

### LIMINAIRE

Depuis la promotion et le déploiement de la 5G, soit en partage de bande sur les fréquences actuelles des 3 et 4G, soit en 5G « cœur » à 700 MHz (zones rurales) et 3 500 MHz (zones urbaines), nous assistons à une accélération de la mise en œuvre de réseaux de fibre optique, en ville comme dans les communes rurales.

Or, depuis le début des années 2000, nous œuvrons pour que soit déployé, à l'échelle nationale, un réseau fibre optique de qualité, couvrant l'ensemble du territoire, et permettant un accès à Internet, ou à la téléphonie, sans passer par une prolifération incontrôlée de la téléphonie mobile via les antennes relais, donc du sans-fil, dont nous connaissons les impacts sanitaires.

Dans l'absolu, la fibre optique est la solution idéale pour la transmission des données numériques, et Robin des Toits en a été le défenseur. Mais alors que les décideurs la trouvaient trop chère, soudainement les opérateurs de téléphonie mobile en installent partout, chez les particuliers comme dans les villes.

Alors pourquoi un soudain engouement des opérateurs, des collectivités territoriales et des pouvoirs publics pour la fibre optique ?

Qu'en est-il vraiment, et quels liens entretiennent les réseaux de fibre optique utilisés pour la 5G (ainsi que la 4G) et la fibre optique proposée par les opérateurs de téléphonie mobile, pour l'Internet à domicile ?

L'**annexe 1** présente les informations techniques essentielles à connaître sur la fibre optique.

### DÉPLOIEMENT DE LA FIBRE POUR L'INTERNET À DOMICILE

La fibre optique est la solution presque idéale de transmission des données tant pour les opérateurs que les usagers car sans aucun impact sanitaire, ou presque. Le problème vient de la nature de la source émettrice qui l'alimente : est-elle un système comme l'ADSL (filaire par le réseau « cuivre »), un réseau national filaire (via le réseau électrique d'EDF - voir l'**annexe 2** - ou en remplacement du réseau cuivre), ou est-elle nourrie par la téléphonie mobile ?

Le « *Plan France Très haut Débit* » est abondé de 250 millions d'euros par l'État.

Dans les zones de moyenne densité, le financement du déploiement du « *Fiber To The Home* » (FTTH) ou fibre jusque chez l'abonné, est assuré par des « *Appels à Manifestation d'Intention d'Investissement* » (AMII) et dans les zones à très forte densité, par les opérateurs.

Lorsque le réseau fibre est édifié par les opérateurs, les sources émettrices qui l'alimentent sont de nature mixte, tantôt filaire tantôt sans fil, par la téléphonie mobile 4G, et souvent les deux en même temps.

Depuis plusieurs années, les opérateurs proposent la fibre optique en remplacement de l'ADSL ou du câble. Dans les zones rurales, le déploiement repose essentiellement sur les collectivités (territoires et État) par l'intermédiaire de Réseaux d'Initiative Publique (RIP). Le Très Haut Débit Radio (THD-R) dans les zones rurales.

Au début des années 2000, l'absence de haut débit Internet par l'ADSL (due au manque de rentabilité pour les opérateurs de le déployer dans des zones peu habitées) a été compensée par le Wifi rural, ou Wimax.

Il s'agit d'implanter dans les zones à couvrir des émetteurs Wifi, en général sur la fréquence porteuse de 5,5 GHz, et sur un rayon d'action d'environ 10 à 20 km, pour proposer un abonnement Internet aux usagers désireux d'y souscrire.

Les débits garantis sont supérieurs à l'Internet par satellite, et l'abonnement surtout moins cher.

Mais cette technologie à très haute fréquence est très impactante sur le plan sanitaire et beaucoup de riverains s'en sont plaints.

Depuis est apparu le THD-R qui consiste à implanter, sur la zone à desservir, une antenne 4G, qui alimente les usagers en Internet chez eux par la fibre optique. Cette antenne extérieure 4G est reliée à d'autres antennes par faisceau Hertzien (FH) à très haute fréquence porteuse : 10 à 80 GHz. Dans cette technologie, la box ne fait que recevoir la fibre et en aucun cas ne fait office d'antenne 4G ou 5G dans le domicile.

