cas de courbures accidentelles (comme illustré dans le schéma ci-dessous) ou lorsque les systèmes de nouvelle génération, utilisant des plages de longueur d'onde plus élevées, jusqu'à 1625 nm, sont introduits.



Perte par macro-courbure provoquée par deux tours autour d'un stylo

## Les deux autres paramètres très importants concernant la fibre sont :

- **La qualité du verre** pour les propriétés mécaniques : le facteur de la corrosion sous contrainte, la résistance dans des environnements difficiles.
- **La qualité du revêtement** : le revêtement à double couche, peu importe le diamètre final de la fibre (200 ou 250  $\mu\text{m}$ ) est extrêmement important pour sa fiabilité. Un grand nombre de paramètres sont essentiels pour parvenir aux bonnes performances. Par exemple :
  - Une composition précise des matériaux thermo-durcissables. Cette composition est le résultat d'un grand nombre de tests de R&D, de tests de vieillissement sur de très longues durées, de vieillissement dans l'eau, de vieillissement à la lumière du soleil, de stabilité des couleurs,
  - Un processus de durcissement à grande vitesse parfait à la bonne température, avec des longueurs d'onde UV et une puissance adaptées,
  - Un contrôle strict dans le processus de fabrication.

La production des préformes et le fibrage de la fibre sont des processus très délicats. La qualité et la fiabilité de la fibre dépendent directement de la qualité des matières premières et du processus.

Pour donner un exemple, le processus de remplacement du revêtement de la fibre, d'un revêtement existant et approuvé à un nouveau revêtement, va nécessiter de nombreuses activités de R&D et beaucoup de tests de vieillissement à très long terme ; tests réalisés dans des environnements différents (conditions sèches et humides, immersion dans l'eau, exposition à des gels de remplissage, à la lumière UV, etc) et à des températures comprises entre -40°C et 85°C. Les performances dans des conditions et des températures extrêmes sont particulièrement importantes, car les fibres peuvent être déployées dans des armoires de rue, qui, exposées au soleil, sont de véritables fours. Le changement de couleur en fonction du vieillissement est également très important.

Par conséquent, il faudra au moins 3 ans pour valider un nouveau revêtement capable de faire face à la plupart des situations auxquelles les fibres seront exposées, une fois les câbles optiques installés dans des conduites ou en aérien, dans les armoires de rue, ou dans les boîtes de protection d'épissure, etc.

## 4.3 CÂBLES OPTIQUES

Les câbles optiques sont la « pierre angulaire » de nos réseaux optiques passifs. Ils devront protéger la fibre optique, le moyen de transmission fondamental, pour les 30 à 50 années suivant leur installation, avec une efficacité et une fiabilité constantes. Aussi, les ingénieurs en R&D intègrent beaucoup de paramètres et effectuent un grand nombre de tests, y compris des tests de vieillissement à long terme, pour démontrer que la durée de vie visée est atteignable.

Ici aussi, des compétences solides et une véritable expertise en matière de design, de matériaux, de processus et de procédures de qualification sont des paramètres absolument nécessaires pour développer les bons produits pour les bonnes applications. Il est difficile de décrire succinctement le long et complexe processus de développement et de qualification des câbles optiques. Ce guide va se focaliser sur 2 exemples : l'un en rapport avec le design et l'autre avec les matériaux.

### 1 - DESIGN DU CÂBLE OPTIQUE

Il est important de prendre en compte la structure des câbles optiques pour choisir le design le plus adapté par rapport aux conditions environnementales et aux performances à long terme recherchées. Par exemple, certains pays ont choisi la structure de câble à micromodule car elle présente des avantages par rapport aux designs de tube à structure libre (« loose tube ») en matière de compacité, de temps de préparation des câbles pour l'épissurage et de stabilité thermique, que ce soit en extrémités des câbles (dans les boîtiers d'épissurage) ou en accès en plein câble.



