

Mesures par fibres optiques

Introduction

La fibre optique, aussi mince qu'un cheveu est plus résistante que l'acier, elle demeure l'une des plus grandes avancées technologiques en matière de câblage puisqu'elle perd tous les désavantages des câbles électriques (la puissance, l'impédance, etc.....). Elle a pour but de transporter de la lumière dont la source pouvant être soit un laser, ou soit une diode électroluminescente (DEL).

La fibre optique offre donc une vitesse de transmission très élevée, un mode de transmission faiblement atténué ainsi qu'une très grande bande passante et un multiplexage de plusieurs signaux (Fibres multi modes); Tout en ayant un faible poids, une petite taille ainsi qu'une grande souplesse. Dans la mesure où les fibres ne transportent que de la lumière il est évident que la sensibilité aux parasites, les problèmes liés aux zones à risque ou à l'électricité est maîtrisée voire parfois proscrite (ATEX), etc ... sont balayés.

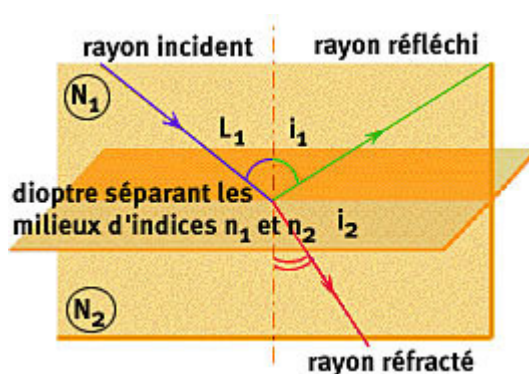
Cet article a donc pour but d'offrir une description ainsi que les fonctionnalités offertes par la fibre optique et ceci plus particulièrement dans le domaine de la mesure. De ce fait il s'adresse à un public soucieux d'exploiter la technologie pour des mesures de tensions, de température et par extension d'autres types de mesures physiques liées à l'utilisation de longueurs de fibres ' **mesure** ' avec un accent particulier sur les risques naturels et risques sur structures d'ingénierie civile.

2. Fonctionnement de la fibre optique

2.1. La réflexion totale interne

Le principe physique majeur qui a inspiré la technologie des fibres optiques est ce que l'on appelle « la réflexion totale interne ».

Ceci découle de la loi de la réfraction voulant qu'une onde traversant une frontière entre deux milieux de densité différente soit déviée. Pourtant, si jamais l'onde tente de passer d'un milieu de densité relativement haute à un milieu moins dense, il existe un angle minimum entre la direction de l'onde et la normale de la frontière pour lequel l'onde ne sera pas déviée, mais réfléchi. Il est donc possible pour une onde lumineuse de se propager indéfiniment dans un cylindre de verre.

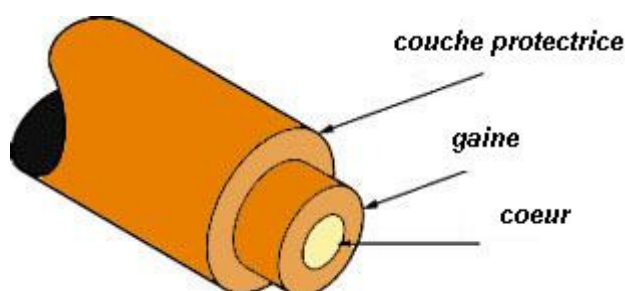


La réflexion totale interne.

2.2. Anatomie d'une fibre optique

La fibre optique est ce que l'on appelle un guide d'onde optique circulaire. C'est donc un cylindre de verre possédant des caractéristiques guidantes, possédant la faculté de guider la lumière en son cœur. Le câble coaxial en est un exemple car celui-ci sert à transporter les signaux de télévision jusqu'à nos maisons.

Le cœur de la fibre est composé de silice, ou plus exactement d'oxyde de silicium (SiO_2). Cette molécule, qui est présente dans de nombreux minéraux comme le quartz, la calcédoine ou l'opale, a la particularité de réfléchir de façon optimale les longueurs d'ondes de 850, 1300 et 1500 nanomètres. Ce cœur parfait est entouré d'une couche de silice de moindre qualité formant la gaine optique.

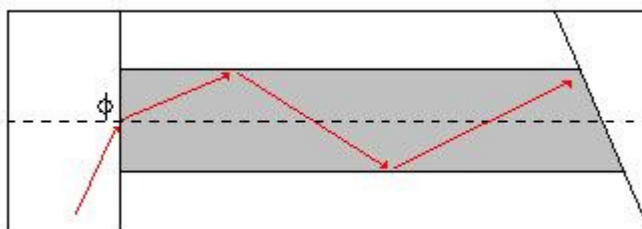


Les propriétés guidantes d'un cylindre de silice reposent sur le principe physique de la réflexion totale interne décrite précédemment. Le cœur et la gaine de la fibre optique ont des indices de réfractions différents. Ainsi pour qu'il y ait propagation de la lumière, l'indice de réfraction du cœur de la fibre doit être plus grand que celui de la gaine de sorte que l'on retrouve un effet miroir à l'intérieur de la gaine. La lumière est donc confinée à l'intérieur du cœur. Pour avoir une propagation de la lumière sans perte dans la fibre optique, tous les rayons lumineux heurtant l'interface entre le cœur et la gaine devront respecter la condition de réflexion totale interne. L'angle d'entrée de la lumière, calculé en fonction des indices, sera donc scrupuleusement respecté.

La dimension d'une fibre optique se compare à la grosseur d'un cheveu humain et le cœur quant à lui peut avoir la grosseur de $4 \mu\text{m}$. La couche extérieure de la fibre protège la partie guidantes des facteurs environnementaux et physiques. Sa dimension se situe donc entre 250 et $900 \mu\text{m}$.

2.3. Propagation de la lumière dans une fibre

Un rayon lumineux entrant dans une fibre optique a l'une de ses extrémités avec un angle adéquat, subit de multiples réflexions totales internes. Ce rayon se propage donc alors avec une vitesse de l'ordre de $200\,000 \text{ km/s}$ jusqu'à l'autre extrémité en ayant subi aucune perte, en empruntant un parcours en zigzag.



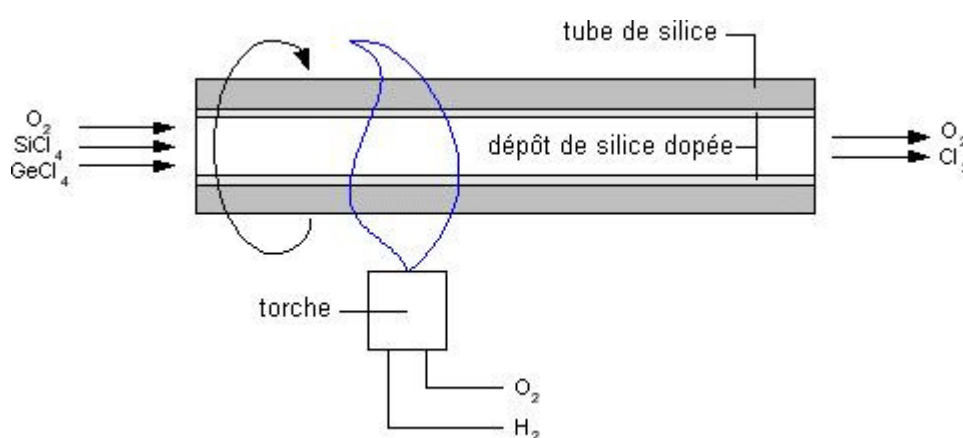
Propagation du rayon lumineux dans la fibre optique.

La propagation de la lumière dans la fibre peut donc se faire avec très peu de pertes même lorsque la fibre est courbée.

