



N°16 - TÉLÉCOMMUNICATIONS STRATÉGIQUES

INFORMATIONS COMPLÉMENTAIRES

Les éléments traités ici concernent la technologie de la fibre optique ; les connaissances liées aux communications par satellite ne sont pas abordées.

Pourquoi la fibre optique ?

Pourquoi d'un coup, aujourd'hui, la fibre optique prend-elle autant d'essor ? Pourquoi tout le monde s'intéresse autant à cette nouvelle technologie ? Est-elle nouvelle d'ailleurs ? Depuis quand existe-t-elle ? Est-ce vraiment plus rapide ? Pourquoi ?

Beaucoup de questions, et souvent peu de réponses claires...

Posons-nous les questions dans le bon ordre...

Les communications sont de plus en plus présentes dans notre entourage et dans notre quotidien. Effectivement aujourd'hui, on peut se contacter par différents moyens techniques : téléphone, fax, mail, communication instantanée (IRC¹ : MSN, Skype...), réseaux sociaux...

Plus la technologie avance, plus tous ces moyens de communiquer évoluent ! Nous sommes passés de l'Internet bas débit (54 ko) à l'ADSL, qui permet des débits de communication nettement supérieurs (20 Mo soit 20 000 Ko) ce qui a permis de faire passer plus rapidement des « fichiers² » comme de la vidéo ; c'est ainsi que l'on a pu communiquer par webcam par exemple... ou recevoir la télévision via notre modem « box ».

L'augmentation de ces débits est donc synonyme de rapidité et de transfert plus volumineux sur les lignes téléphoniques ou par satellite (ondes radio).

Mais comment faire pour aller encore plus vite ? Qu'est-ce qui va plus vite que l'électricité sur un câble en cuivre ou une liaison satellite dans les airs ? Réponse : la lumière (300 000 km/s)... Autant dire que c'est instantané !

1 *Internet Relay Chat*

2 L'expression exacte est « paquets d'informations ».



Petit historique

Pour comprendre la venue de la fibre optique, il est important de faire un petit retour dans l'histoire.

Une des premières communications internationales utilisait le morse, une succession de « bips » courts et longs qui représentent des lettres et donc, au final, des messages.

Et d'un autre côté, en 1884, un physicien français, Jean-Daniel Colladon, réussit à démontrer que la lumière n'allait pas tout droit et qu'il était possible de dévier sa trajectoire. Pour l'époque, ce fut une démonstration scientifique révolutionnaire. Le principe était de projeter de la lumière dans un réservoir qui se déversait. La lumière suivait la courbure du jet d'eau et non pas sa trajectoire rectiligne comme il le pensait.

Imaginez que l'on combine les deux. Imaginez que, plutôt que de passer par des messages en morse par câble électrique, la communication se fasse par la lumière, avec des faisceaux lumineux plus ou moins longs. Vous venez d'inventer le concept de la fibre optique !

Sauf que les bips longs et courts sont remplacés par une variation de l'intensité lumineuse (plus ou moins lumineuse) et les messages transmis ne sont plus des phrases mais des paquets numériques.

Désolé, vous n'êtes pas le premier !

Alexander Graham Bell (inventeur du téléphone), en 1880, avait déjà imaginé le concept : le photophone. En effet, il utilisait la lumière du soleil et la communiquait à l'aide d'un miroir qui vibrait en fonction de la voix. Cette trouvaille fut vite abandonnée à cause des obstacles naturels (montagne, forêt...) et des conditions atmosphériques qui limitaient la longueur de la communication.

Comment ça fonctionne ?

Pour faire passer la lumière, il nous faut un tuyau, mais pas n'importe lequel, puisqu'il y aura forcément des virages ! La fibre optique, par ses propriétés, permet justement cela : envoyer de la lumière et la récupérer instantanément en « sortie du tuyau ».

Mais comme l'ordinateur communique à l'aide de signaux électriques, il faudra transformer ce signal en signal lumineux.

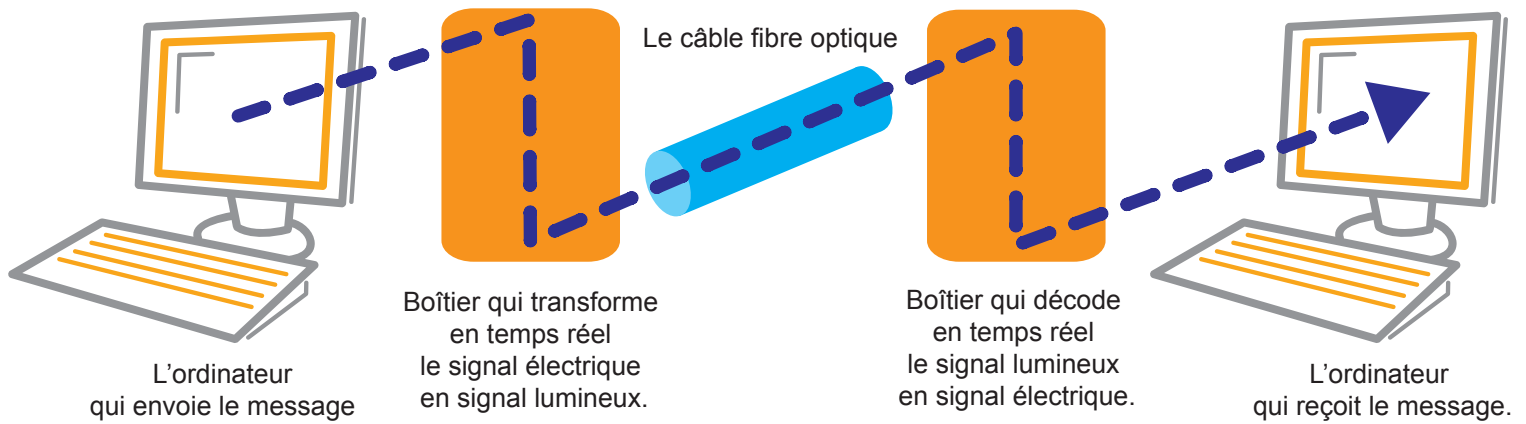


Image 1 : principe de la communication via des câbles à fibre optique © Cndp

Le matériau, c'est quoi exactement ?