Il est reconnu qu'une fonction clé du design de ces produits est de garantir une tension et une contrainte minimales sur les fibres optiques tout au long de leur vie : durant l'installation et tout au long de leur utilisation au sein du réseau statique ou dynamique. Le processus de design est encore éclairé par les conditions environnementales dans lesquelles le câble doit être déployé. Les concepteurs de câbles savent que :

- Le coefficient d'expansion thermique est très différent entre les fibres optiques et les matériaux polymères (différence > 1 000)
- Le module de Young des matériaux varie fortement (différence > 1 000)
- La dureté des matériaux polymères augmente avec le temps
- La fibre optique est sensible aux macro-courbures et aux micro-courbures. Ces effets sont principalement responsables de l'augmentation de l'atténuation qui est importante à 1 310 nm, très importante à 1 550 nm et extrêmement importante à 1 625 nm. Comme nous l'avons déjà expliqué, dans les réseaux « dynamiques » tels que le FttH, il existe un avantage significatif à utiliser les fibres ITU-T G.657/IEC B.657 plutôt que des fibres ITU-T G.652.D/IEC B-652.D. La fibre ITU-T G.657 est un atout important, qui apporte une forte assurance supplémentaire que le réseau FttH conservera un niveau d'atténuation faible, même après 30 ans et même à 1 625nm.
- Les fibres sont sensibles à l'élongation : le risque de rupture doit être pris en compte. Ainsi, lors de la conception de câbles aériens optiques, l'élongation maximale de la fibre doit rester inférieure à 0,2 % pour les applications à longue portée et inférieure à 0,3 % pour les applications à courte portée, **quelles que soient les conditions climatiques**. Le design du câble doit prendre en compte l'élongation maximale de la fibre durant la phase d'installation.
- Les processus de production doivent également être intégrés dans la phase de conception du câble.
- Le chiffrage des coûts et la conception sont fortement corrélés : il est facile de comprendre que réduire les coûts des câbles optiques est aisé si le fabricant néglige une partie des paramètres ci-dessus, notamment la qualité du matériau, alors que beaucoup de variantes sont possibles. Mais il est également facile d'en déduire que les câbles optiques à « bas coût », pour lesquels la qualité de la conception et des matériaux est sujette à question, vont présenter un handicap important par rapport aux « câbles haut de gamme » en ce qui concerne leur durée de vie. Des produits de mauvaise qualité ne vont jamais atteindre l'espérance de vie du matériel, ce qui va à son tour **augmenter spectaculairement l'impact des OPEX pour l'infrastructure passive**.

Aujourd'hui, certains opérateurs, par l'intermédiaire de leurs départements achat, se focalisent principalement sur le coût initial. Ils ont tendance à facilement oublier deux des paramètres clés du coût total de propriété : la fiabilité/durée de vie du produit et les OPEX tout au long de la durée de vie du réseau. Étant donné que les OPEX peuvent augmenter significativement si le matériel du réseau est de mauvaise qualité, **la fiabilité et la durabilité de tous les types de matériel doivent être les « socles » sur lesquels s'appuie le processus de déploiement du réseau**.

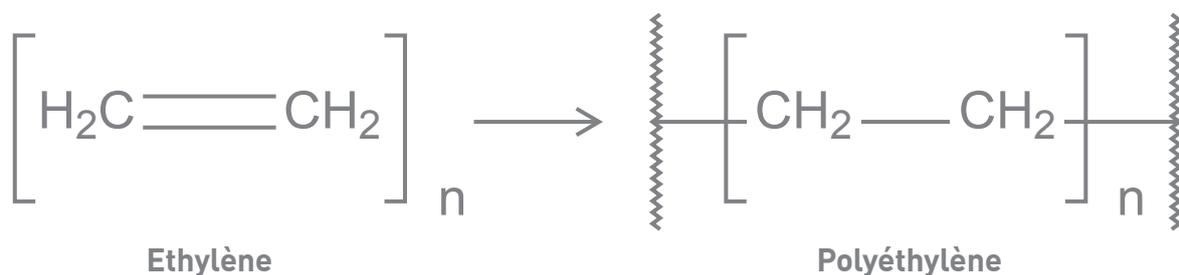
## 2 - MATÉRIAUX

Pour produire des câbles optiques, une grande variété de matériaux en dehors de la fibre optique sont utilisés, principalement :

- des métaux
- du verre
- des polymères

À nouveau, il n'est pas possible d'aborder succinctement les nuances scientifiques d'un sujet aussi vaste. Ce qui importe c'est de comprendre en quoi le choix des matériaux est essentiel pour produire un matériel de grande qualité. Pour faire une analogie avec la cuisine, les chefs vont dire que des « ingrédients de grande qualité » sont obligatoires pour la « grande cuisine ». Dans le secteur de la fabrication et de la conception de câbles, l'idée est la même : des matières premières de grande qualité sont obligatoires pour produire des câbles optiques de grande qualité.

