

ORGANISÉ PAR :



CERCLE
CREDO

ACCUEILLI PAR :



AVEC NOTRE PARTENAIRE :



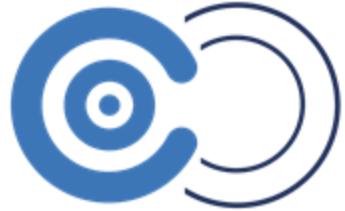
RENDEZ-VOUS
DE LA FIBRE



La fermeture du réseau cuivre

jeudi
14
nov.

Les câbles fibre optique
avec capteurs répartis



CERCLE
CREDO

Code WIFI

Réseau : **CDC-WIFI-PUBLIC**

Login : **rdvfibre2024**

Mot de passe : **rdvfibre2024**



Slido.com
Code : **RDVFibre**

Slido

Posez vos questions !



CERCLE
CREDO



ACCUEIL ET ANIMATION DE LA MATINÉE

Jacques POLÉNI

Délégué général du **Cercle CREDO**

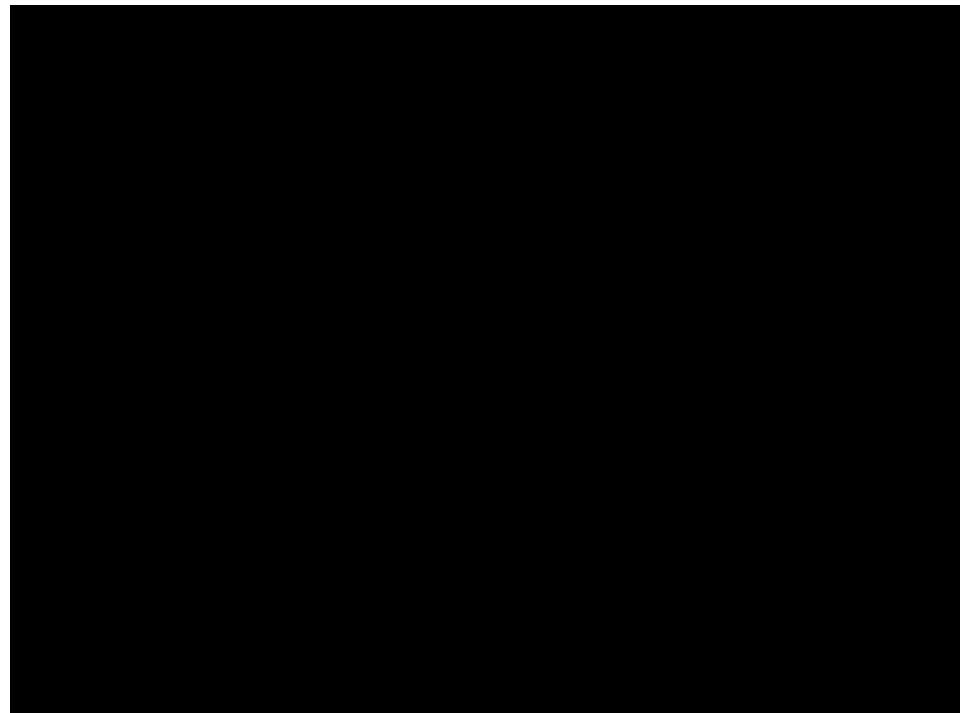


CERCLE
CREDO



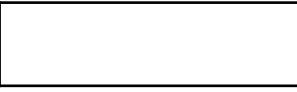
MOT DE BIENVENUE

Richard TOPER
Président du **Cercle CREDO**





CERCLE
CREDO



MOT DE BIENVENUE

Emmanuel PASSILLY

Responsable du Pôle “Infrastructures et données”
Banque des Territoires (Groupe Caisse des Dépôts)



CERCLE
CREDO

Antoine DARODES
Directeur Investissements Transition Numérique,
Caisse des Dépôts – Banque des Territoires



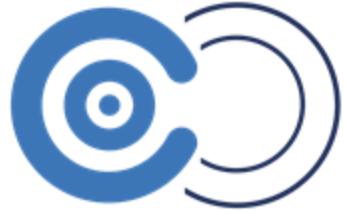


CERCLE
CREDO



1ÈRE PARTIE

**La fermeture du réseau cuivre jusqu'à l'utilisateur :
une continuité de services garantie.**



CERCLE
CREDO

Code WIFI

Réseau : **CDC-WIFI-PUBLIC**

Login : **rdvfibre2024**

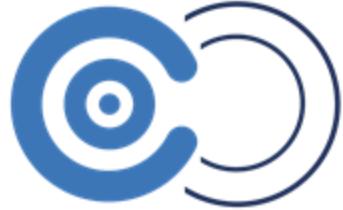
Mot de passe : **rdvfibre2024**



Slido.com
Code : **RDVFibre**

Slido

Posez vos questions !