En gros, 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.

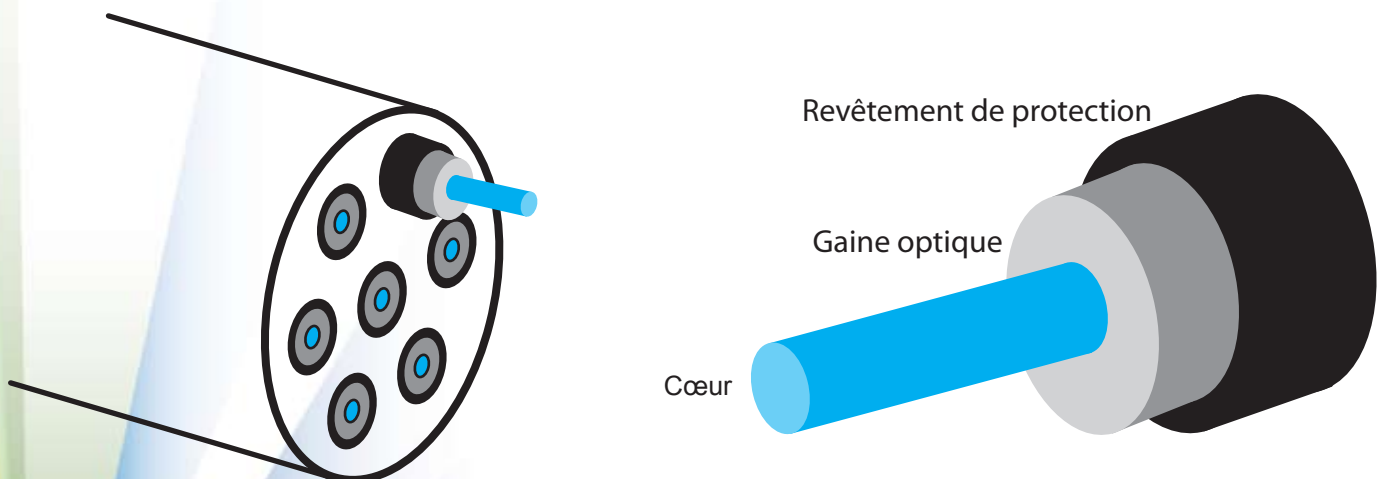


Image 2 : constitution d'un câble à fibre optique © Cndp

Remarque : un cylindre de 1 m de longueur et de 10 cm de diamètre en verre permet de fabriquer 150 km de fibre optique.

Dans le câble, ça se passe comment ?

Imaginez que l'on envoie de l'eau en pression dans un tuyau.

La pression de l'eau va s'atténuer au fur et à mesure des virages, étant donné que l'eau va avoir tendance à venir « s'écraser » sur les bords du tuyau à chacun des virages (on parle de perte de charge). Au final, en sortie du tuyau, la puissance de l'eau sera nettement plus faible qu'en entrée.

On retrouve le même style de problème lors de l'utilisation de la fibre optique : 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.

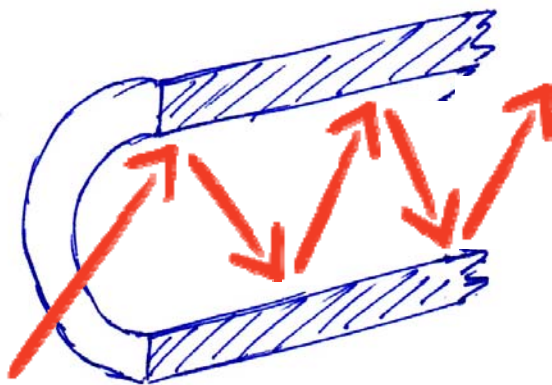


Image 3 : la fibre MULTIMODE

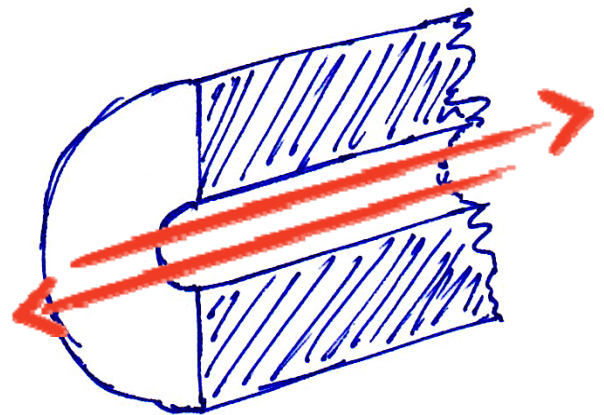


Image 4 : la fibre MONOMODE

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 !

Débit max : 1 gigabit/seconde.

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.

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 max : de 1 à 10 gigabit/seconde.

Comment connecter de la fibre optique ?