Il est possible d'illustrer cela avec un matériau bien connu dans le secteur des câbles : le polyéthylène.



Si sa formulation de base est simple, la production du mélange de polyéthylène avec le bon poids macromoléculaire, le bon indice de polydispersité, la bonne stabilisation grâce à des antioxydants appropriés tels que les antioxydants phénoliques BHA, BHT, AO 2246, AO 425, Ethanox 330, Irganox 1010, Irganox 1076 ou d'autres, et à la bonne concentration, s'avère bien plus complexe.

Les différents types de polyéthylène (LDPE, LLDPE, HDPE, copolymères) n'offrent pas la même extrudabilité, ce qui signifie que durant le processus d'extrusion, le polymère peut être abîmé par un processus inadapté. La fiabilité du matériau peut en être affectée.

Comme dans l'exemple ci-dessus, il existe tout un ensemble de paramètres de matériaux qui auront une influence sur l'espérance de durée de vie du matériel.

- Le coefficient de frottement est un paramètre important pour gérer la force de traction des câbles dans les conduites ou optimiser les propriétés de soufflage.
- La résistance aux UV des matériaux de gainage est également très importante, particulièrement pour les câbles aériens. L'espérance de vie des matériaux de gainage en polyéthylène va dépendre fortement de la concentration en noir de carbone, de la qualité de dispersion dans la matrice PE et de la taille des particules de noir de carbone.

Il est clair que même un seul matériau nécessite de nombreux tests, études, ainsi qu'un essai de vieillissement à long terme, pour déterminer s'il est en mesure d'atteindre la durée de vie visée.

Tout type de matériau polymère utilisé pour produire les câbles optiques nécessite la même attention que dans l'exemple du polyéthylène donné ci-dessus, pour être sûr que la fiabilité finale du câble optique correspondra aux attentes.

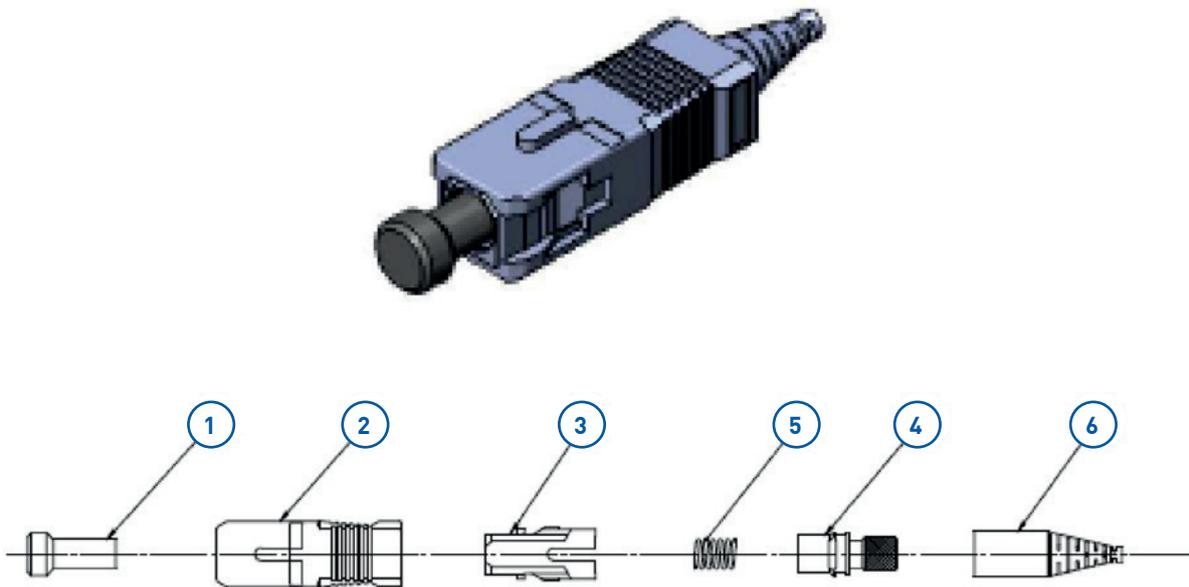
En plus de la qualité du matériau, toute interaction potentielle entre les matériaux présents dans le câble et entre le matériau de gainage et l'environnement externe doit être soigneusement étudiée. Ces études et expérimentations approfondies, qui font partie de la science des matériaux, sont fondamentales pour la R&D dans le secteur des câbles.