3. Fabrication d'une fibre optique

3.1. La préforme

La fabrication d'une fibre optique passe par la réalisation d'une préforme cylindrique en barreau de silice. La silice est un composé oxygéné du silicium, de formule SiO_2 , présent dans un grand nombre de minéraux, tels que le quartz, la calcédoine et l'opale. Cette préforme de silice est étirée afin d'obtenir la fibre. La géométrie de la préforme doit respecter parfaitement le rapport des diamètres du cœur et de la gaine ainsi que leurs indices de réfraction.



Fabrication de la préforme.

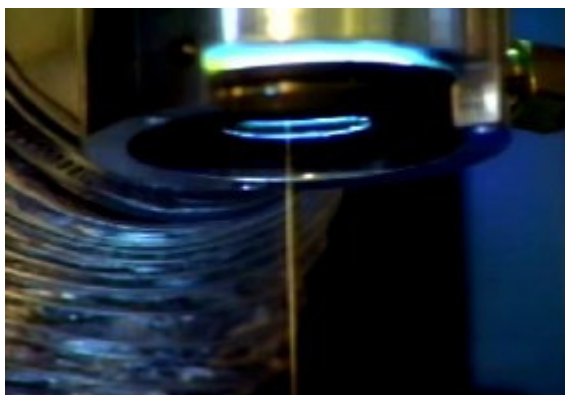


Fabrication de la préforme.

3.2. Le fibrage

Une fois la préforme terminée, celle-ci est placée verticalement dans la tour de fibrage. Une haute température est appliquée localement à l'extrémité de la tige de verre jusqu'à ce que la silice soit ramollie. De la préforme est alors tiré un brin de fibre. La température de chauffage et la vitesse de fibrage sont des paramètres clés lors de la fabrication de la fibre puisqu'ils

déterminent son diamètre. Cette donnée est très surveillé et mesuré afin que des ajustements soient faits si nécessaire.



Fibre optique venant de la préforme.



Enfin la dernière étape de fabrication de la fibre consiste en l'application de sa couche protectrice. La fibre est obtenue par fibrage est enduite d'un polymère sous forme liquide, comme de l'acrylique. La couche protectrice sera ensuite cuite et solidifié par chauffage ou par rayonnement ultraviolet. La fibre est finalement enroulée sur un tambour pour faciliter son transport.

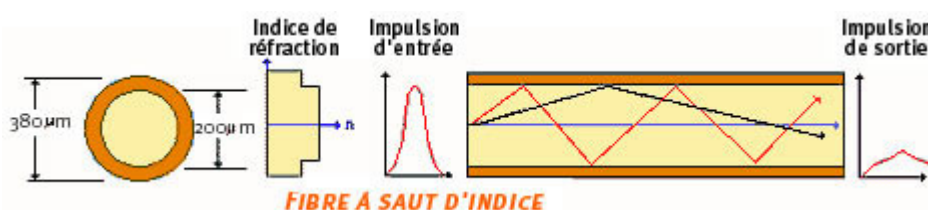


Tambour.

4. Types de fibres optiques

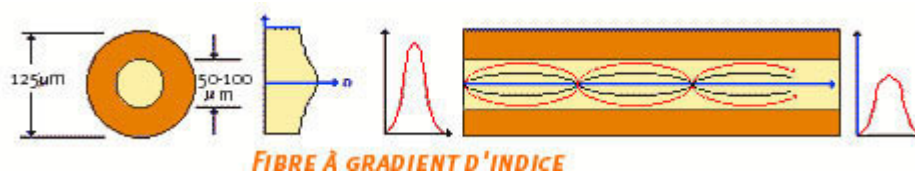
4.1. Fibre optique multi mode a saut d'indice

Ce type de fibre optique possède une région du cœur uniforme relativement large comparativement à la gaine. Le cœur est composé de verre (SiO_2) dopé. Elle est efficace sur de courtes distances parce qu'elle déforme le signal par le principe de dispersion, ce pas à toutes les applications. Elle est donc limitée dans sa bande passante. Le faisceau laser se propage en ligne droite et se réfléchit sur les parois de la gaine qui a un indice de réfraction inférieur au cœur.



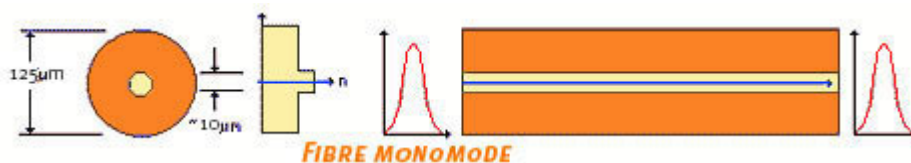
4.2. Fibre optique multi mode a gradient d'indice

Le cœur de la fibre optique à gradient possède des couches de verre successives. Ces couches modifient graduellement l'indice de réfraction. Ainsi, plus le faisceau laser s'éloigne du centre plus l'indice de réfraction diminue. La propagation est approximativement une onde sinusoïdale dans le cœur de la fibre optique. Elle est la plus utilisée pour les moyennes distances. Un des avantages est que la dispersion modale est diminuée avec cette fibre. Il y a donc une meilleure réception du signal.



4.3. Fibre optique monomode

Dans une fibre optique monomode, le cœur est très fin ce qui permet une propagation du faisceau laser presque en ligne droite. De cette façon, elle offre peu de dispersion du signal et celle-ci peut être considérée comme nulle. Aussi, la bande passante est presque infinie, supérieure à 10 Gb/s. Elle est très utilisée pour les liens de très longues distances. Le petit diamètre du cœur des fibres nécessite une grande puissance d'émission qui est délivrée par des diodes laser.



4.4. Fibre active

La fibre active participe activement au transport de la lumière dans son cœur. Pour ce faire il doit y avoir une interaction entre la lumière et le matériau constituant la fibre. Un exemple de fibre active est la fibre amplificatrice. Lors du passage dans ce type de fibre, la lumière est amplifiée. Cela est rendu possible par l'introduction de dopants de la famille des terres rares, comme l'erbium, dans la silice. Ces fibres sont, entre autres, utilisées pour la fabrication d'amplificateurs optiques et de lasers à fibres.

5. Application de la fibre optique

5.1. Télécommunications

C'est probablement l'un des domaines où l'utilisation de la fibre optique est le plus important et a le plus d'avenir. Un fil de cuivre ne peut supporter que quelques communications, contre 300000 pour la fibre optique. Les fibres sont alors utilisées en particulier pour les réseaux à haut débit. Leurs capacités de transmission atteignent des débits de l'ordre du gigabit par seconde (câbles transatlantiques) avec une atténuation très faible et grâce au multiplexage, on atteint la centaine de Gbits/s.

Ces liaisons incontournables de la révolution technologique présentent une menace pour les satellites, puisqu'elles ont plusieurs avantages : la transmission de la voix et des données est plus rapide, moins onéreuse, plus fiable et moins sensible aux interférences (notamment les interférences magnétiques). Le seul inconvénient véritable face aux satellites est la vulnérabilité physique.

5.2. Mesures

Dans la mesure où les fibres optiques font l'objet de productions de masse, leurs coûts sont relativement faibles. Les capteurs de mesures pour peu coûteux qu'ils soient présentent l'inconvénient de câblages souvent individuels et d'électroniques de conditionnement imposant des alimentations, des amplifications, des conversions soit en fréquence soit en tension etc ...

La mesure par fibres optiques est quasi totalement affranchie de ces problématiques.

5.2.a Réseaux de Bragg

C'est en cherchant à immuniser les transmissions de données de l'influence de l'environnement qu'apparut l'idée d'employer les fibres optiques comme éléments transducteurs. En effet, si l'environnement (champs électromagnétiques, contraintes...) ne perturbe pas ou peu l'information codée en intensité que la fibre transmet (cas des transmissions numériques codées en 0 ou 1), par contre, celui-ci influe sur d'autres paramètres de l'onde optique tels que de la phase, l'Etat de Polarisation (EdP), etc. Après cette constatation, les développements consacrés aux capteurs à fibres optiques (CFO) débutèrent.

