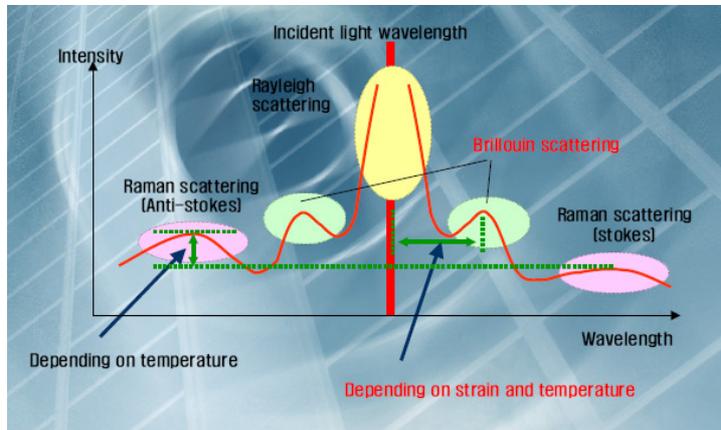


Géo-fibres : principes , produits et applications



Le concept est presque simpliste, la longueur d'onde lumineuse incidente, au centre, sert de référentiel. De part et d'autre la distribution de Brillouin permet de mesurer déformation et température, la distribution de Raman permet de dissocier la température de la déformation. La réalisation et l'agencement de la fibre font le reste.

Quelle différence entre une fibre optique et une géo-fibre ?

La fibre optique est l'élément sensible, par nature fragile, elle serait inexploitable sur des sites si sa réalisation ne la transformait en géo-fibre.

A la base, les avantages de la fibre optique sont :

- l'insensibilité aux perturbations électro-magnétiques
- sa fiabilité à long terme et son insensibilité aux produits chimiques
- sa faible dimension
- les faibles pertes en ligne
- l'excellente stabilité à long terme
- la possibilité de mesurer sur toute la longueur
- la possibilité d'exploiter les mesures sur une longue distance

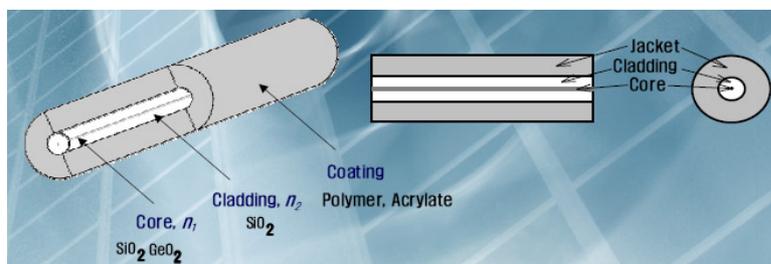
Il existe différents types de fibres et leur utilisation dépend principalement du coût d'investissement.

B-OTDR pour **B**rillouin **O**ptical **T**ime **D**omain **R**eflectometer est la plus coûteuse et permet une mesure sur l'ensemble de la longueur à intervalles rapprochés.

B-OTDA pour **B**rillouin **O**ptical **T**ime **D**omain **A**nalyser est moins coûteuse et permet de localiser les mesures

FGB pour **F**iber **B**ragg **G**rating permet une quasi distribution de capteurs.

Dans tous les cas



Le noyau ou fibre active est un composite d'oxyde de silicium et de germanium inclus dans une gaine d'oxyde de silicium protégée par une enveloppe en polymère.

L'idée de la géo-fibre est d'apporter les aménagements indispensables pour s'affranchir du caractère cassant du produit et ménager d'autres possibilités intéressantes.

GMG gaine les fibres optiques de sorte à réaliser des géo-fibres exploitables par tous temps avec différents types d'agents chimiques agressifs présents dans l'environnement et un gainage permettant des tenues thermiques de -260°C à $+400^{\circ}\text{C}$.

Dès lors que la géo-fibre est souple et malléable, qu'elle résiste aux agents chimiques et aux températures, elle n'est plus qualifiée de fibre optique mais bien de géo-fibre.



Sur l'image ci-contre, différents éléments géo-fibres de GMG : des gaines comprenant 3 voire 6 fibres ou plus dans une enveloppe flexible (le capteur en haut à gauche et celui en bas au centre), un capteur FBG (2 en partant du haut à gauche), un capteur en nappe (à droite) et un capteur ' armé ' gainé de noir.