## 4.4 CONNECTIVITÉ

Les composants de connectivité constituent également une autre gamme de matériels très importante, et peuvent avoir un impact positif ou négatif sur l'espérance de vie et sur les OPEX en fonction de leur qualité.

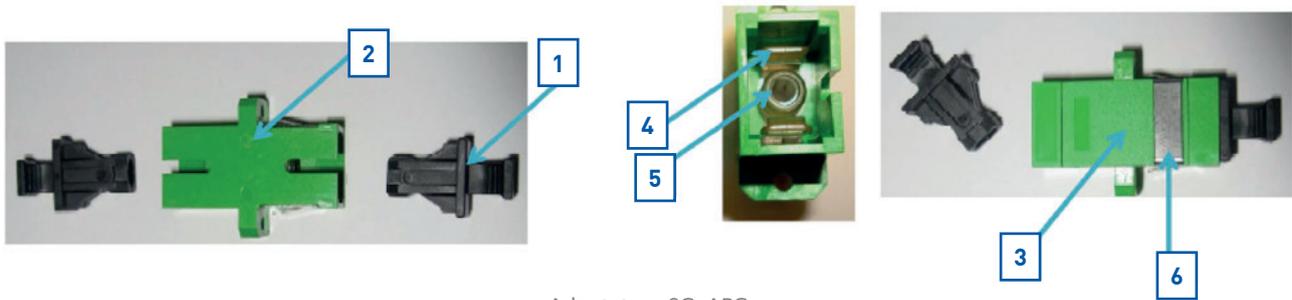
Les répartiteurs optiques, répartiteurs, boîtiers d'épissure, points de distribution, distributeurs, connecteurs, adaptateurs, accessoires pour câbles aériens sont tous des types de composants de connectivité qui nécessitent également une attention particulière lors de leur conception, de la sélection des matériaux et des phases de production et de qualification.

Nous ne reprendrons pas chaque composant. Ce document va plutôt aborder la question des connecteurs et adaptateurs afin de montrer dans quelle mesure ils sont essentiels et vont influencer la durée de vie des réseaux.



N°	Description	QTÉ
1	Capuchon anti-poussière	1
2	Boîtier extérieur SC	1
3	Cadre intérieur SC	1
4	Montant extérieur	1
5	Ressort	1
6	Serre câble 900 µm	1

Connecteur SC-APC



Adaptateur SC-APC

- 1 Capuchon anti-poussière, PP
- 2 Logement d'adaptateur monobloc avec bride SC, sans support, PBT
- 3 Cache d'adaptateur monobloc SC, PBT
- 4 Crochet d'adaptateur monobloc SC, plastique à température de transition vitreuse élevée
- 5 Manchon d'alignement, zircone
- 6 Support de montage d'adaptateur Simplex SC, SUS

En examinant ces schémas et descriptions, nous pouvons voir que différents matériaux sont nécessaires pour leur production :

1. Différents types de polymères y compris des polymères techniques
2. Différents métaux
3. La céramique, par exemple le Zircon, pour la ferrule à l'intérieur du connecteur ou du manchon d'alignement à l'intérieur de l'adaptateur.

De plus, étant donné que la fibre optique est fixée à l'intérieur de la ferrule grâce à l'utilisation d'une colle thermodurcissable spéciale, la qualité, l'application et la polymérisation de cette colle sont des facteurs extrêmement importants pour la qualité finale de l'adaptateur.

Ces connecteurs et adaptateurs seront situés à différents points du réseau FttH. Certains d'entre eux seront situés dans des armoires extérieures. La température à l'intérieur de celles-ci peut dépasser 70°C avec une saturation en humidité : les mêmes conditions que dans un four.

De façon répétée, les composants sont soumis à un environnement sévère, avec une humidité saturée et une température élevée.

On peut en conclure que si chaque matériau n'est pas soigneusement sélectionné, la durée de vie escomptée ne pourra être atteinte :

- Les polymères peuvent subir un vieillissement prématuré avec apparition de fissures et réduction de leurs propriétés mécaniques.
- Les métaux peuvent souffrir de corrosion. Les caractéristiques du ressort, et par conséquent la pression exercée sur les viroles, peuvent varier au fil du temps.
- La céramique de zircon peut présenter différents problèmes, par exemple des manchons brisés, de mauvaises performances de vieillissement avec une corrosion de surface, et une mauvaise qualité d'usinage entraînant des performances médiocres en matière d'atténuation. (Pour mémoire, la céramique de zircon est produite à partir de poudre de zircon grâce à des processus de frittage et d'usinage. Il existe un grand nombre de fournisseurs de poudre de zircon, mais rares sont ceux dans le monde à pouvoir offrir la qualité requise pour fabriquer des manchons et ferrules de grande qualité).