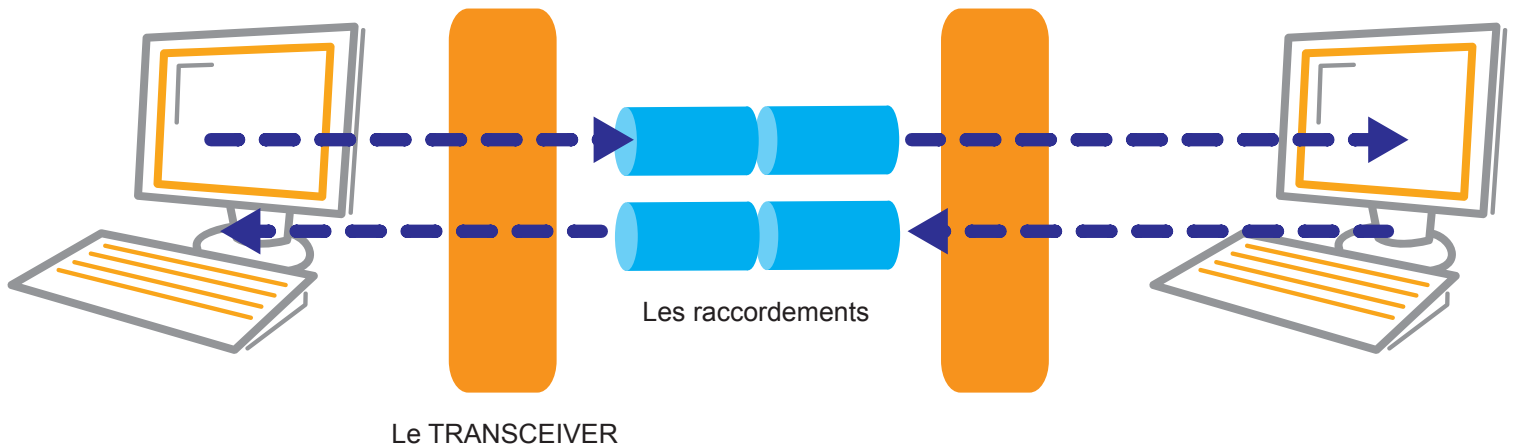


Image 5 : connexion de la fibre optique © Cndp

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 diode infrarouge ou une diode laser.

Pour recevoir (« 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 raccordements :

Il y a plusieurs manières pour raccorder de la fibre optique :

- un couplage mécanique de deux connecteurs mis bout à bout au moyen d'une pièce de précision ;
- un raccordement par *Splice* mécanique ;
- la fusion au moyen d'un appareil à arc électrique.

La fibre optique... en conclusion

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.

Les câbles sous-marins

Historique

1851 - Première liaison télégraphique sous-marine entre la France (Calais) et la Grande-Bretagne (Douvres).

1858 - Premier câble transatlantique télégraphique. Alors que les navires mettaient 3 jours pour traverser l'Atlantique avec le courrier postal, le câble permettait une connexion théorique de 2,75 mots par minute.

1875 - Le duplexage des données permet de passer à 80 mots par minute.

1956 - Premier câble téléphonique sous-marin intercontinental entre l'Europe et les États-Unis : le TAT 1 (Transatlantique 1).

Dans les mêmes années, la communication par satellite se développe également.

1988 - Pose du premier câble à fibre optique : le TAT 8 permettant 40 000 communications téléphoniques simultanées.

1997 - Le TAT 12 et le TAT 13 permettent les nouvelles liaisons Internet.

2000 - Le TAT 14, 64 fois plus performant que les précédents, permet 8 millions de communications de type multimédia simultanées.

Une carte actualisée des câbles sous-marins est disponible sur le lien suivant : www.iscpc.org.

Les câbles sous-marins sont mis en place et maintenus par des navires câbliers après reconnaissance bathymétrique pour repérer le trajet idéal (le plus court, mais sans risque pour le câble). Par faibles profondeurs, et lorsque la nature du fond le permet, les câbles sont généralement enfouis à l'aide d'un outil marin de type charrue afin de minimiser les risques d'accrochage par les chalutiers des pêcheurs.

Le câble *Lion* (*Lower Indian Ocean Network*, voir carte sur l'affiche)

Maurice, Madagascar et l'île de la Réunion sont reliés par un câble sous-marin *Lion* via le câble *Safe*. Ce câble renforce ainsi les liens entre ces trois îles et est un puissant outil de communication permettant de mieux dynamiser l'économie régionale.

Ce câble n'est opérationnel que depuis novembre 2009. Son installation a été une étape historique pour les îles des Mascareignes.

Un nouveau câble sous-marin, *Lion 2*, qui permettra de faire la liaison avec le Kenya et Mayotte, va être posé et est censé améliorer *Lion*.

La capacité théorique de *Lion 2* sera de 1,28 téraoctet par seconde pour un câble qui sera long d'environ 3 000 kilomètres. Il devrait être actif courant premier semestre 2012 et coûtera 56,5 millions d'euros.

Le câble *Safe* est un câble sous-marin de dernière génération reliant par fibre optique l'Afrique du Sud à la Malaisie. Son nom vient de « *South Africa – Far East* ». Commandé en 2002, ce câble de 13 104 kilomètres de long qui traverse l'océan Indien fait la paire avec un autre câble reliant quant à lui l'Europe et l'Afrique de

l'Ouest à l'Afrique Australe par l'océan Atlantique. Il permet donc de connecter le Vieux Continent à l'Asie du Sud-Est et peut donc servir de voie de délestage ou de secours en cas de rupture ou de saturation des câbles traversant le Moyen-Orient.

Le câble *Honotua* (voir carte sur l'affiche)

Ce câble long d'environ 4 520 km, permet de raccorder Tahiti à Hawaï par fibre optique à 10 Gbit/s depuis 2010.