L'ensemble de ces éléments sensibles doit être relié à une centrale qui interrogera la longueur ' mesure '. La centrale détermine, par un différentiel temporel, la localisation du phénomène et par la distribution fréquentielle la déformation et ou la température.

A l'exception du capteur armé, les autres sont souples et assujettis aux mouvements de structures ou phénomènes perturbateurs externes. Chaque capteur possède une fonction déterminée et déterminante sur sites à risque ou sur ouvrages d'art.

Une autre astuce exploitée par GMG consiste à utiliser la propriété de mesure thermique des fibres. Si une fibre mesure une température, il est évident que la mesure est relative par rapport à une température ambiante. GMG gaine ses fibres d'un matériau conducteur permettant d'obtenir une homogénéité thermique sur l'ensemble de la longueur de la fibre. S'il est possible d'homogénéiser la température sur une longueur, il est facile de régler la température sur cette longueur et par conséquent de détecter une variation de température en la faisant apparaître comme importante par rapport au référentiel.

Ce moyen permet donc de détecter une variation thermique en la localisant. Puisque une fuite génère une variation thermique, le dispositif permet de détecter et localiser des fuites de conduites, pipelines etc ...

Mesure de déformation

En imaginant que la fibre soit maintenue à une extrémité et laissée libre à l'autre, que le dispositif soit placé à la verticale dans un lieu où les sollicitations, par exemple le vent, soient présentes, on comprend que les déformations de la fibre correspondront plus à une mesure de phénomènes aérologiques que de phénomènes préoccupants de mécanique des sols ou des structures. Pour éviter ces mesures de phénomènes parasites ou les 'discriminer', la géo-fibre est armée.

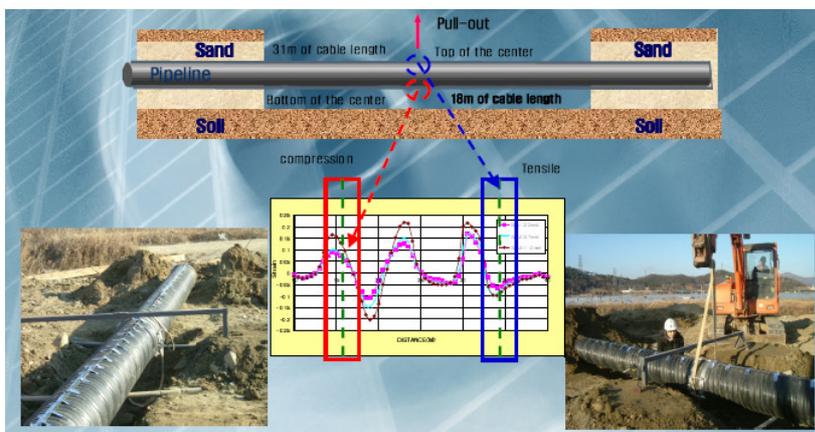


La géo-fibre, dont on voit la partie flexible en partie basse, est enserrée dans une structure métallique multibrin offrant une certaine souplesse mais conservant une rigidité mécanique interdisant les mouvements parasites.

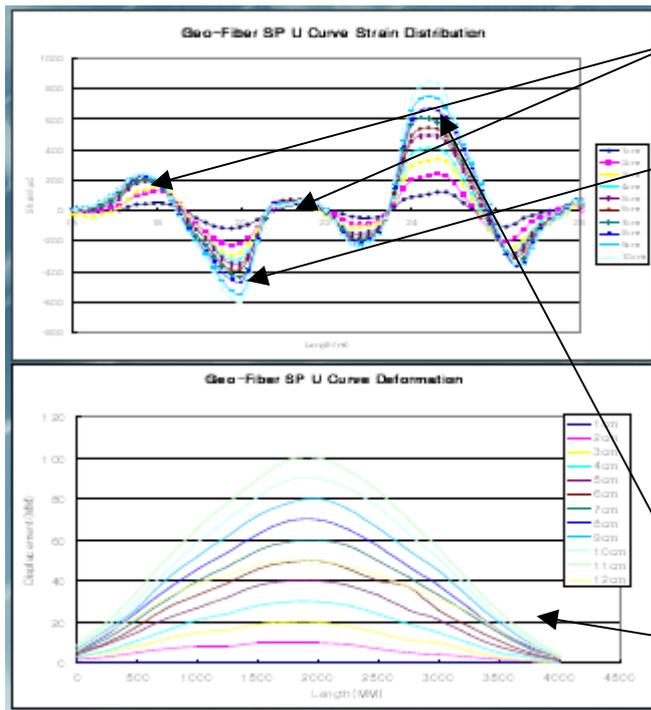
La fibre, ainsi armée, résiste à 22 tonnes en traction mais offre des possibilités de torsion et de flexion suffisantes pour des mesures consistantes dans un site naturel ou sur un ouvrage d'ingénierie civile.