Ainsi, le réseau internet qui peut être filaire à la maison, devient au-dehors des antennes partout.

Pourtant, un réseau national de fibre optique pourrait être déployé en utilisant les poteaux du réseau cuivre, et par ailleurs, EDF a installé la fibre sur presque toutes ses lignes électriques.

### **RÔLE DE LA FIBRE OPTIQUE DANS LE DÉPLOIEMENT DE LA 5G**

Les fréquences de la 5G (3 500 MHz pour la 5G cœur, mais prochainement 26 GHz, et la future 6G envisage des valeurs bien supérieures) ne permettent pas une transmission du signal sur une grande distance. Plus la fréquence porteuse est élevée, plus le débit et la capacité de transmission sont grands, mais à contrario plus les pertes et l'atténuation sont importantes selon la distance (quelques centaines de mètres à 3 500 MHz). Ces valeurs sont toutefois modulables en fonction de la puissance d'émission de l'antenne.

C'est la raison pour laquelle, en zone rurale, la 5G « *bas débit* » utilise la bande des 700 MHz pour couvrir de plus grandes distances (10 à 20 km).

En milieu urbain, la fibre optique servira à connecter les stations radioélectriques entre elles. Elle relie aussi les antennes des stations de base aux micro-cellules du mobilier urbain.

Seule la fibre optique offre une capacité de transmission (vitesse, débit) analogue à la 5G, voire supérieure. C'est la raison pour laquelle les opérateurs l'installent à grand frais.

Pour relier des stations radioélectriques (2, 3, 4G) distantes, les faisceaux hertziens sont utilisés.

Dans un premier temps, il n'y aura pas de lien direct entre ce réseau fibre/5G pour relier les antennes 5G entre elles et le réseau fibre pour proposer Internet au domicile des usagers.

Mais comme nous l'avons vu précédemment, les antennes 4G participent déjà à l'alimentation de ce réseau fibre, et la 5G ne tardera pas à appuyer la 4G, voire s'y substituer dans cette tâche.

### **CONCLUSION PESSIMISTE (MAIS LA PLUS PLAUSIBLE)**

Les opérateurs, l'industrie du numérique (et l'État) veulent la disparition de l'ADSL et du réseau cuivre (soi-disant obsolète) et faire en sorte que la 4G + Fibre et maintenant la 5G + Fibre soient un standard unique de l'internet.

Il est désolant de constater que cette technologie prometteuse et sans risque sanitaire qu'est la fibre optique, ait été dévoyée pour des visées purement mercantiles, et que, pour des pouvoirs publics donnant la priorité aux technologies sans fil, la fibre soit devenue un simple outil de complément, alors qu'elle aurait dû devenir la clef de voûte de la transmission des données numériques.

Ainsi, on constate que dès que la fibre optique est déployée dans une ville, la 5G arrive rapidement car associée à celle-ci, la fibre optique permet d'échanger de gros flux de données numériques avec des temps de transit extrêmement courts (terme technique : latence) à très grande distance.

Par exemple un drone peut être piloté à Bordeaux depuis un poste de pilotage à Paris ; les données de contrôle cheminent par la fibre optique de Paris jusqu'à l'antenne 5G locale à Bordeaux via le réseau fibre optique en quelques millisecondes. Elles sont instantanément réémises vers le drone pour son vol. Inversement, le flux de la caméra embarquée du drone remonte à Paris par le même circuit inverse - antenne 5G puis fibre optique - en quelques millisecondes.

Avant la technologie de fibre optique, les données numériques étaient transmises à grande distance par des réseaux filaires complexes et lents, typiquement plusieurs centaines de millisecondes de Bordeaux à Paris.

Voilà pourquoi 5G et fibre optique sont des technologies dites associées.