Cependant, bien que les premiers CFO soient apparus au cours des années 70, la prise de conscience de toutes leurs potentialités ne date réellement que du début de la décennie suivante. A cette époque, après des efforts de recherche et développement (R&D) majoritairement consacrés au gyroscope jusque vers 1985, on a pu observer un partage des

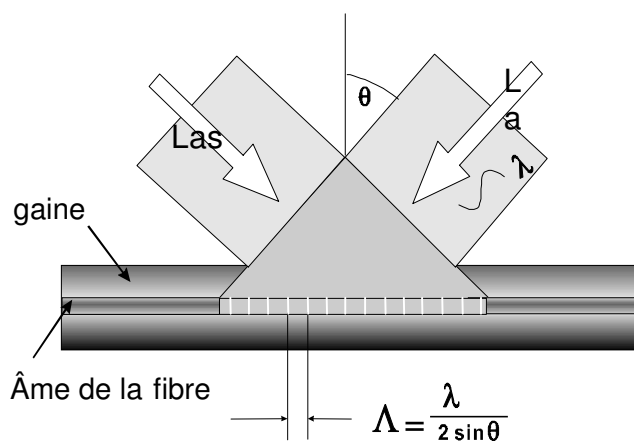
activités entre plusieurs types de grandeurs (température, pression, rotation, intensité et tension électrique, dose de rayonnements, déplacements/déformations...).

Après vingt ans de recherche et développement, les CFO offrent désormais les mêmes fonctions que les capteurs classiques : mesure, contrôle, détection-alarme, surveillance, tout en présentant des spécificités liées à celles des fibres : faible encombrement et masse réduite, grande bande passante et faible atténuation, immunité aux parasites électromagnétiques, bonne résistance aux effets des rayonnements ionisants, possibilité de multiplexage de nombreux capteurs et de déport important des points de mesure...

Tout cela confère à cette instrumentation des avantages déterminants vis-à-vis des autres technologies de capteurs : faible intrusivité, possibilité d'utilisation en environnements sévères... et bien sûr d'excellentes performances métrologiques en termes de sensibilité, temps de réponse, plage d'utilisation... Par ailleurs – et c'est sans doute leur intérêt majeur – , ces capteurs offrent de nouvelles fonctionnalités sans équivalent : mesure intégrée, différentielle, distribuée, répartie, en réseau. Il faut savoir que la mise en réseau de nombreux CFO (les RCFO –réseaux de capteurs à fibres optiques –) permet, d'une part, de réduire le coût du point de mesure par la mise en commun du système d'interrogation, et d'autre part de fournir, à l'utilisateur, les données relatives à chaque capteur sous une forme homogène.

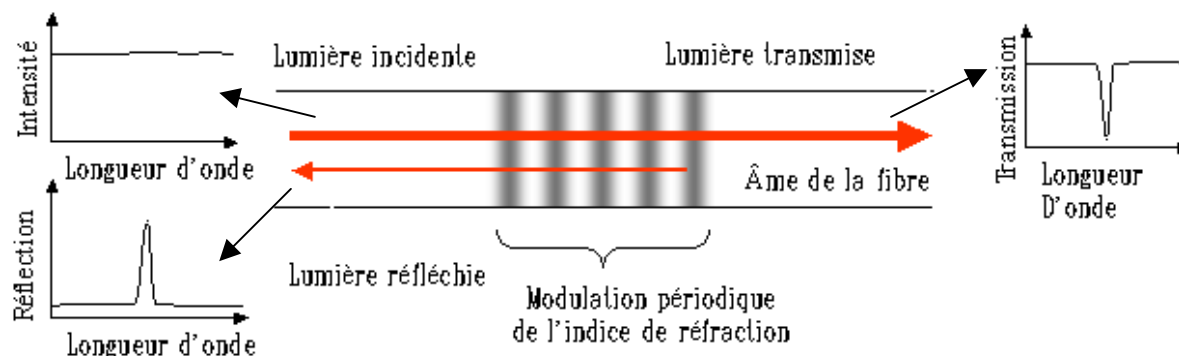
Les différentes topologies d'interconnexion des points de mesure incluent les **capteurs « répartis »** où la fibre joue le rôle d'élément « continûment » sensible, les **capteurs « distribués »** formés de points de mesures le long de la fibre et les **structures de réseaux RCFO** dont les architectures sont multiples. Les systèmes d'interrogation et de démultiplexage (partie optoélectronique de gestion du réseau de mesure) de ces différentes approches ont fait l'objet de développements croissants ces dernières années et certains produits sont commercialisés.

Aujourd'hui, les projets tant de développement qu'applicatifs sont tirés par les besoins utilisateurs : mesures de température, de pression, et de plus en plus de déformations, du fait des demandes croissantes en **surveillance des structures**, avec un très fort engouement pour les capteurs et les réseaux de mesure fondés sur **les transducteurs à « réseaux de Bragg »**. Il faut dire que les enjeux économiques (gains de maintenance, sécurité des biens et des personnes...) des applications (ouvrages d'art, matériaux composites, structures métalliques, en béton, sous-sols, terrains...) justifient les efforts qui leur sont consacrés.

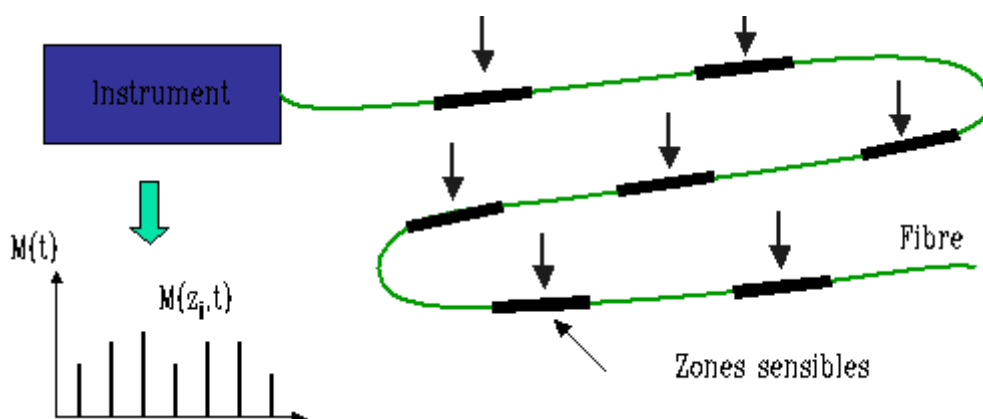


Pour les réseaux de Bragg des zones possédant un index de réflexion variant périodiquement sont créées en utilisant un laser Excimer.

Ci-dessous, un schéma explique le mode de fonctionnement de la zone 'capteur'.



La longueur d'onde des crêtes de réflexion dépend de la période modulée de l'index de réfraction. Un grand nombre de zones préparées sur une seule et même fibre crée un réseau de capteurs dits semi-distribués.



Les zones sensibles permettent de mesurer, soit la température soit les contraintes.

1	Mesures de contraintes	0.1%
2	Précision de la longueur d'onde	$\pm 1\text{PM}$
3	Type de fibre	SM(Mono mode)
4	Connecteur optique	FC/APC ou FC PC
5	Fidélité	$\pm 2\text{pm max}$
6	Plage de température	$-80^{\circ} \sim 80^{\circ}$
7	Résolution thermique	$\pm 1^{\circ}$
8	Portée de la mesure	Up to 30km
9	Fréquence d'acquisition	200Hz
10	Alimentation	220V
11	Température de stockage	$-40^{\circ} \sim 80^{\circ}$
12	Température de fonctionnement	$10^{\circ} \sim 40^{\circ}$

Les caractéristiques énoncées pour les mesures montrent que ces dispositifs peuvent, dans le cas de grands nombres de capteurs, être beaucoup plus intéressants que les jauges de déformation classiques d'autant qu'il n'est pas nécessaire de coller la partie sensible mais plutôt de la maintenir, pour les mesures de contraintes, de part et d'autre du point mesure.