CERCLE
CREDO

KEYNOTE & PRÉSENTATION DU GUIDE

Didier CAZES
Chargé de missions
Cercle CREDO



TÉLÉCHARGER
⬇️⬇️





CERCLE
CREDO

Slido.com
Code : **RDVFibre**

La fermeture du réseau cuivre jusqu'à l'utilisateur final : une continuité de services garantie ?

Chaque siècle est marqué par une succession de transformations sociétales en lien avec de grands projets



- Ceux du 20^e siècle : Mobilité – Energie - Relations dans le cadre **de** vie professionnelle ou personnelle

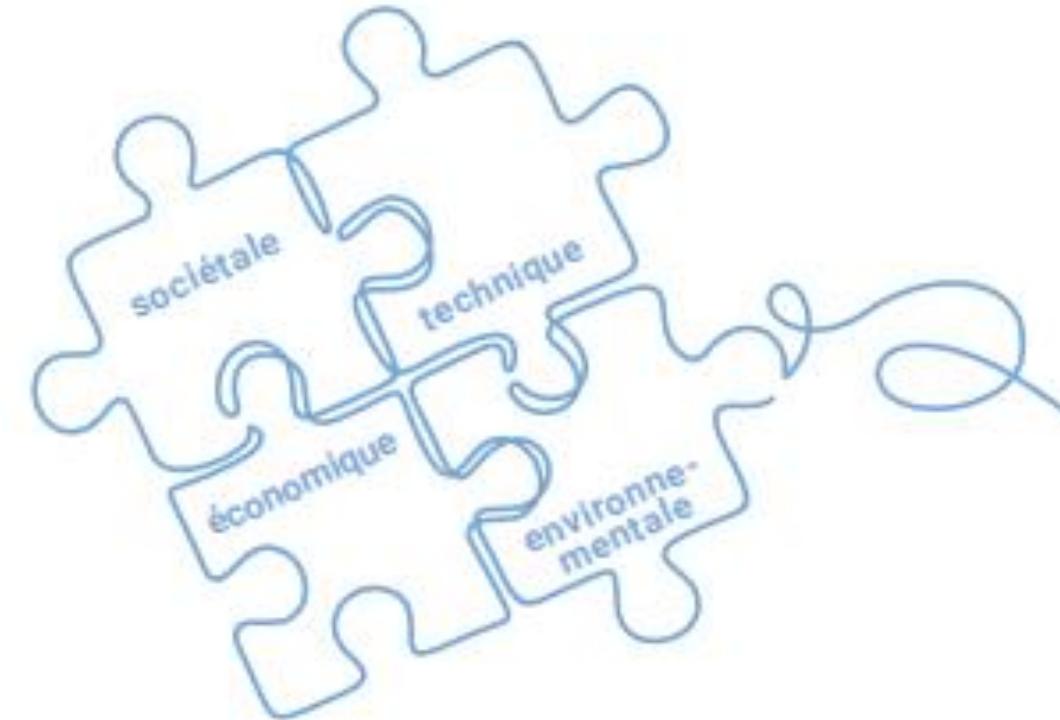


Grand projet d'après-guerre, le réseau téléphonique a tissé sa toile au fil des décennies sur l'ensemble du territoire français. Si jusqu'au milieu des années 1970, seul 1 français sur 7 dispose du téléphone chez lui, c'est sous l'impulsion de l'Etat dès 1974 que la France s'équipe massivement de téléphones sur **un réseau filaire en cuivre**.

- Ce début du 21^e sera marqué par « **Le Plan Très Haut Débit** » souhaité par l'Etat (avec la Fibre pour TOUS et sur TOUT le territoire), et par **l'arrêt du réseau cuivre** au terme de 50 ans de présence de fonctionnement ou de bons et loyaux services

Pourquoi abandonne-t-on le cuivre ?

- **Les quatre raisons à la fermeture du cuivre sont d'ordre :**
- **Societal** : les usages sont en évolution et plus nombreux, d'où un **besoin croissant en débits et fiabilité**.
- **Technique** : le Plan France Très Haut Débit est garant d'un accès pour tous au **réseau le plus performant et résilient**.
- **Economique** : la volonté de **mettre fin à un empilement de réseaux** qui additionne les coûts d'entretien et de maintenance.
- **Environnemental** : par la mise en place de réseaux plus performants et moins énergivores (de leur création jusqu'à leur utilisation). Une étude présente **la fibre comme 3 fois moins énergivore que le cuivre** (étude économique 2020, publiée par la Fédération Française des Télécoms).



