EXERCICE I. TRANSMISSION DE L'INFORMATION (10 points)

Lancé au printemps 2013, le Plan France Très Haut Débit vise à couvrir l'intégralité du territoire français en très haut débit d'ici 2022. Le Très haut débit correspond à un débit descendant supérieur à 30 Mbit.s^{-1}. Pour atteindre cet objectif, le plan s'appuie prioritairement sur le déploiement de réseaux mutualisés de fibres optiques. Ce plan concerne aussi les écoles qui doivent disposer d'un débit d'au moins 8 Mbit.s^{-1} en réception, afin de répondre à leur besoin croissant en ressources numériques. Les solutions technologiques alternatives au déploiement de réseaux filaires, notamment réseau hertzien satellitaire ou terrestre, peuvent être mises en œuvre rapidement et sans investissement lourd pour répondre aux besoins en permettant d'accéder à des débits de 16 Mbit.s^{-1} en métropole.

La fibre optique

La lumière se propage dans la fibre optique à environ 200 000 kilomètres par seconde, vitesse équivalente à celle des ondes « électroniques » dans un câble électrique. L'intérêt de la fibre optique réside non pas dans sa « vitesse », mais dans la possibilité d'y propager des données […] à un débit, c'est-à-dire un nombre de bits par seconde, largement supérieur à celui accessible dans les autres matériaux connus. La fibre optique est un milieu privilégié pour transmettre l'information sur de longues distances. Aujourd'hui, les systèmes à fibre optique quadrillent le monde, sur la terre ferme, autour ou entre les grandes villes, et sous les mers, sur des milliers de kilomètres. Les satellites complètent les réseaux de télécommunications mondiaux, pour amener l'information dans des régions d'accès difficile, ou pour établir des liaisons à haut débit temporaire entre deux points. […]

Une autre raison du succès de la fibre optique tient à sa compatibilité naturelle avec les amplificateurs optiques. En effet, bien que faibles, les pertes* de 4% par kilomètre de fibre se cumulent, si bien qu'après la traversée de l'Atlantique, il ne resterait de l'énergie injectée** que…10^{-130}. Autrement dit, les meilleures photodiodes ne pourraient détecter aucun signal à New-York dans aucune fibre optique, même si on y concentrait à Brest toute l'énergie de l'Univers. Des amplificateurs optiques sont nécessaires, afin de redonner un coup de fouet au signal optique et le ramener à son niveau initial.

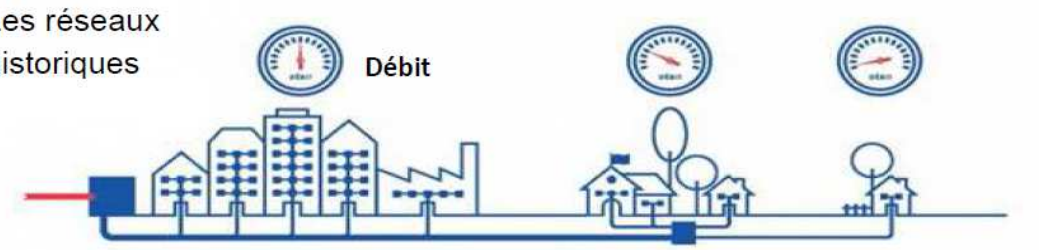
Pour la science « la fibre optique embobine la Terre » dossier n°53

* perte en puissance ou en énergie

** comprendre « il ne resterait en sortie de la fibre que 10^{-130} de l'énergie injectée »

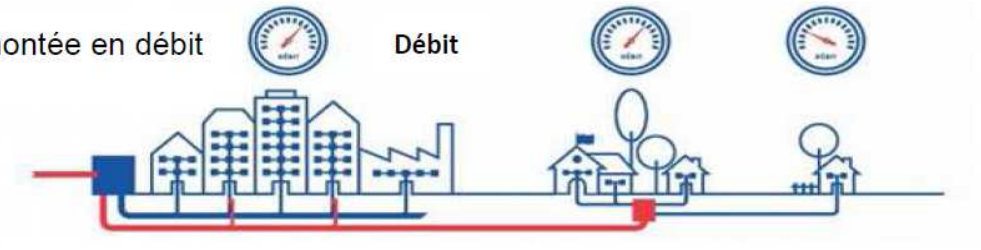
Transmission de l'information

➢ Les réseaux historiques



Le réseau cuivre permet d'apporter un accès haut débit aux usagers des centraux téléphoniques, voire du très haut débit pour les habitations proches (avec la technologie VDSL2), mais est insuffisant pour généraliser le très haut débit à l'ensemble des habitations et entreprises.

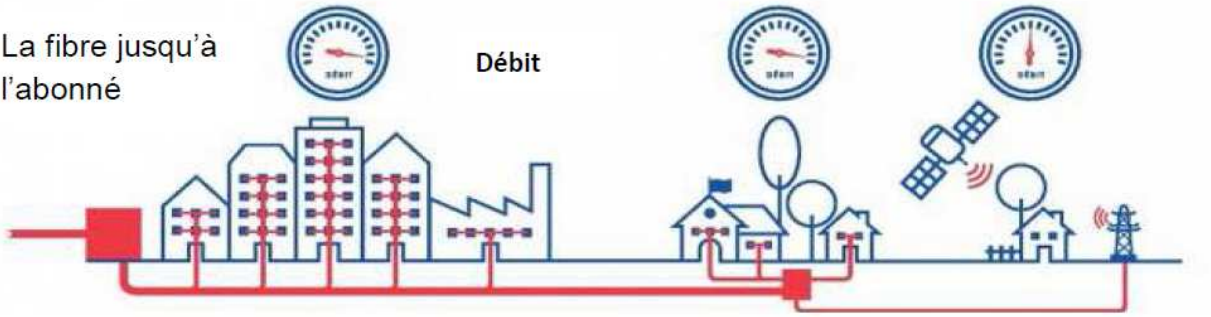
➢ La montée en débit



La montée en débit consiste à remplacer partiellement les réseaux historiques (cuivre ou câble coaxial) par des réseaux de fibre optique, afin d'améliorer les débits offerts et d'apporter le très haut débit[1] à une partie des usagers. Plus rapides et moins coûteuses à déployer, de telles opérations peuvent constituer des solutions transitoires avant le déploiement à terme de la fibre jusqu'à l'abonné.