On note, sur l'image que l'ensemble est enveloppé dans une gaine de sorte à éviter l'oxydation du métal lors de séjours de très longue durée sur sites exposés à l'humidité ou à l'eau.

Ce type de capteur s'insère dans des versants, sous des rails dans le ferroviaire ou à l'intérieur de structures de bâtiments. La mesure réalisée est une mesure de déformation avec sens et localisation de l'effort.



Une application simple consiste à suivre la déformation d'une conduite. Si une conduite est maintenue à deux extrémités et laissée libre entre les points d'attache, la flexion intervenant, comme ici, au centre de la ligne sera détectée et localisée.

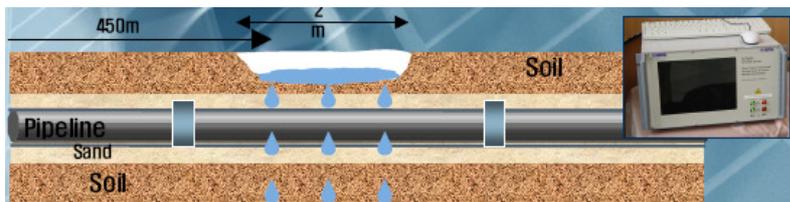


Sur le relevé du haut, on note deux zones d'effort à gauche, correspondant aux points d'attache d'un capteur. L'effort négatif le plus important correspondant à l'effort appliqué au milieu de la ligne ' capteur '.

Le capteur est monté de sorte à ce que sa partie supérieure et sa partie inférieure soient instrumentées. Dès lors, une déformation due à l'application d'un effort en surface, créera une elongation du capteur positionné dessous et une contraction du capteur positionné dessus. La symétrie de la mesure permet un contrôle de bon fonctionnement. L'effort ' positif étant l'image inverse de l'effort négatif.

Par calcul, on déduit le tracé du bas qui donne les déformations réelles.

Mesures thermiques



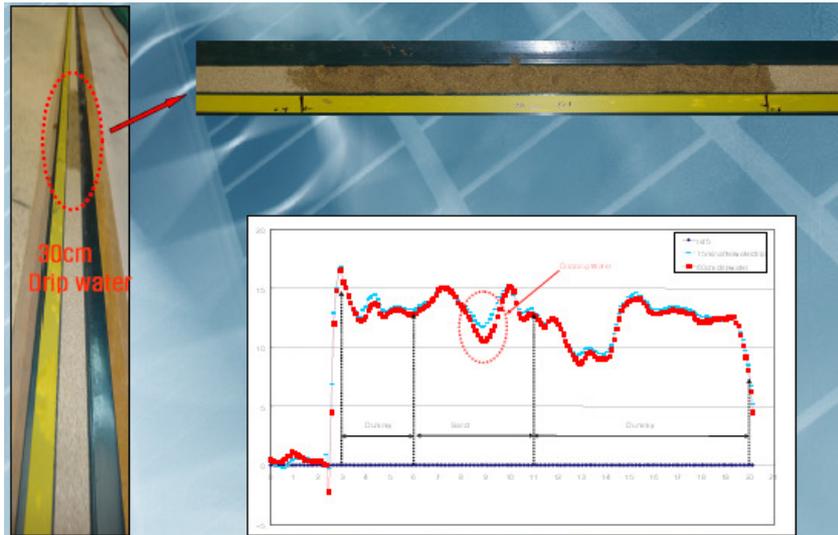
La mesure thermique relève du même type de philosophie. Le différentiel thermique est détecté et localisé mais il convient de séparer l'humidité liée aux intempéries et celle liées à une fuite.