Tous concernés par la fermeture du réseau cuivre



- **Ayant atteint aujourd’hui ses limites en termes de débits et de fiabilité, le réseau cuivre s’arrêtera d’ici à 2030**

La fermeture du réseau cuivre (xDSL/RTC) sera progressive, par lots annuels de plusieurs communes et se fera en deux étapes, commerciale et technique, avec la perspective d'une substitution de la BL cuivre par le FttH.

Tous les utilisateurs (Grand Public et Entreprises) qui disposent d'une offre sur support cuivre sont concernés.

- **Les impacts de la fermeture de la Boucle Locale Cuivre interrogent à tort ou à raison encore certains utilisateurs finaux**

- Ces derniers, qui disposent encore d'offres (xDSL/RTC) sur support cuivre (téléphonie RTC [usages voix], services Internet [ADSL, SDSL, Liaisons Louées], usages spéciaux pour la GTB, alarmes, etc.), restent parfois interrogatifs quant au **maintien de leurs services en condition opérationnelle**.
- Crainte que le rythme annoncé pour l'arrêt des lots et leur taille en vitesse de croisière (10,5 M) puisse occasionner des coupures de services, notamment parmi ceux qui n'auraient pas anticipé la migration cuivre vers FttH par exemple (0,5% = 52 500 incidents).

PRÉSENTATION DU GUIDE



La fermeture du réseau cuivre dans le parc immobilier existant



Tout un écosystème concerné par le contenu de ce guide ...



▪ A qui s'adresse-t-il ?

- Son approche vulgarisée du sujet se veut accessible par **tous les acteurs concernés par la fermeture du réseau cuivre**; y/c les acteurs amenés à réfléchir à la transition du cuivre vers des alternatives en fibre optique;



les donneurs d'ordres, les opérateurs d'infrastructure et opérateurs commerciaux.



les bureaux d'études, de conseil, de contrôle.



Les acteurs amenés à intégrer l'écosystème du numérique : intégrateurs, gestionnaires de services, etc. ;



les acteurs du domaine immobilier (syndicats de copropriétaires, syndics et bailleurs).

▪ Quelle en est son ambition ?

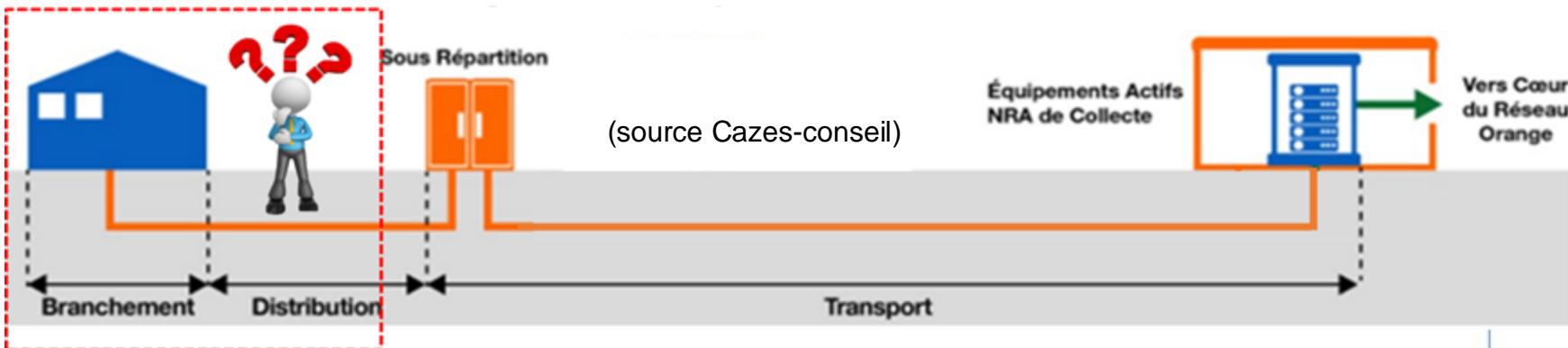
- Être un outil pédagogique et informel, un **recueil de recommandations technologiques et de propositions de solutions garantes du maintien des services existants** via le tout IP sur la fibre;
- Il vise à **décrire la fermeture du réseau cuivre et ses impacts sur le maintien en condition opérationnelle de certains usages et services**, notamment en partie privative et commune;

Acteurs de l'immobilier, préparez-vous à la fermeture du réseau cuivre ...