Sur le marché international, les connecteurs et adaptateurs sont légion ; de grandes différences en matière de prix sont pratiquées, mais celles-ci se retrouvent malheureusement également au niveau de la qualité. Il est pratiquement impossible d'identifier ces différences physiques sans tests approfondis et essais de vieillissement à long terme dans des laboratoires de qualification spécialisés.

En l'absence d'une expertise technique solide, il est extrêmement facile de livrer toutes sortes de composants à bas coût. Des effets indésirables peuvent ne pas être identifiés lors des premières années, mais leur fréquence augmentera au fil du temps. L'intensification de ces problèmes va également faire exploser les OPEX.

## 4.5 CONCLUSION

La fiabilité du matériel est un paramètre indispensable pour offrir une qualité de service importante et durable, tout en minimisant les frais de maintenance. Comme exposé ci-dessus, il s'agit d'un sujet complexe.

Les normes IEC et CENELEC offrent des orientations pertinentes concernant les performances à atteindre et les tests à effectuer. Réaliser ces derniers est une étape obligatoire pour parvenir à des composants fiables. Ainsi, il est indispensable de vérifier si les fournisseurs disposent des compétences techniques, des ressources et s'ils ont la capacité de préserver des performances constantes sur l'intégralité du processus de production et ce durant toute la durée de vie du produit.

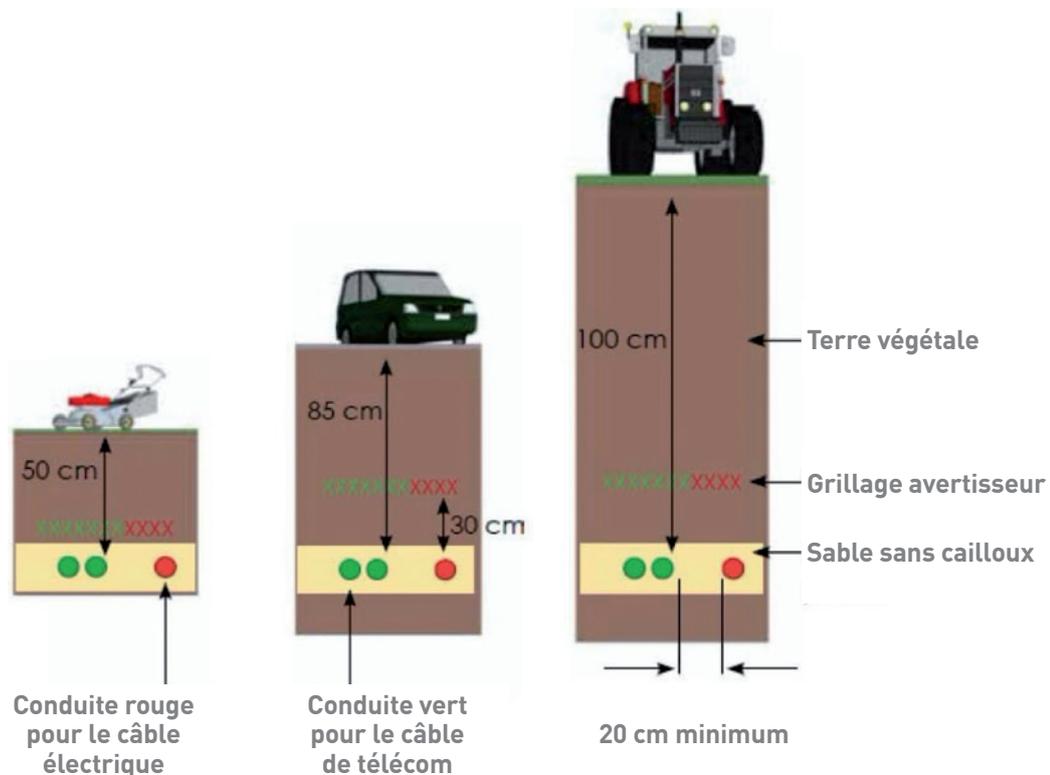
## 5. GÉNIE CIVIL ET INSTALLATION DU RÉSEAU OPTIQUE PASSIF

Les travaux de génie civil et l'installation du réseau optique passif sont deux autres paramètres pouvant influencer de manière spectaculaire la durée de vie globale du réseau. Ce document ne va pas aborder ces deux paramètres clés, mais il est simple de comprendre en quoi ils sont importants pour atteindre une espérance de vie de 50 ans, avec un fonctionnement optimal sur toute la période et au-delà.