La mesure thermique évoquée plus haut permet, à partir d'une valeur arbitrairement connue, de déterminer une différence permettant la détection et la localisation d'un phénomène. Comme le montre le schéma ci-dessus, une fibre, positionnée sur une conduite, permettra de considérer les phénomènes liés aux intempéries, stagnation d'eau etc ...

Pour séparer ces phénomènes naturels de ceux liés aux fuites d'une conduite, il est indispensable d'implanter deux lignes différentes de fibres, l'une détecte et mesure au dessus de la conduite et est en référence pour des phénomènes naturels, l'autre est implantée sous la conduite et mesure les phénomènes de fuite. La mesure différentielle permet de dissocier deux notions.

L'image ci-dessous présente une mesure d'humidité sur du béton et l'image de cette mesure relevée par une géo-fibre.

On note parfaitement le point incriminé, sa position et l'idée d'une valeur de la fuite. Ces éléments permettent une intervention rapide des équipes techniques.



Le tracé, ci-contre, est relevé lors de l'étalonnage, en laboratoire, ces capteurs devant être implantés sur le terrain.

La zone humide, parfaitement visible est détectée et identifiée alors qu'encore superficielle au niveau du béton.

Efforts et directions des efforts



Les deux images montrent un capteur construit. Un tube est instrumenté avec 4 zones capteurs à géo-fibres. Les zones sont à 90 degrés angulaires les unes des autres. Une paire de capteurs à 180 degrés angulaires mesure tractions et compressions suivant une direction. En admettant qu'il n'existe qu'une sollicitation, les deux autres zones capteurs ne seront pas sollicitées.

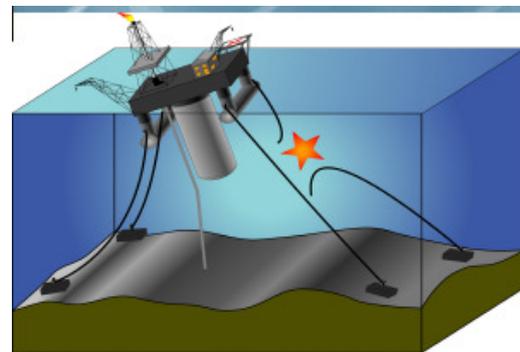
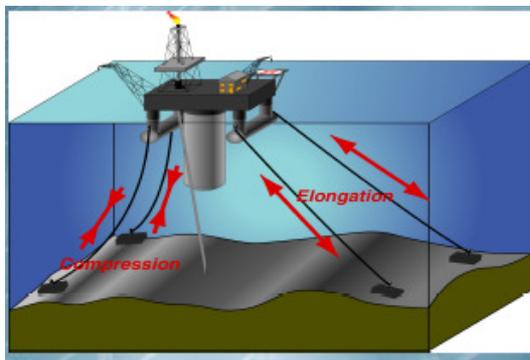
Si les 4 zones capteurs sont sollicitées, il est facile de déterminer, non seulement les points et valeurs de déformations mais aussi le sens d'application des efforts et donc l'angle.

En effet, deux capteurs à 180 degrés donneront des images symétriques de déformation, en composant les déformations selon les deux axes perpendiculaires de la section du corps d'épreuve, il est facile de déterminer l'angle d'application.

Applications

GMG a réalisé, à l'origine, ses capteurs pour des applications sur sites naturels à risques. Les mesures de déformations et de températures implantées dans le sol, soit grâce à des sondes verticales ou horizontales permettent de suivre l'évolution d'un glissement de terrain ou tout autre phénomène générateur de risque.

Il est évident que, très rapidement, le concept a été transposé aux structures d'ingénierie civiles qu'il s'agisse de ponts, de tunnels ou de bâtiments, de voies ferrées ou de barrages, de cheminées ou réfrigérants etc ...



Par exemple, ci-dessus, le suivi de l'ancrage d'une plate-forme offshore avec prévention du risque de rupture des élingues par suivi des efforts de traction.

De nombreuses autres applications sont possibles et plus longuement détaillées dans un document ' Description des projets '.

Conclusions

Une bonne partie du savoir-faire GMG repose sur la géo-fibre et son utilisation. Une instrumentation comprend des capteurs à géo-fibres et une électronique de gestion de ces capteurs générant les signaux, captant le retour en déterminant les différences temporelles etc ...

C'est une somme d'expérience qui permet, pour un site donné, de concevoir le type de capteur et l'électronique de contrôle appropriés.

./