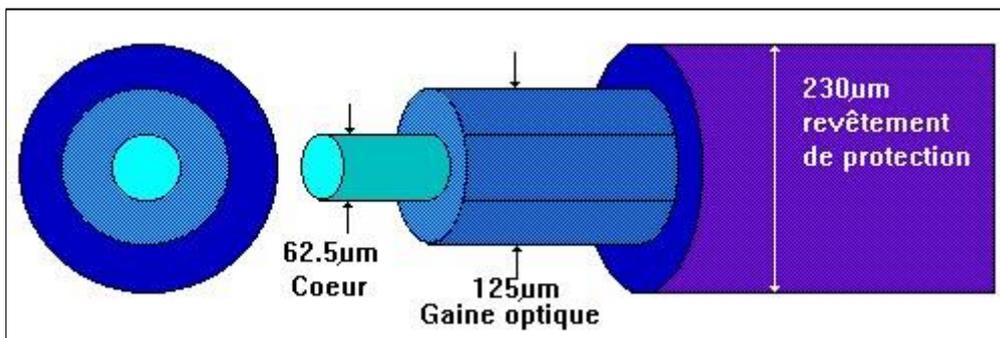
### **CONCLUSION OPTIMISTE (MAIS GUÈRE RÉALISTE)**

La fibre optique va peu à peu remplacer les câbles téléphoniques. En effet, les technologies de communication ont tellement évolué qu'il ne sera plus possible de transporter les données sur les câbles en cuivre.

La fibre optique permet aujourd'hui de répondre à la problématique du haut débit, mais elle permet aussi le développement de nouveaux services.

### ANNEXE 1 : LA FIBRE OPTIQUE

#### Le matériau



Constitution d'une fibre optique multimode

#### La propagation de la lumière dans une fibre à saut d'indice

La fibre optique utilisée pour les télécommunications est composée de deux types, voire densités, de verre de silice différents et d'un revêtement protecteur permettant la réflexion de la lumière emprisonnée.

La fibre optique se compose :

- d'un fil très fin de verre (quelques microns de diamètre) qui peut mesurer jusqu'à plusieurs centaines de km de long ;
- d'une gaine qui emprisonne le fil de verre afin que la lumière ne s'échappe pas ;
- d'un fourreau extérieur qui peut contenir jusqu'à une centaine de fibres (fil de verre + gaine).

La durée de vie d'un câble fibre optique est estimée à 20 ans environ.

#### La propagation de la lumière

Le rayon lumineux traverse le câble quasiment instantanément, mais la lumière « rebondit » sur les bords.

C'est la réflexion ! Ainsi la puissance lumineuse en bout du câble est moins intense qu'en entrée, ce qui limite la distance de communication.

Lorsqu'un faisceau lumineux heurte obliquement la surface qui sépare deux milieux plus ou moins transparents, il se divise en deux : une partie est réfléchiée tandis que l'autre est réfractée, c'est-à-dire transmise dans le second milieu en changeant de direction.

C'est ce principe qui est utilisé pour guider la lumière dans la fibre. La fibre optique comprend ainsi deux milieux : le cœur, dans lequel l'énergie lumineuse se trouve confinée, grâce à un second milieu, la gaine, dont l'indice de réfraction est plus faible.

### Les 2 modes de transmission du signal optique

- **La fibre multimode** (la plus ordinaire) a un cœur relativement gros (50 à 85 microns) ce qui favorise la réflexion de la lumière et donc l'atténuation du signal ! Généralement utilisée pour de courtes distances (réseaux LAN et MAN), il y a deux principaux types de fibre multimode : à saut d'indice (débit <50 Mb/s) et à gradient d'indice (débit <1 Gb/s)
- **La fibre monomode** a un cœur si fin (moins de 10 microns) que la propagation de la lumière est quasiment directe, ce qui permet donc des distances de communication plus longues. Les fibres monomodes ont un diamètre de cœur (10 microns), faible par rapport au diamètre de la gaine (125 microns) et proche de l'ordre de grandeur de la longueur d'onde de la lumière injectée. L'onde se propage alors sans réflexion et il n'y a pas de dispersion nodale. Le petit diamètre du cœur des fibres monomodes nécessite une grande puissance d'émission qui est délivrée par des diodes-laser. Elle est actuellement utilisée pour des infrastructures terrestres et sous-marines de longues distances. Étant donné le diamètre du cœur de la fibre, seule la lumière laser est utilisable. C'est la meilleure solution certes, mais la plus chère. Débit maximal : de 1 à 10 gigabit/seconde.