Pour atteindre cet objectif, les installateurs doivent :

- Utiliser des composants optiques robustes : fibres, câbles optiques et connectivité. Il est possible d'utiliser différents modèles de câble, mais il est maintenant bien établi que le modèle à micromodule offre de nombreux avantages durant le processus d'installation en :
  - Réduisant le temps nécessaire à l'installation par rapport à d'autres modèles en raison de sa petite taille et de sa très grande flexibilité (sans entraîner d'effet de boucle),
  - Permettant la miniaturisation de certains composants, par exemple les boîtiers d'épissure,
  - Protégeant les fibres optiques face à des contraintes intolérables grâce à sa très grande flexibilité et à sa stabilité sur une vaste plage de température.
- Disposer de compétences solides grâce à une formation adaptée.
- Comprendre les risques d'écrasement localisé auxquels les conduites sont exposées en fonction de la profondeur : les risques augmentent fortement lorsque la profondeur diminue. À 20 cm de profondeur, les risques sont très élevés, mais deviennent très faibles à des profondeurs supérieures à 1 mètre.

Des instructions universelles et globalement reconnues concernant les profondeurs des conduites télécom sont présentées dans le schéma suivant.



- Comprendre la relation entre la qualité du matériau et la durée de vie prévue.
- Comprendre le problème complexe de la relation entre le coefficient de friction entre le câble et les conduites et la force de traction.
- Comprendre l'effet de la force de traction sur le câble tout en prenant en compte les conditions environnementales dans les applications aériennes.
- Comprendre tous les facteurs environnementaux qui affectent non seulement les câbles optiques, mais aussi les accessoires.  
**La maîtrise de ces sujets complexes doit être solide, en particulier dans le cas d'installations aériennes : températures extrêmes, effets du vent, humidité, givre, ...**
- Comprendre à quel point la qualité et le niveau d'attention sont importants lors de l'installation de tout type d'accessoire.
- Comprendre en quoi les inspections finales de la qualité des travaux de génie civil et des réseaux optiques passifs installés sont importantes.

Chacun de ces éléments nécessiterait une explication longue et détaillée associée à la formation requise. De manière générale, les travaux de génie civil et les installations aériennes ou souterraines à bas coût ne sont pas compatibles avec une longue durée de vie et des OPEX peu élevées.

## 6. CONCLUSION

Beaucoup de non-initiés dans le monde pensent que les infrastructures optiques passives sont la partie la plus simple d'un réseau télécoms. La raison derrière cela est que la plupart des gens pensent qu'il est très simple d'amener de la fibre d'un point A à un point B. Cela peut être le cas dans un environnement simple, par exemple sur un dessin dans un bureau d'études. Cependant, la réalité sur le terrain raconte une toute autre histoire : une combinaison d'une extrême complexité durant la phase de construction, puis d'exploitation et de maintenance au cours des 30 à 50 années suivantes.

En s'appuyant sur quelques exemples, ce document synthétique montre à quel point il est important de porter une grande attention à de nombreux éléments, de l'architecture initiale du réseau à l'installation finale en passant par les contrôles.

Un facteur important doit être pris en compte : s'il est très facile de remplacer les éléments opto-électroniques situés dans des bâtiments, les réseaux optiques passifs, eux au contraire, habituellement situés sous terre ou dans des applications aériennes, sont extrêmement complexes et chers à remplacer. En plus de cette complexité, les abonnés finaux peuvent souffrir d'une mauvaise qualité de service durant la phase de remplacement, si cette question n'est pas traitée au préalable.