Ci-dessus une fibre dans un support et ci-dessous une fibre 'réseau de Bragg' intégrée sur une structure ferroviaire.



5.2.b Analyse Brillouin

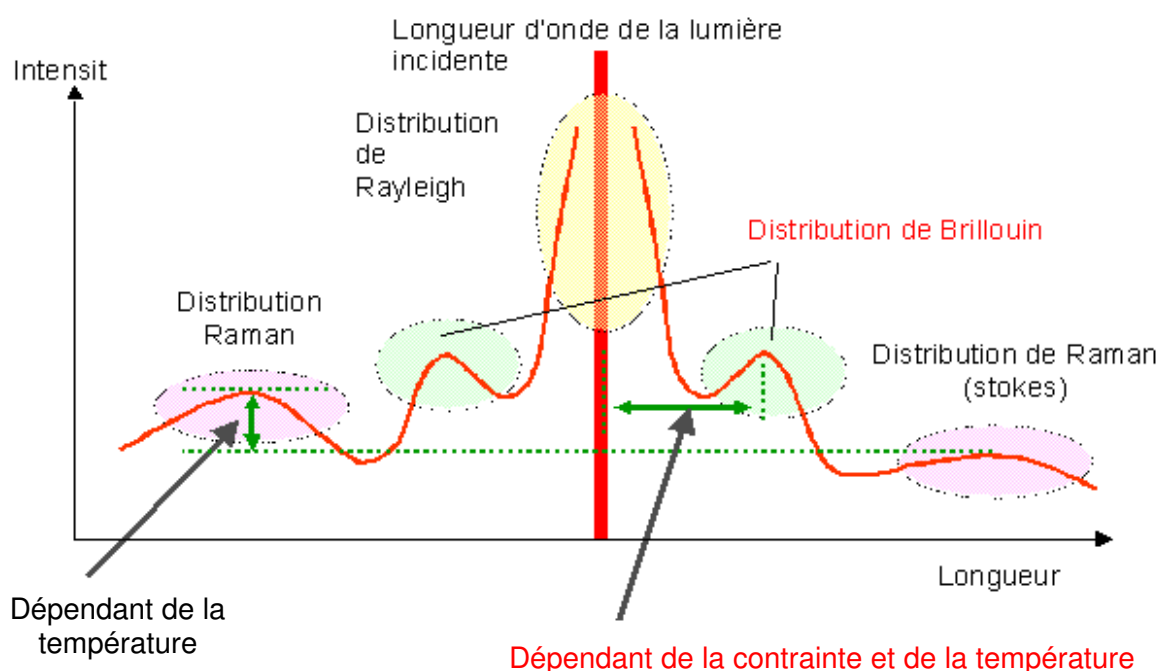
Une fibre mono mode peut-être utilisée pour mesurer températures et déformations sur toute sa longueur.

La diffusion Brillouin stimulée (DBS), résultant d'une interaction acousto-optique, est connue pour limiter la puissance transmise dans une fibre optique, mais sa grande sensibilité aux conditions extérieures la rend très intéressante dans le domaine des capteurs distribués. La nouvelle génération de fibres optiques microstructurées, apparue à la fin des années 90, présente un potentiel intéressant pour les interactions acousto-optiques car la succession périodique de micro canaux d'air emprisonnés dans la silice permet de confiner simultanément les modes optiques et acoustiques. A travers différentes expériences Ces résultats ont été confirmés par des mesures distribuées du spectre Brillouin, qui ont montré la grande sensibilité aux contraintes mécaniques des fréquences Brillouin. Ces résultats ont été confirmés par des mesures distribuées du spectre Brillouin, qui ont montré la grande sensibilité aux contraintes mécaniques des fréquences Brillouin.

Ainsi les contraintes mécaniques sont mesurables mais si et seulement si le concept est bien assimilé et des précautions prises.

Pour réaliser la mesure on utilise un référentiel : la longueur d'onde de la lumière incidente ou diffusion de Rayleigh. On note sur l'illustration ci-dessous que l'événement : sollicitation

thermique et sollicitation sous forme de contraintes mécaniques conduisent à une dérive en fréquence pour ce qui est de la diffusion de Brillouin. Cette dérive en fréquence peut alors être analysée et donner des valeurs de températures et de contraintes.



Contrôle des contraintes

- Echelles de mesures de contraintes : -1.25 % to + 1.25 %
- Précision sur les contraintes : 0.002 %
- Résolution sur les contraintes : 0.0002%

Contrôle des températures

- Echelles de mesure * : -270 °C to 500° C
- Précision : 1 °C
- Résolution : 0.1 °C

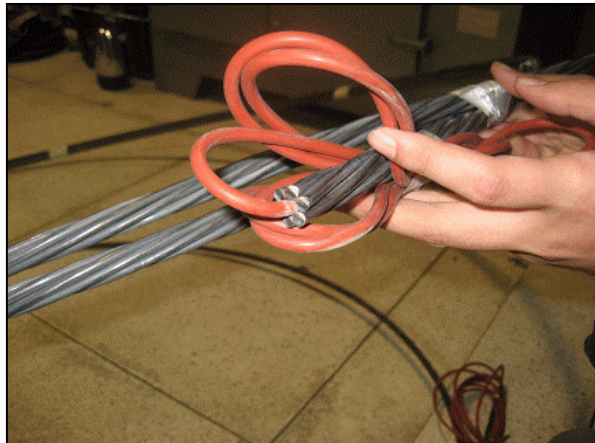
* Dependant des caractéristiques du câble

Distance et résolution:

- Plage de mesure : 0 - 25 km
- Résolution spatiale : 0.5 m (impulsion de 5 ns de large)
(defini comme l'évènement le plus petit pouvant être mesuré.)
- Résolution sur la distance : 0.1 m
- Nombre de points de mesure: jusqu'à 50'000 points
- Durée d'acquisition*: 5 min. (typique)

Pour que la mesure soit correcte il convient d'utiliser des fibres ' habillées ' pour les applications données. Une fibre sous gaine silicone n'est exploitable que dans certaines configurations comme, par exemple, lorsque noyée et pré-contrainte par du béton. En effet l'absence d'une pré-contrainte homogène est de nature à laisser place à des contraintes parasites perturbant le bon fonctionnement de la fibre. Pour cette raison les fibres optiques

utilisées comme capteurs sont souvent habillées d'une structure métallique réalisant une pré-contrainte dont on se soucie de l'homogénéité.



L'illustration ci-dessus montre une fibre enserrée dans un toron métallique dont chaque câble est tendu de la même façon pour préserver l'homogénéité de la ligne capteur.

Si ceci facilite les mesures de contraintes la mesure de température peut quant à elle être perturbée. En effet la contrainte étant perçue elle peut se superposer à la mesure thermique. Pour résoudre ce problème avec les fibres mono modes exploitées avec la diffusion de Brillouin il est quasi essentiel d'éviter que la fibre soit précontrainte dans le toron. Si la fibre est libre sous l'enveloppe métallique les efforts seront moins perceptibles et la mesure thermique plus intéressante sous réserve que des pincements ou autres pliures ne viennent induire des erreurs de loin en loin.

5.2.c Analyse Raman

L'autre façon de mesurer les températures consiste à utiliser un analyseur Raman. Le schéma au paragraphe précédent montre à gauche que la seule température provoque une variation d'amplitude du faisceau lumineux.

La fibre utilisée pour ce type de mesure est la fibre multi mode.