Ce câble répond aux nécessités et aux exigences actuelles de nos populations en matière de très haut débit pour être partie intégrante du monde de l'information et des communications.

Inconvénients et avantages des câbles

Inconvénients

Un long délai de réparation, mais peu de dysfonctionnements : 3 en 25 ans en moyenne.

Vulnérabilité aux agressions extérieures dans les eaux peu profondes (1 000 m) où des protections spéciales sont requises.

Cout important de maintenance mais souvent généralement mutualisé.

Avantages

Un débit très important : les câbles sous-marins actuels permettent une connexion théorique de 160 Gbit/s par paire de fibre. En pratique, il est utilisé en général à 10 Gbit/s, ce qui est déjà largement suffisant pour les besoins actuels.

Une longue durée de vie, soit environ 25 ans.

Insensibilité aux conditions atmosphériques : les orages, cyclones et mauvaises conditions atmosphériques perturbent et génèrent des erreurs et des interruptions dans les communications par satellite. Le câble, quant à lui, ne connaît pas ces genres de problèmes et permet d'assurer la communication avec fiabilité.

Une transmission parfaite du signal : en effet, la fibre optique fournit une qualité de transmission constante et sans erreur.

Le temps de connexion (le temps de latence exactement) : c'est le temps qui correspond au temps d'aller/retour du signal entre les deux points de connexion. Ce temps est crucial dans de nombreux domaines de communication. En connexion satellite, ce temps est de l'ordre de plusieurs centaines de millisecondes, contrairement au câble qui est de l'ordre d'une centaine de millisecondes.

Une haute fiabilité : en effet, il est possible de réparer un câble en cas de dysfonctionnement.

MÉDIAGRAPHIE

Les partenaires

Le site du CNES dédié aux jeunes. Des activités et projets spatiaux à mener en classe ou en club, des infos et des dossiers multimédia.

www.cnes-jeunes.fr

Voir dans « espace du savoir », puis « 200 ans d'histoire », puis « les câbles téléphoniques sous-marins ».

www.cite-telecoms.com/fr/cite-des-Telecoms-actualite

La fibre optique en général

- www.abavala.com/2011/09/29/fibre-optique-pourquoi
- www.estelenerg.org/archives/fibr_optiq.htm
- <http://irp.nain-t.net/doku.php/010fibroptique:start>
- www.zonehd.net/dossier/la-fibre-optique-une-technologie-de-pointe/1
- www.telcite.fr/fibre.htm

Fabrication de la fibre optique

Vidéos sur l'étirement, le polissage, le sertissage, le contrôle, la fabrication, la préparation, et la construction.

www.technologuepro.com/reseaux/Cablage-en-Fibre-optique/Soudure-Fibre-optique.html

Les câbles sous-marins

Carte des câbles sous-marins

www.iscpc.org

Un exemple d'entreprise

www.etm-technology.net/cable_marin.html

Le câble *Lion*

- <http://lion.orange.com>
- www.orange-business.tv/2011/10/ouvrir-les-portes-du-monde.html

Le câble *Honotua*

- www.opt.pf/groupe_opt/honotua_projet.php
- www.opt.pf/groupe_opt/honotua/index.php

Autre exemple dans le lac Léman

<http://www.httr.ups-tlse.fr/pedagogie/cours/fibre/folac.htm>

POINTS DE PROGRAMMES D'ENSEIGNEMENT

Collège, technologie

BO spécial n° 6 du 28 août 2008 technologie classe de 4^e, domaine d'application « Confort et domotique ».

Approches	Connaissances	Capacités
L'analyse et la conception de l'objet technique.	Représentation fonctionnelle.	<p>Décrire sous forme schématique, le fonctionnement de l'objet technique.</p> <p>Associer à chaque bloc fonctionnel les composants réalisant une fonction.</p> <p>Établir un croquis du circuit d'alimentation énergétique et un croquis du circuit informationnel d'un objet technique.</p>
La communication et la gestion de l'information.	Chaîne d'information. Chaîne d'énergie.	Repérer, à partir du fonctionnement d'un système automatique la chaîne d'information (acquérir, traiter, transmettre) et la chaîne d'énergie (alimenter, distribuer, convertir, transmettre).
	Forme du signal : information analogique, information numérique.	Identifier la nature d'une information et du signal qui la porte.
	Traitement du signal.	<p>Identifier les étapes d'un programme de commande représenté sous forme graphique.</p> <p>Modifier la représentation du programme de commande d'un système pour répondre à un besoin particulier et valider le résultat obtenu.</p>
	Commande d'un objet technique et logique combinatoire de base.	Identifier une condition logique de commande.



PISTES PÉDAGOGIQUES

Niveau/Discipline

Quatrième/Technologie

Situation déclenchante

L'affiche sert de situation déclenchante.

À sa lecture, les élèves s'aperçoivent que le futur câble *Lion 2* permettra à Mayotte d'accéder au haut débit en 2012.

Il utilisera la fibre optique, avec un débit théorique de 1,28 Tbit/s sur 3 000 km environ.

Ce qui amène la problématique :

« Comment valider l'efficacité de la communication avec le câble Lion 2 ? » ou

« Comment évaluer le temps de latence sur ce nouveau câble une fois posé ? »

Ressources élèves, professeur

Le classeur : contient les connaissances acquises sur la rédaction d'un organigramme.

Sinon, prévoir une ou plusieurs séances sur les systèmes automatisés (qu'est-ce qu'un capteur, un actionneur, une logique combinatoire... ?). Les élèves auront déjà utilisé un logiciel de programmation (comme Programming Editor de chez Picaxe) et une interface programmable mais dans le cadre d'une autre application ou d'un autre centre d'intérêt.