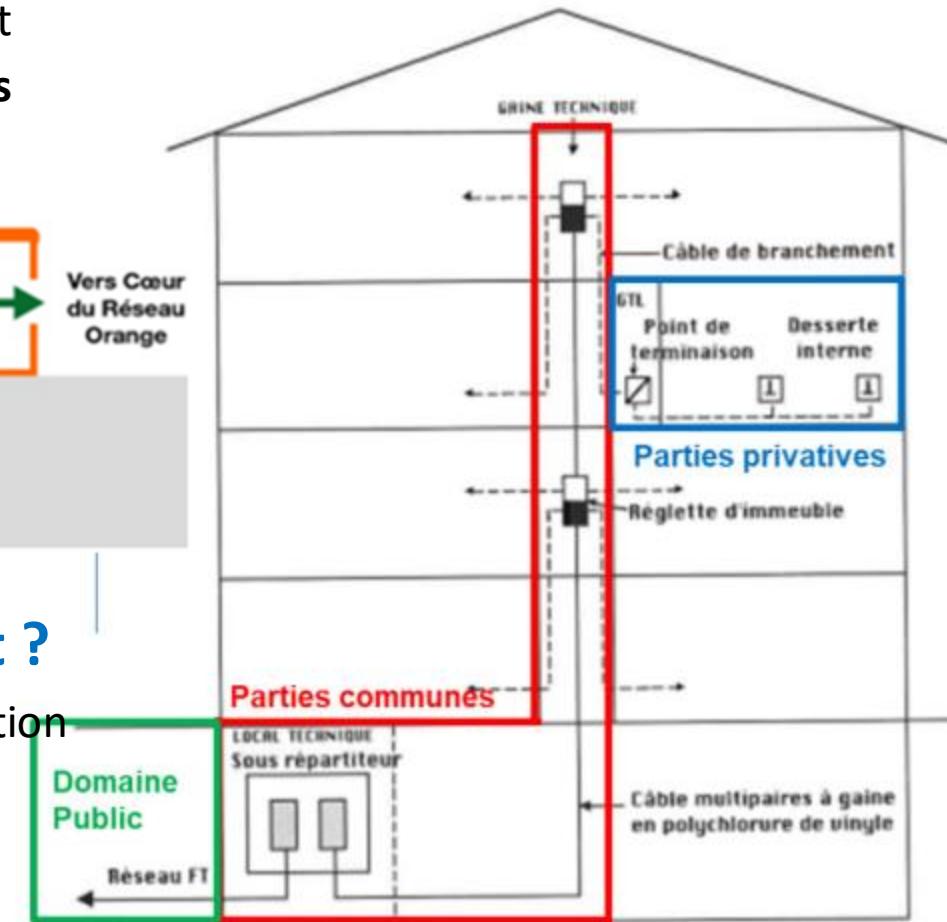
▪ Quel est le champ d'application de ce guide ?

- Il propose une vision « **fin de la chaîne du réseau** » tout en apportant des réponses techniques concrètes aux **clients finaux, propriétaires et gestionnaires du parc immobilier, opérateurs de la GTB**;



▪ Quel rôle des acteurs de l'immobilier dans ce projet ?

- Anticiper la migration des services de la GTB des immeubles en gestion vers la fibre optique ou autres solutions alternatives
- Encourager les occupants des immeubles gérés à migrer sur le FttH