La mesure thermique sera réalisée avec des précisions, suivant les analyseurs, de 0,1 °C ou de 0,01 °C et des résolutions spatiales d'un mètre ou de quelques dizaines de centimètres.

Puisque les contraintes seront ignorées l'habillage de la fibre peut se faire sous un toron métallique serré et solidaire. L'intérêt de telles réalisations est d'offrir une rigidité pratique dans certains cas d'installation mais surtout et avant tout d'offrir l'avantage d'un couplage, lorsque nécessaire, d'une fibre mono mode de mesures de déformations et d'une fibre mono mode de mesures de températures.



6. Analyseurs

Les questions relatives aux analyseurs pour réseaux de Bragg ou des analyseurs Raman n'ont rien de très spécifiques.

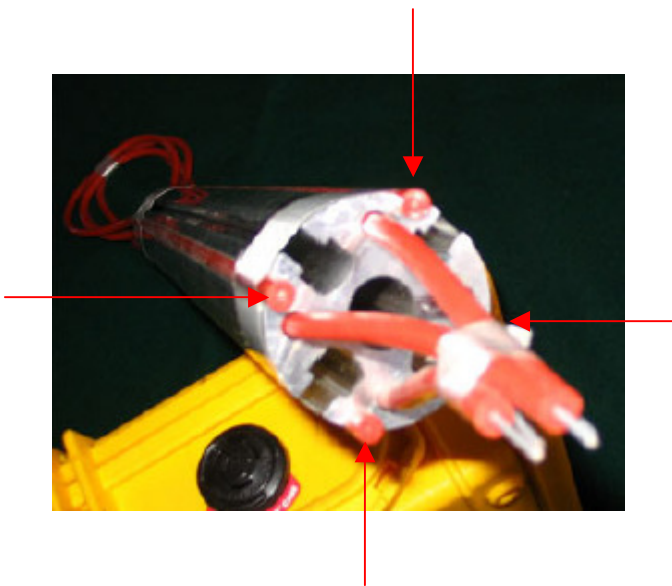
En revanche Il est intéressant de considérer les analyseurs Brillouin dont il existe, pour faire simple, deux grandes familles : les BOTDA et les BOTDR.

Les analyseurs BOTDA imposent le bouclage de la fibre qui est raccordée à l'analyseur d'un côté pour l'émission lumineuse et de l'autre côté pour la réception. Ces analyseurs sont réputés pour avoir une meilleure résolution spatiale et une meilleure précision en revanche si la fibre est sectionnée entre le point de départ et le point d'arrivée la mesure est perdue.

Les analyseurs BOTDR n'imposent pas le bouclage et sont appréciés pour leur côté pratique et le fait que si, par malchance, la fibre est coupée en un point, les mesures seront toujours réalisées entre l'analyseur et le point de coupure.

7. Capteurs particuliers

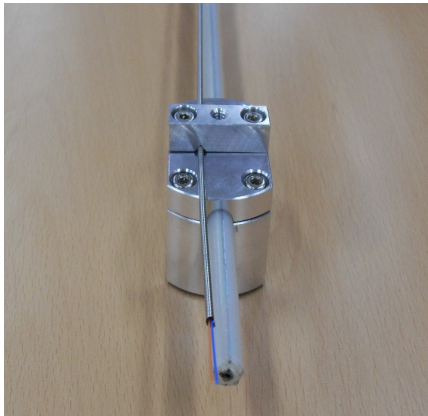
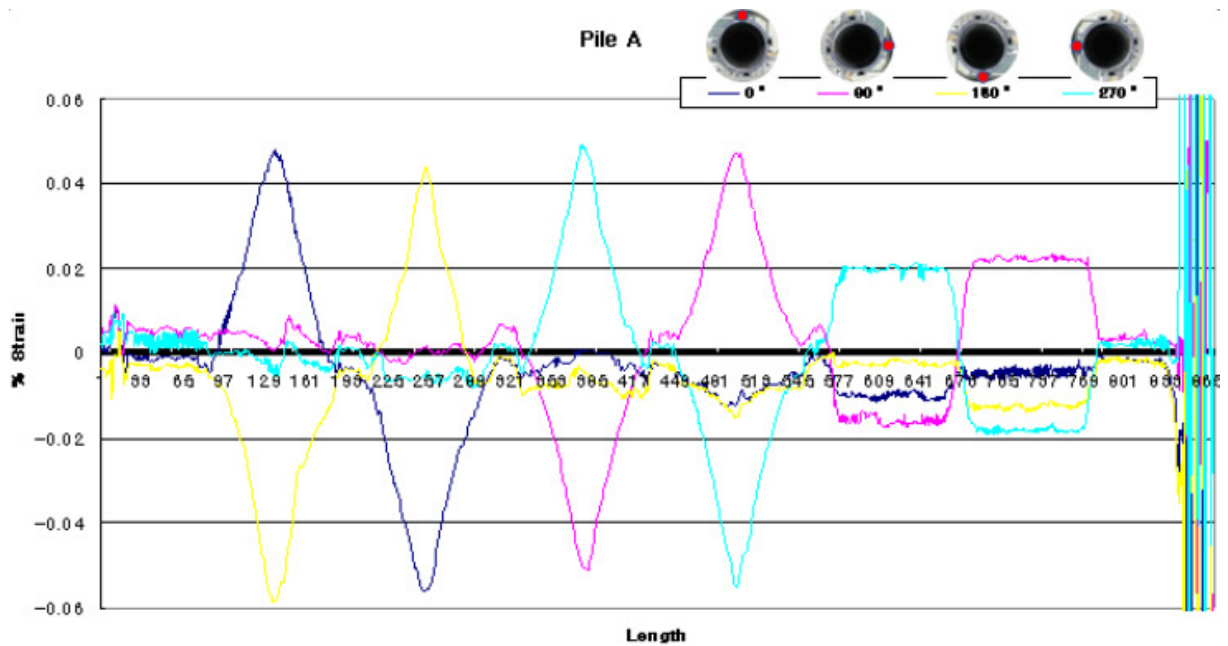
7.1. Mesures d'angles



Une structure mécanique équipée de 4 lignes de fibres optiques permet, sur toute sa longueur, de mesurer 4 fois les efforts sur une seule section.

L'illustration suivante montre un tube doté de 4 lignes de fibres optiques. Lorsque la fibre supérieure subit un effort de compression direct le barreau a tendance à plier allongeant la fibre opposée. De même, si la fibre de droite, à 90 degrés angulaire est sollicitée de la même façon, à l'opposée l'autre fibre verra la même valeur avec un signe inversé. Si, enfin, l'effort est appliqué sur un autre point de la structure, toutes les longueurs percevront l'effort de manière différente. Ceci permet de localiser le point d'application de l'effort et donc de déterminer l'angle.

Connaissant l'angle et l'effort une intégration permettra de définir le déplacement de la structure.



Le même concept peut-être appliqué à une structure en ABS voire à d'autres types de matériaux, la réalisation d'une fibre ' capteur ' 4D (4 dimensions ou mesurant l'angle) permet de répondre à certaines applications particulières. Pour la fibre 4D sur le cliché ci-dessus, un dispositif de clamp est utilisé pour lier la fibre à la structure devant-être mesurée.

Mesures de convergences : Le principe de l'inclinomètre est, dans ce cas, transposé et sur une structure de diamètre important, 4 lignes (3 dans certains cas) sont disposées pour que la structure devienne cette sorte d'inclinomètre.