Déroulement

Première partie

Avant de lancer chaque ilot dans la recherche d'une ou plusieurs solutions, le professeur commence par faire une intervention au niveau de la chaîne d'information (voir figure 6).

Cette partie du programme étant assez délicate au niveau de la compréhension des élèves, le professeur présente la chaîne d'information en s'appuyant sur le questionnement suivant :

en se positionnant sur l'île de la Mayotte, comment envoyer un message de type multimédia sur le continent ?

Si l'on désire envoyer une information de type multimédia, que va devoir faire le système ? Quel type de matériel technique est capable de le réaliser ?

Ainsi, la fonction « traiter » devait être trouvée et c'est effectivement l'ordinateur ou un démodulateur qui réalisera cette fonction.

Comment transférer le message ? Quelle est la fonction la plus adaptée ?

La fonction « communiquer » devrait être trouvée rapidement, ainsi que la fibre optique pour réaliser cette fonction.

Quelle fonction faut-il rajouter entre « traiter » et « communiquer » ?

Il s'agit ici de trouver la fonction « convertir », qui permet de convertir le signal numérique en signal optique.

Où doit-on rajouter cette fonction ?

Il faudrait aussi reconvertir le signal en sortie de la fibre optique...

Pour que l'ordinateur destinataire puisse lire correctement l'information, quelle dernière fonction faut-il rajouter après avoir converti l'information en signal numérique ?

La même qui a permis le transfert en aval... la fonction « traiter ».

Voici ce qu'il faudrait obtenir à la fin de cette première partie :

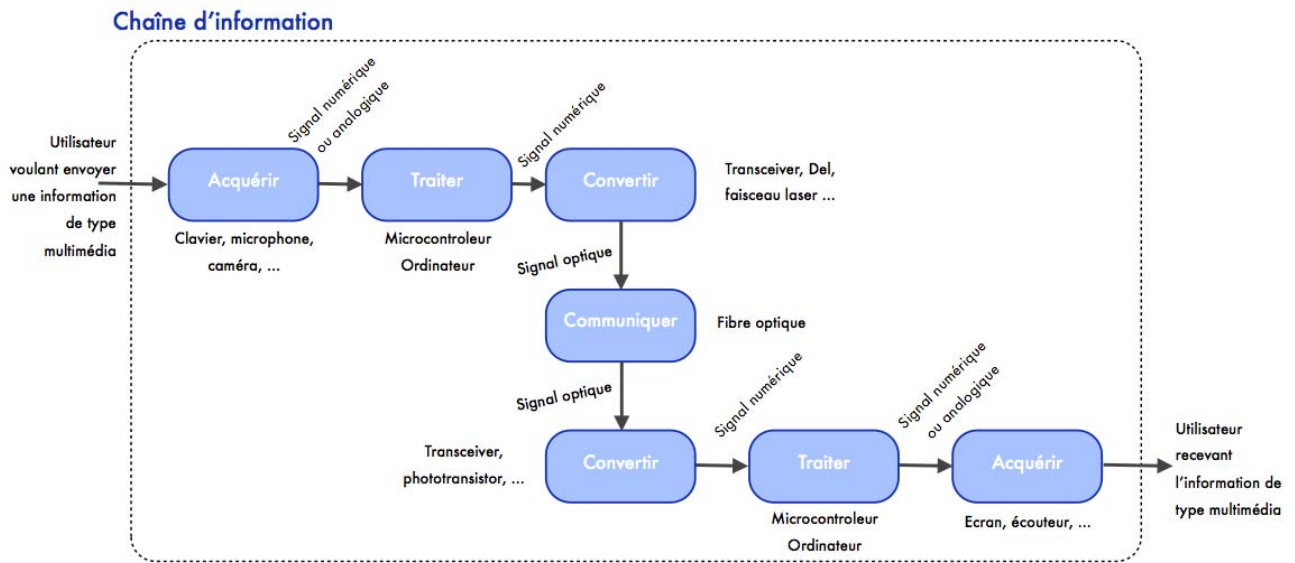


Figure 6 : la chaîne d'information © Pascal Pujades

Deuxième partie (investigation)

Une fois la chaîne d'information traitée et bien assimilée par les élèves, chaque ilot doit proposer une solution permettant de trouver le temps de latence du nouveau câble.

Le professeur peut faire la remarque suivante si certains groupes d'élèves n'ont pas conscience des problèmes physiques de distance : « N'oubliez pas qu'il est difficile, voire impossible, de synchroniser deux systèmes sur une telle distance... une solution de type téléphonique par satellite est une aberration, car théoriquement, la connexion par fibre optique est beaucoup plus rapide. »

L'activité peut sembler difficile pour certains élèves, dans ce cas, le professeur peut les mettre sur la voie : « Imaginons que l'on envoie de l'eau dans un tuyau, la question reviendrait à se poser : comment mesurer le temps que l'eau a mis pour arriver de l'autre côté ou pour revenir à nous ? Ici le tuyau mesure 3 000 km » (figure 7).