[1] *Le très haut débit correspond au débit descendant supérieur à 30 Mbit.s^{-1}.*

➢ La fibre jusqu'à l'abonné



Les réseaux de fibre jusqu'à l'abonné (FttH pour Fibre to the Home) permettent de bénéficier des avantages de la fibre optique sur l'ensemble de la ligne (très haut débit, stabilité du signal) pour tous les usagers concernés. Là où de tels déploiements seraient trop onéreux ou trop difficiles (habitats très isolés notamment), des solutions alternatives mobilisant des technologies hertziennes (satellites, relais terrestres, réseaux mobiles) pourront également être mises en œuvre.

http://www.francethd.fr/comprendre-le-tres-haut-debit/

Données

- **Latence**

La latence est le délai minimum de transmission dans les communications informatiques. Ce délai correspond à la durée de transmission ajoutée à la durée de propagation.

- La durée de transmission Δt est le temps nécessaire pour transmettre une quantité de données :

$$\Delta t = \frac{n}{D}$$ avec D débit binaire en bit.s^{-1} et n taille du message en bit.

- La durée de propagation correspond à la durée nécessaire pour que les données aillent de l'émetteur au récepteur.

- **Atténuations**

- Atténuation A (en dB) d'un signal de puissance P à travers une chaîne de transmission :

$$A = 10 \log \frac{P_{entrée}}{P_{sortie}}$$

- Atténuation linéique α (en dB.km^{-1}) d'une fibre optique de longueur L : $\alpha = \frac{A}{L}$

- $\log(10^x) = x$;
- 1 octet = 8 bits, 1 ko = 1024 octets, 1 Mo = 1024 ko, 1 Mbit.s^{-1} = 1000 kbit.s^{-1} ;
- indice de réfraction du verre constituant le cœur de la fibre optique : n_{verre} = 1,5 ;
- célérité de la lumière dans le vide : c = 3,00×10^8 m.s^{-1};
- $n_{verre} = \frac{c}{v_{verre}}$ où v_{verre} est la célérité de la lumière dans le verre.

1. Les différents procédés de transmission de l'information.

1.1. Indiquer, à l'aide d'un tableau, les trois procédés de transmission de l'information évoqués ainsi que leurs avantages et inconvénients.

1.2. Quels modes de transmission correspondent à une propagation guidée ou libre ? Justifier votre réponse à partir d'un des procédés du tableau de la question 1.1.

1.3. La communication optique pour la transmission d'information utilise un faisceau laser. Rappeler les principales propriétés d'un faisceau laser.

1.4. La fréquence des signaux transmis par satellite pour la communication internet est de l'ordre de 20 GHz.

1.4.1. Quelle est la longueur d'onde de ces signaux ?

1.4.2. Ces signaux sont-ils susceptibles d'être significativement diffractés par des objets à la surface de la Terre tels que des immeubles ou des collines ?

1.4.3. En déduire quelle doit être l'orientation des antennes des relais terrestres par rapport aux satellites géostationnaires pour permettre la transmission internet.

2. Transmission à longue distance.

2.1. Retrouver la valeur de la vitesse de propagation de la lumière dans une fibre optique donnée dans l'article du magazine.

2.2. Vérifier que l'atténuation linéique d'un signal transmis par fibre optique est de 0,18 $dB.km^{-1}$. Comparer cette valeur à celle d'un signal transmis par un câble électrique qui est de 10 $dB.km^{-1}$. Conclure sur un des intérêts de la fibre optique.

2.3. La longueur d'un système de communication par fibre optique qui relie New-York à Brest est d'environ 7500 km. Quelle atténuation devrait-on constater sans amplificateur optique sur un signal transmis entre ces deux villes ? En déduire la perte en puissance correspondant à cette atténuation. Comparer cette valeur avec celle indiquée dans le document sur la fibre optique.

3. Latence.

Les élèves d'un lycée newyorkais ont réalisé un blog hébergé sur un serveur aux États-Unis. La taille moyenne d'une page du blog est de 1000 ko.

3.1. À l'aide des notions de durée de propagation et de durée de transmission, interpréter la phrase : « L'intérêt de la fibre optique réside non pas dans sa « vitesse », mais dans la possibilité d'y propager des données […] à un débit, c'est-à-dire un nombre de bits par seconde, largement supérieur à celui accessible dans les autres matériaux connus ».

3.2. Quelle est la durée de transmission d'une page du blog lorsque 15 élèves d'un établissement offrant un débit à 3 $Mbits.s^{-1}$ se connectent individuellement et simultanément à celle-ci ? Quel est l'intérêt du Très Haut Débit pour les établissements scolaires ?

3.3. Estimer la durée de propagation qu'observerait un élève résidant en France pour consulter la page du blog hébergé aux États-Unis.

3.4. Doubler le débit d'un établissement français permettra-t-il de diviser par deux la latence observée pour consulter une page du blog hébergé aux États-Unis ?
Vous justifierez votre réponse de manière quantitative en considérant le chargement de la page du blog depuis un établissement ayant un débit de 100 $Mbit.s^{-1}$.