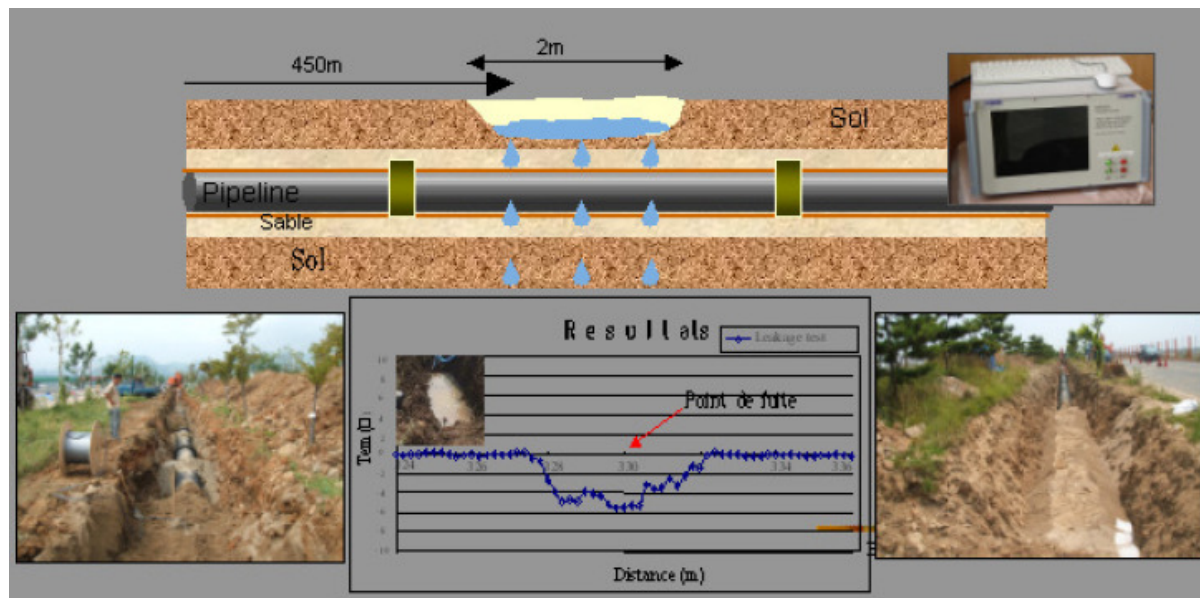
7.2. Détecteurs localisateurs de fuites

Dans la mesure ou une fibre optique mesure la température et qu'une fuite est assimilable à une différence thermique, la fibre optique permet de détecter et localiser une fuite.

Dans le cas d'une fuite liquide un produit s'échappe de la conduite, l'idée est de positionner une ligne de fibre optique de sorte à ce que le produit la touche rapidement créant au point d'impact un différentiel thermique. Pour les conduites aériennes, si la température du produit est sensiblement identique à celle de l'ambiance il est possible que l'impact ne soit pas perçu. Il existe des solutions et notamment celle de modifier la température de la fibre seule pour augmenter le différentiel thermique.

Dans le cas de conduites enterrées la problématique est plus simple, l'ambiance est connue et la fuite représentera pratiquement dans tous les cas un différentiel. A défaut il est, là aussi possible de porter la fibre à une température différente de l'ambiance.

La problématique se compliquerait lors d'une infiltration de pluies sur une conduite enterrée. Pour résoudre ce problème deux lignes de fibres sont installées et la mesure différentielle discrimine l'infiltration de la fuite.



Un autre problème concerne la stagnation d'eau sous la conduite, c'est un filtrage en fréquence qui permet alors de déterminer si l'eau est présente et à température constante ou si une fuite vient créer un peak de température en un point donné sur la ligne à température établie.

Bref la mesure thermique permet détection et localisation de fuites de différents types de produits.

7.3. Mesures de niveaux

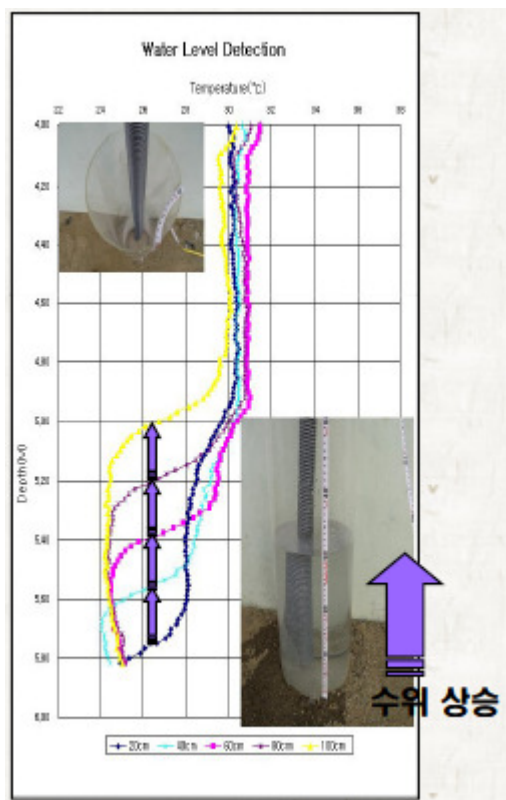
La relative mauvaise résolution spatiale de la fibre optique pourrait interdire les mesures de niveaux mais une astuce consiste à contourner ce problème.

Sur un linéaire la résolution spatiale est insuffisante, il suffit d'augmenter ce linéaire dans le sens horizontal pour une mesure verticale.



La fibre agencée en spirale augmente la longueur de fibre d'une spire à l'impact thermique, la résolution de la mesure n'est plus sur un linéaire de fibre mais sur un nombre de spires voire une spire de fibre.

L'intérêt évident est de pouvoir créer des sondes de mesures de niveaux particulièrement longues et pouvant mesurer en grande profondeur, l'inconvénient est une perte de dynamique et une mesure lente.



8. Applications

8.1. Mesures thermiques de structures



Une seule fibre judicieusement disposée permet de suivre les températures des structures d'ingénierie civile d'un site complet. En lieu et place de multiples capteurs c'est une seule fibre optique qui mesurera les différentes structures.



Ceci s'applique aux **pénétrations d'eau** dans les structures comme dans les **barrages**, les **digues** et toutes **chapes**.

La mesure thermique est aussi utilisée pour les mesures de **fuites** comme noté plus haut : fuites liquides et fuites de gaz sur conduites aériennes et enterrées.