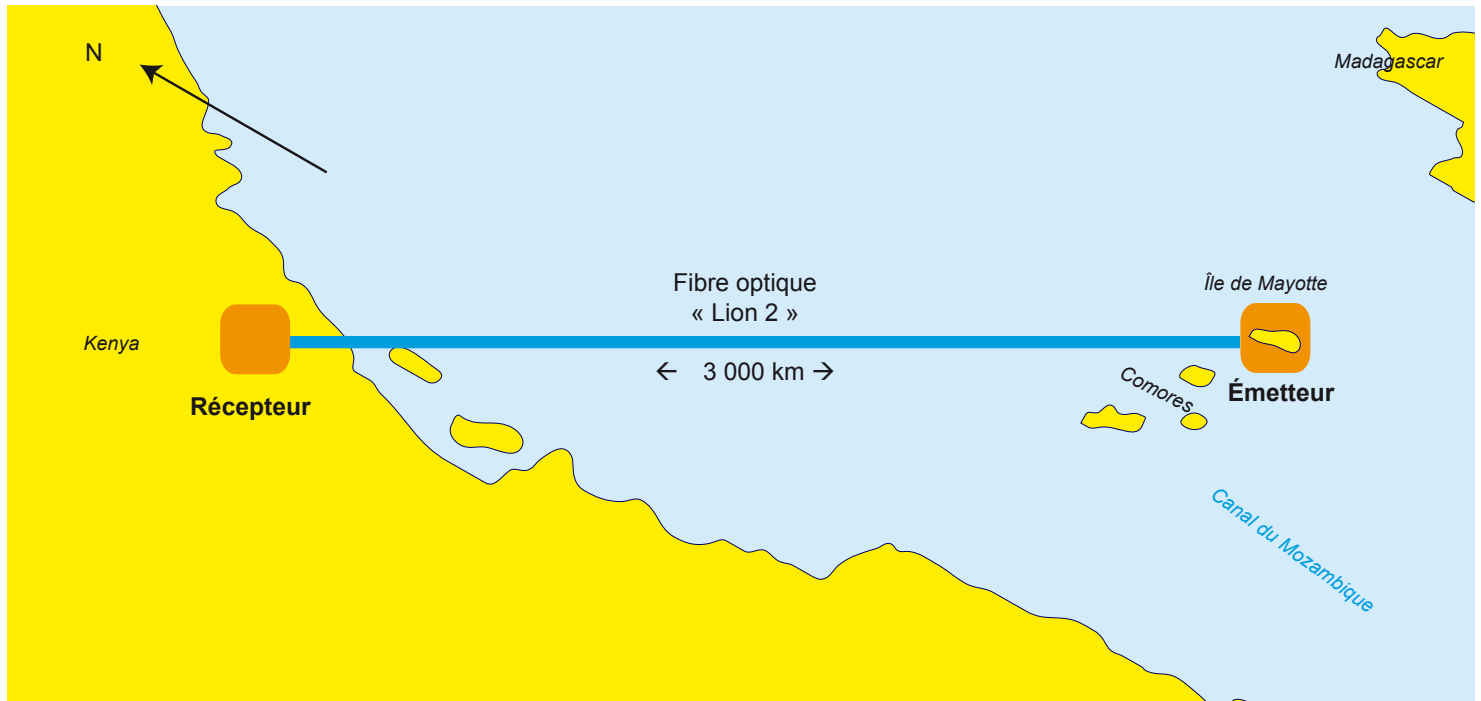


Figure 7 : schéma de la problématique © Cndp

Les élèves peuvent rédiger un compte rendu informatique qui sera archivé dans le classeur (certainement illustré d'un schéma de fonctionnement).

Bilan des investigations

Les élèves exposent leur solution oralement en classe entière en vidéoprojetant leur schéma de fonctionnement ainsi que leur(s) organigramme(s).

Voici une proposition de solution :

Fonctionnement

À l'aide d'une interface contenant l'organigramme suivant, le signal est émis dans une fibre optique à l'aide d'une des sorties de l'interface. Une fois le message reçu à l'autre extrémité, il est renvoyé dans le sens inverse à l'aide d'une jonction de fibre optique, comme s'il s'agissait du même câble discontinu (figure 8).

Le signal retourne donc à l'envoyeur, après avoir parcouru un aller/retour de près de 6 000 km. L'interface reçoit alors sur une de ses entrées le signal de retour.

L'organigramme à l'intérieur de l'interface programmable a calculé le temps entre l'envoi du message et son retour, ce qui permet de déterminer une approximation du temps de latence.