Nos sociétés, de plus en plus numériquement connectées, seront toutes basées sur des infrastructures optiques, peu importe la solution choisie pour le dernier kilomètre : FttX, mobile (4G, 5G, 6G, etc.). Les coupures du réseau optique deviendront de plus en plus inacceptables et dans certains cas, pourraient avoir des conséquences catastrophiques. Au niveau individuel, les attentes du client concernant la qualité et la disponibilité du service ne vont que continuer à croître indépendamment des usages concernés – services publics, télémédecine, enseignement à distance, industrie, particuliers –.

Par conséquent, il est très important d'être particulièrement attentif lors de la construction du réseau optique passif. L'un des points clés est l'utilisation de composants passifs fiables et de grande qualité, qui sont en mesure d'offrir 30 à 50 ans de durée de vie et servent d'épine dorsale pour un réseau pérenne.

Cette pérennisation signifie que plusieurs générations de composants électroniques seront installées, chaque fois avec de meilleures performances, un débit accru et un temps de latence plus faible, ceci en utilisant le réseau optique passif existant. Un autre élément clé est l'ingénierie réseau : il faut garder à l'esprit la qualité de l'installation et l'entretien requis au cours des 30 à 50 ans de durée de vie du réseau.

Une vision à court terme consistant à développer un réseau à bas coût permettra de minimiser les CAPEX. Si les CAPEX sont importantes, il s'agit d'une opération unique. D'un autre côté, les OPEX sont une situation récurrente, qui se répète tout au long des 30 à 50 ans de la durée de vie du réseau. Ces OPEX dépendent directement de la qualité du réseau, qui dépend à son tour de la qualité des composants passifs : fibres optiques à l'épreuve du temps, peu importe la longueur d'onde, les câbles optiques et la connectivité utilisés.

Pour permettre la construction de réseaux fiables et de qualité, il est impératif de s'assurer :

- Des spécifications de matériel/produit détaillées et des processus de qualification, en prenant en compte leur capacité d'adaptation pour l'avenir et leur disponibilité au cours de la durée de vie du réseau.
- D'une formation de qualité pour les personnes en charge de l'ingénierie réseau et de l'installation du réseau.
- D'une ingénierie réseau prenant en compte le processus d'installation, ainsi que les opérations et l'activité de maintenance au cours des 30 à 50 années à venir.
- De travaux de génie civil de grande qualité et fiables (Il s'agit du plus gros contributeur au total des CAPEX d'infrastructure).
- D'une installation de réseau optique fiable et de qualité.
- D'une inspection finale minutieuse pour garantir que tous les points mentionnés ci-dessus sont totalement sous contrôle.

# ACTEURS MAJEURS DU DÉVELOPPEMENT ÉCONOMIQUE ET DE L'AMÉNAGEMENT DU TERRITOIRE, FORTEMENT IMPLIQUÉS DANS LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE ET NUMÉRIQUE.

Bien que peu visibles, les câbles sont omniprésents dans le transport et la distribution de l'énergie et des communications, dans les liaisons de transmissions de signaux électriques ou optiques, dans les transports ferroviaires, routiers, aériens et maritimes.

Leur fabrication fait appel à des procédés industriels très diversifiés, tels que la plasturgie, la métallurgie, la mécanique, la réticulation, les techniques de mesure et essais électriques, physiques et chimiques, tous parfaitement maîtrisés et conformes aux normes les plus contraignantes.



Créée en 1991, Europacable est l'association européenne des fabricants de câbles et leur porte-parole auprès des institutions et acteurs européens. Elle pilote et coordonne les actions de la profession dans des domaines clefs tels que le développement des réseaux de communication à fibre optique, des réseaux d'énergie ou de la sécurité incendie.

#### CONTACT

58 rue Marie de Bourgogne  
B.1000 Brussels, Belgium  
[www.europacable.eu](http://www.europacable.eu)  
RPM Brussels 0746.714.017  
EU Transparency Register ID 4543103789-92



Créé en 1917, le SYCABEL est l'organisation des fabricants de fils et câbles électriques et de communication et de matériels de raccordement et accessoires implantés en France. L'industrie du câble y est très présente avec un maillage territorial de proximité dans 70 % des régions. Elle emploie plus de 8000 personnes hautement qualifiées et est regroupée à hauteur de 90% au sein du SYCABEL.

#### CONTACT

7, rue de l'Amiral Hamelin  
75016 PARIS  
[www.sycabel.com](http://www.sycabel.com)  
Tél. : +33(0) 1 47 64 68 10  
E-mail : [dg@sycabel.com](mailto:dg@sycabel.com)