8.2. Mesures de déformations

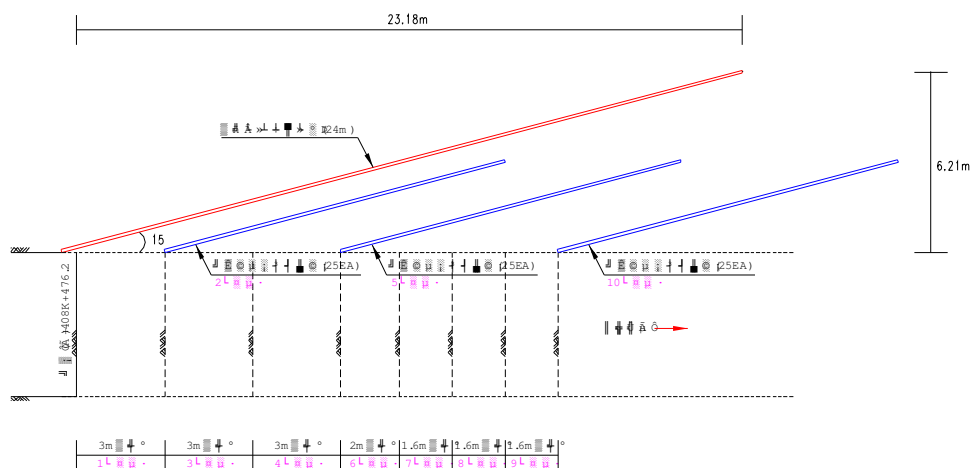
8.2.a Ancrages



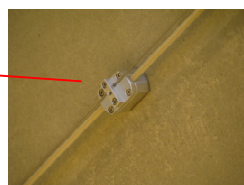
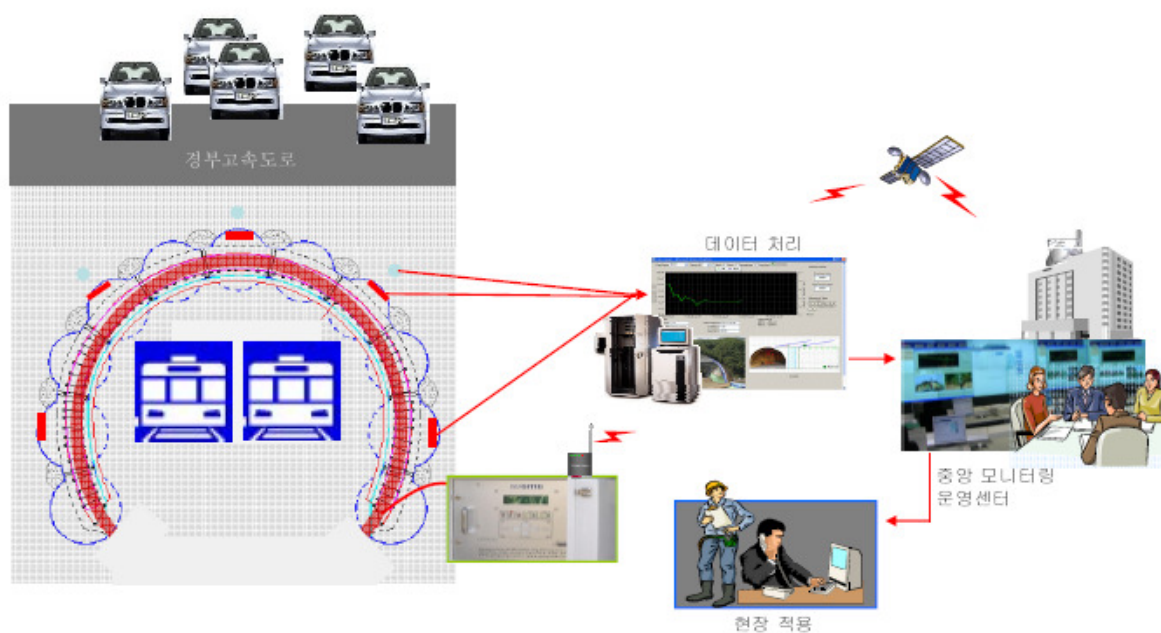
Des barres équipées de fibres optiques sont utilisées pour les ancrages et les mesures de contraintes associées.

8.2.b Inclinomètres et capteurs intelligents pour affaissements de voûtes et structures

Dans les mines, les carrières, les tunnels, sous les chaussées, sur les piles de ponts, les ballasts etc ... Les fibres optiques permettent de mesurer l'affaissement des voûtes, les tassements etc ...



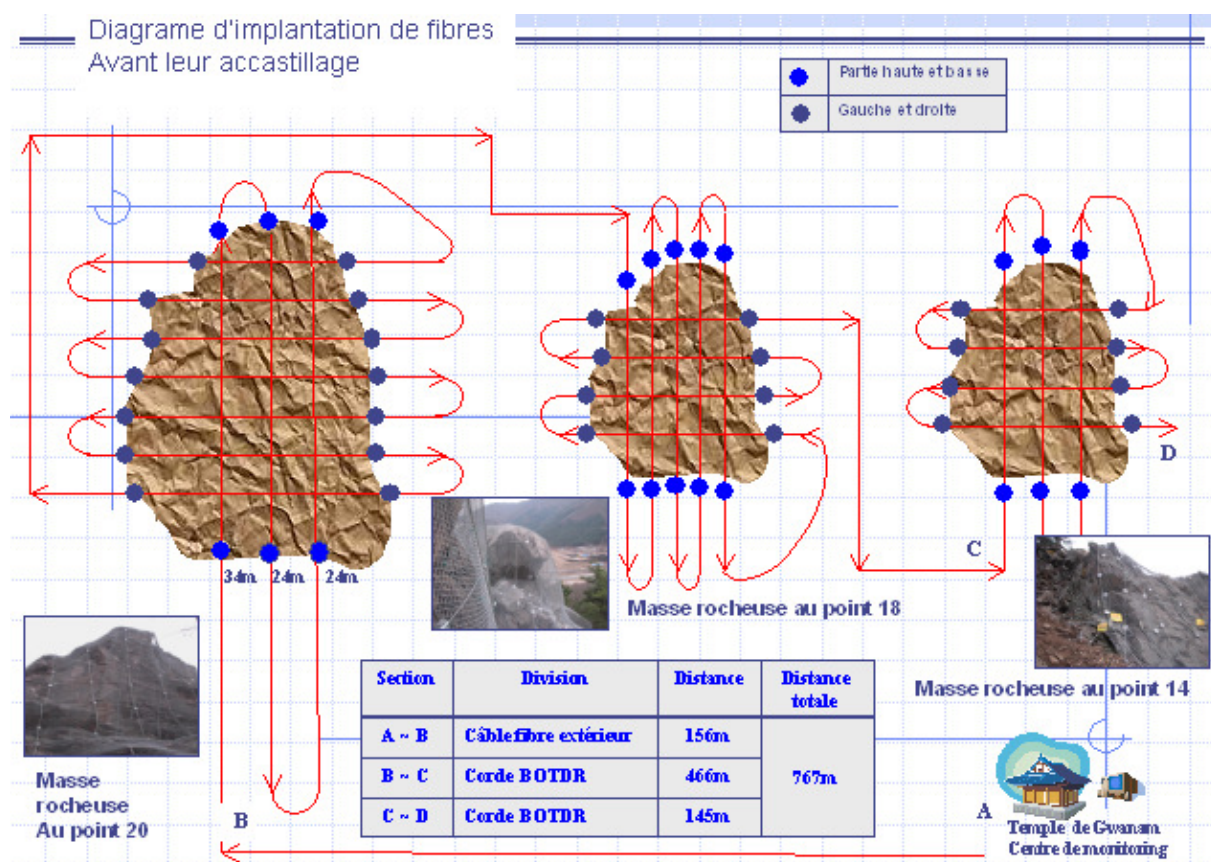
Au creusement ou pendant la vie de la structure des moyens fibres optiques sont implantés et permettent le suivi des problématiques.