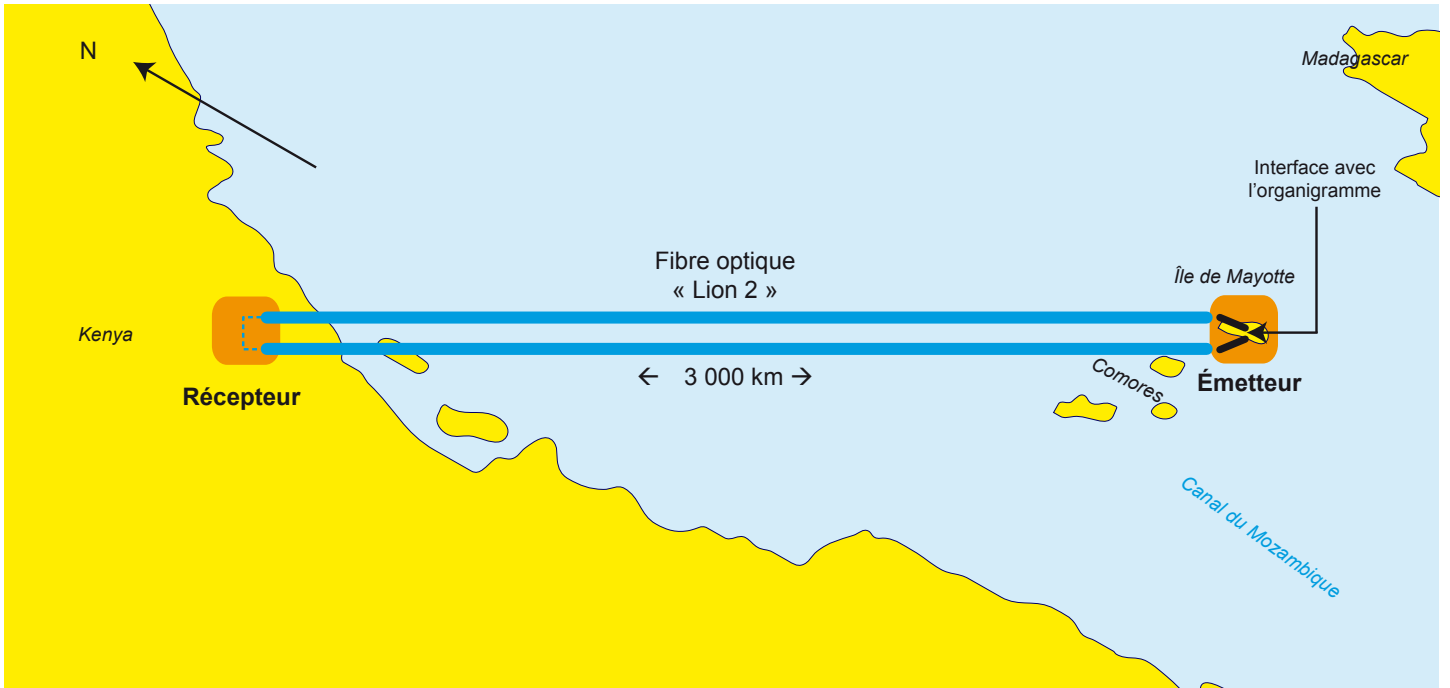


Figure 8 : une proposition de solution © Cndp

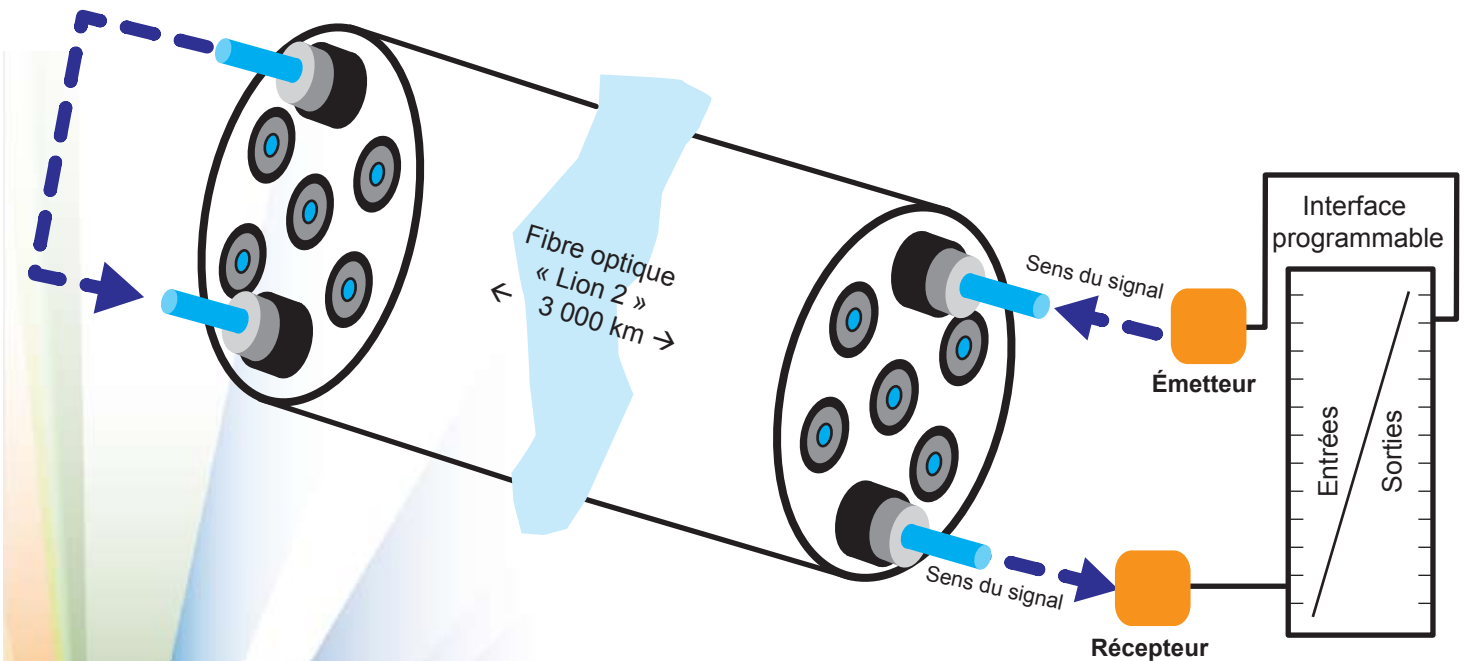


Figure 9 : proposition de câblage autour de l'interface programmable © Cndp

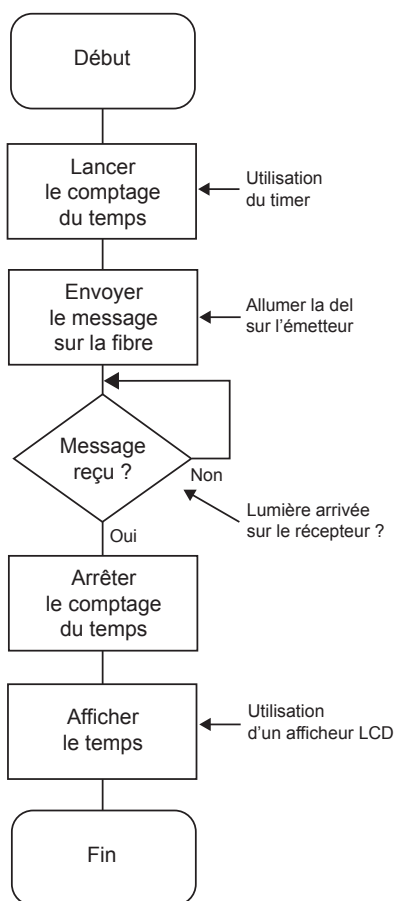


Figure 10 : proposition de l'organigramme de fonctionnement © Cndp

Synthèse

La fiche synthèse comportera toute la logique de l'activité :