### Connecter la fibre optique

Le *transceiver* optique permet de convertir le signal électrique en signal optique transporté dans la fibre optique. Pour créer le signal optique à partir du signal électrique, il faut une DEL infrarouge ou une DEL laser.

Pour recevoir ou « lire » le signal optique et le transformer en signal électrique, il faut un phototransistor ou une photodiode (genre de « robinet » à électricité piloté par la lumière reçue).

Il faut donc deux fibres optiques : une pour chaque direction de communication.

Les émetteurs utilisés sont de trois types :

- Les LED (*Light Emitting Diode*) qui fonctionnent dans l'infrarouge (850 nm). C'est ce qui est utilisé pour le standard Ethernet FOIRL.
- Les diodes à infrarouge qui émettent dans l'invisible à 1300 nm.
- Les lasers, utilisés pour la fibre monomode, dont la longueur d'onde est 1 310 nm ou 1 550 nm.

### Distances de transmission

- **En multimode** : selon les protocoles (OM1, OM2, OM3) et le débit (jusqu'à 1 Gb/s), le signal sans atténuation peut s'établir de 300 m à 1 Km.
- **En monomode** : de 5 km sans répéteur jusqu'à plusieurs centaines de km avec répéteurs. Des liaisons sans répéteur peuvent comporter jusqu'à 48 paires de fibres, l'ensemble acheminant plus de 15 Tb/s sur une distance de 200 Km.

### ANNEXE 2 : RÉSEAU DE FIBRE OPTIQUE TRANSPORTÉ PAR LES LIGNES ÉLECTRIQUES

Les lignes de transport d'électricité peuvent également contenir des fibres optiques. Plusieurs méthodes ont été mises au point pour équiper les lignes Hautes Tensions (HT) et Très Hautes Tensions (THT) du réseau. Ainsi, le réseau de transport d'électricité a permis à certaines régions d'accéder au haut-débit.

#### A quoi servent ces fibres optiques ?

Les fibres optiques installées sur le réseau correspondent au réseau de télécommunications propre à RTE. Ce dernier permet de transmettre des informations en temps réel aux techniciens qui gèrent le réseau haute et très haute tension. Les fibres optiques qui ne sont pas utilisées par RTE (Réseau de Transport d'Électricité) sont mises à disposition à des collectivités par exemple. Chaque câble électrique équipé contient 24 paires de fibres optiques.

#### Comment ces fibres sont-elles installées sur le réseau ?

Il existe deux manières d'équiper les lignes électriques de fibres optiques :

- **Incorporer les fibres dans les câbles**

Seul un câble (sur les quatre) est équipé de fibres : soit l'un des trois câbles de phase (par lesquels passe l'électricité), soit le câble de garde (placé au-dessus des câbles de phase) qui assure la protection de la ligne contre la foudre. Dans ce cas de figure, les câbles électriques offrent une haute protection aux fibres optiques et il n'y a aucune contrainte pour l'exploitation du réseau électrique.

- **Enrouler la fibre optique autour d'un câble**

Là encore, l'enroulage s'effectue autour de l'un des quatre câbles (soit un câble de phase, soit un câble de protection) à l'aide d'un robot. Cette technique est davantage adaptée aux lignes dont la tension est inférieure ou égale à 90 000 volts. Le champ électrique à la surface des câbles conducteurs ayant une tension supérieure risquerait de détériorer trop rapidement la gaine des câbles optiques enroulés.