8.2.c Eboulements rocheux

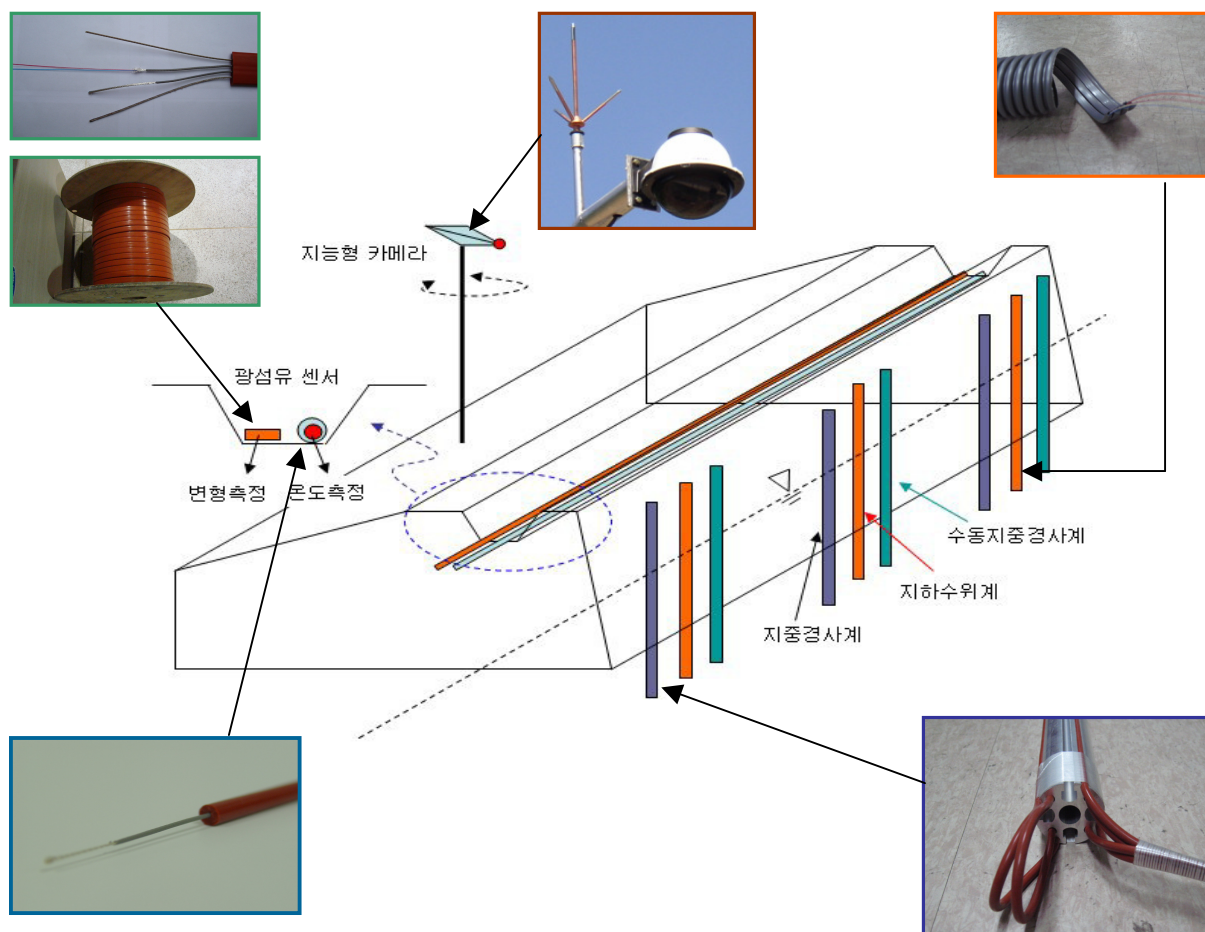


La fibre optiques est également utilisable pour réaliser la surveillance de blocs rocheux en surplomb et prédire les possibles ruptures



8.2.d Digues

La surveillance de digues est d'autant plus à l'ordre du jour depuis Xynthia. La combinaison de plusieurs solutions fibres optiques permet un suivi des problématiques.



Rubans, fibres sous toron métallique, inclinomètres, mesures de niveau et caméra participent au dispositif de surveillance de digues pour les affaissements, les déformations horizontales, les angles et efforts de poussée, la mesure de niveau d'eau associés à une caméra de supervision. En addition une fibre implantée dans le corps de la digue donne les mesures thermiques et donc de pénétration d'eau dans la structure.

Bien d'autres applications pourraient-être évoquées.

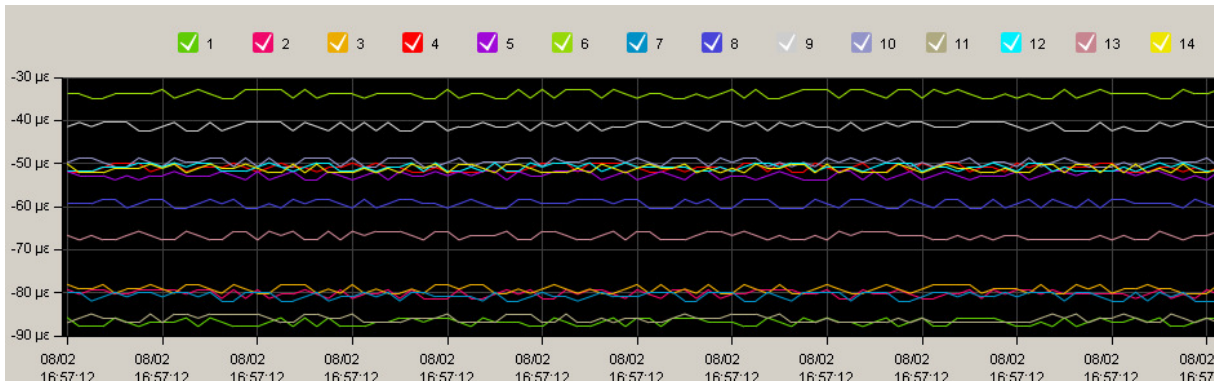
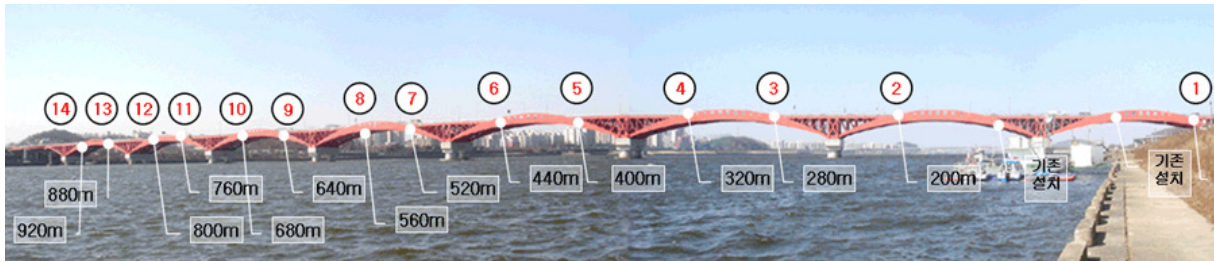
9. Le monitoring

Les mesures ont pour objectif la surveillance des structures en vue de prévenir les dommages sur les biens et ou les personnes.

Les mesures sont exploitables sur sites ou à distance via les prolongateurs à fibres optiques mais par ailleurs les données étant analysées et codées en numérique il est possible de réaliser un transfert via des lignes téléphoniques classiques ou le GSM et de mettre les moyens de gestion en ligne sur internet.

Les données et les alarmes gérées in situ permettent d'activer des alarmes, de joindre des personnels d'astreinte sur leurs téléphones portables par SMS ou message vocal, d'alerter les PC de commandement des différents intervenants dans la gestion du risque et,

naturellement de permettre à certains experts de pouvoir suivre, en temps réel la gestion du risque.



Différents sites peuvent-être installés en réseaux pour permettre à une ville, une communauté d'agglomérations, un département ou une région de suivre différentes problématiques comme le problème des éboulements rocheux et la gestion de tunnels et de ponts.

Il est possible que le risque soit saisonnier ou ponctuel, les moyens d'analyse peuvent alors être transportables pour des inspections périodiques et le coût en est alors partagé via une mutualisation.

De même, l'expertise peut-être mutualisée dans la mesure ou un spécialiste situé à Paris peut apporter son concours dans la prise de décision pour des sites instrumentés à Dunkerque, Brest, Strasbourg, Bordeaux et Marseille sans besoin d'effectuer des déplacements.

10. Conclusions

L'ensemble des informations notées dans ces pages montrent que la fibre optique peut-être considérée lors d'une approche mesure. Si les exemples sont particulièrement orientés sur les risques naturels et risques sur structures d'ingénierie civile, il est facile de transposer l'utilisation des fibres à d'autres applications comme le suivi de mesures sur des machines industrielles, sur des moyens de stockage, sur des navires etc ...

Dans la mesure où cette technologie est jeune par rapport aux moyens comme les jauges de déformations et autres capteurs de mesures, l'évolution est rapide et permanente, de nouveaux types de capteurs utilisant des fibres optiques sont développés au fur et à mesure des applications. L'engouement pour ce type de solutions amène les concepteurs d'analyseurs à trouver de nouvelles solutions pour améliorer leurs produits et les progrès fulgurants de l'informatique et de la communication hissent vers le haut les solutions proposées.

L'avenir de la mesure par fibres optiques est ouvert.

./