- la définition de la problématique ;
- la présentation du système actuel sous forme de chaîne d'information ainsi que les types de signaux transmis entre chaque bloc fonctionnel ;
- la meilleure solution trouvée par un groupe ou l'amélioration de cette dernière par la classe et le professeur avec le schéma de fonctionnement et les organigrammes.

Et si on allait plus loin...

Avec le logiciel « Programming Editor » (logiciel gratuit de réalisation d'organigramme et de simulation) et le matériel fourni par plusieurs fournisseurs connus en classe de technologie, il serait possible de mettre en application physique cette activité papier.

La fibre optique pourrait être remplacée par un tuyau droit ne laissant pas passer la lumière extérieure. Le signal pourrait être envoyé par une del et reçu en bout de tuyau par une photorésistance ou un phototransistor (montage préalablement réalisé par le professeur voir en figure 11).

Le mieux serait effectivement d'utiliser de la fibre optique.

Le lancement du comptage de temps sera effectué par le *timer* de l'interface. Si cela semble difficile pour les élèves, ils pourraient commencer par modifier un programme préalablement réalisé par le professeur afin de comprendre le fonctionnement du *timer* et ainsi dévier sur la programmation de leur solution.

Exemple d'application :

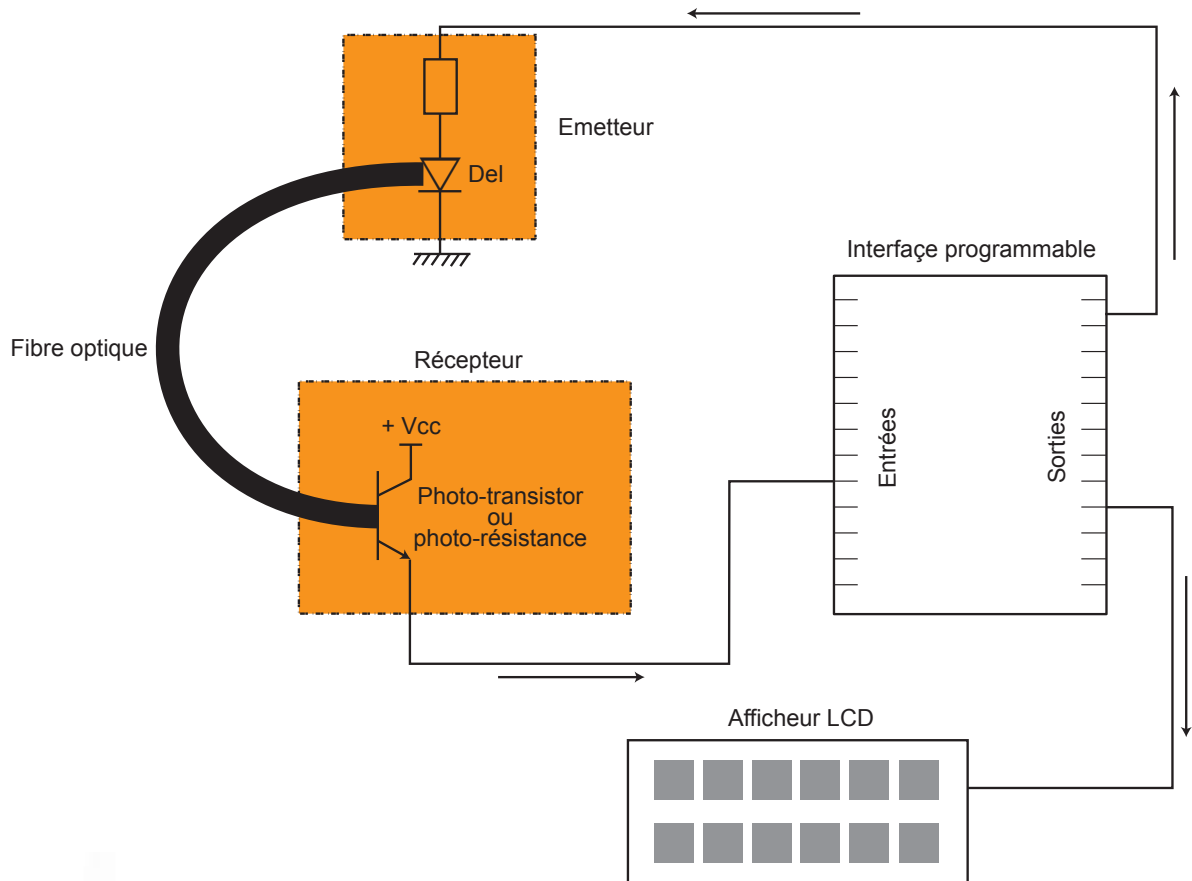


Figure 11 : exemple de câblage autour de l'interface programmable © Cndp

AUTEURS

Conception de l'affiche : Claire Lucchese

Accompagnement pédagogique : Pascal Pujades

PANNEAU RÉALISÉ AVEC LE CONCOURS DE :

- CNES
- France Telecom-Orange

Copyright SCÉRÉN CNDP-CRDP, 2011