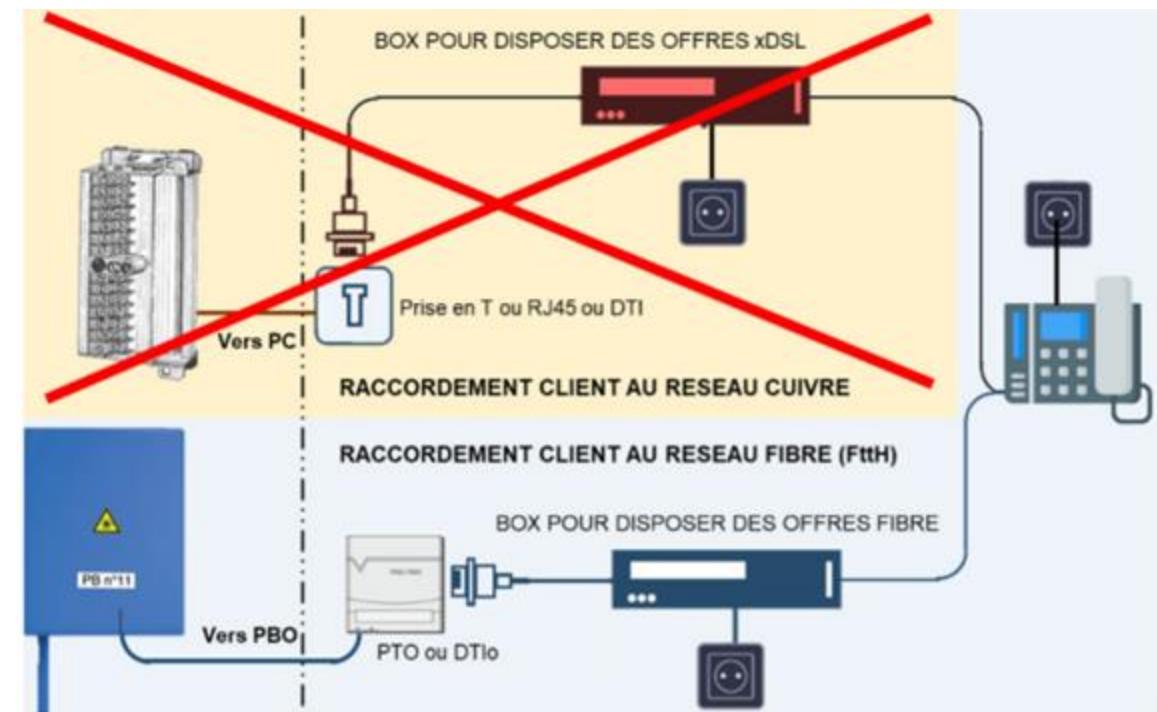
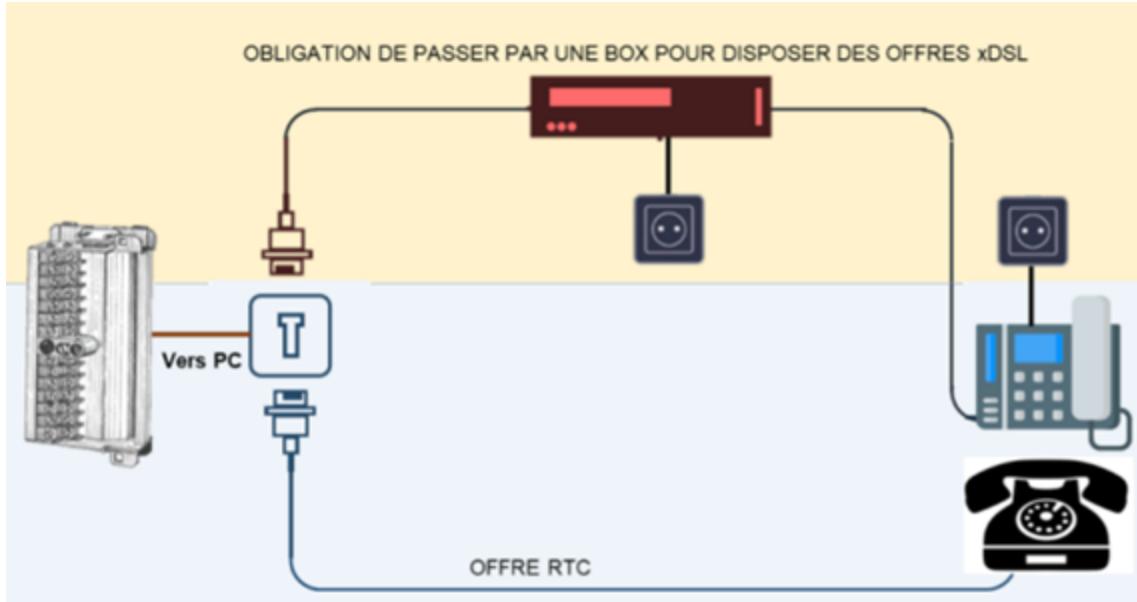


Une synthèse du guide en 8 pages, avec les bons éléments de langage, est disponible pour les acteurs de l'immobilier qui souhaitent informer et accompagner leurs clients dans la migration cuivre vers fibre.

Les impacts de la migration des usages dans le parc immobilier



- **Au fil des années et des besoins, la technologie RTC a progressivement laissé sa place à la technologie IP**
- Avec l'arrêt du cuivre (y/c du RTC) faisant suite au déploiement massif du FttH, une migration vers la fibre, ou une autre technologie (sur réseau mobile ou via satellite pour certains services de la GTB) doit être réalisée pour conserver l'usage des services portés par le réseau cuivre (téléphone et/ou Internet et/ou télévision);
- Quelques impacts sur l'installation dite "passive" (au niveau des câblages, matériels intermédiaires et d'extrémité)

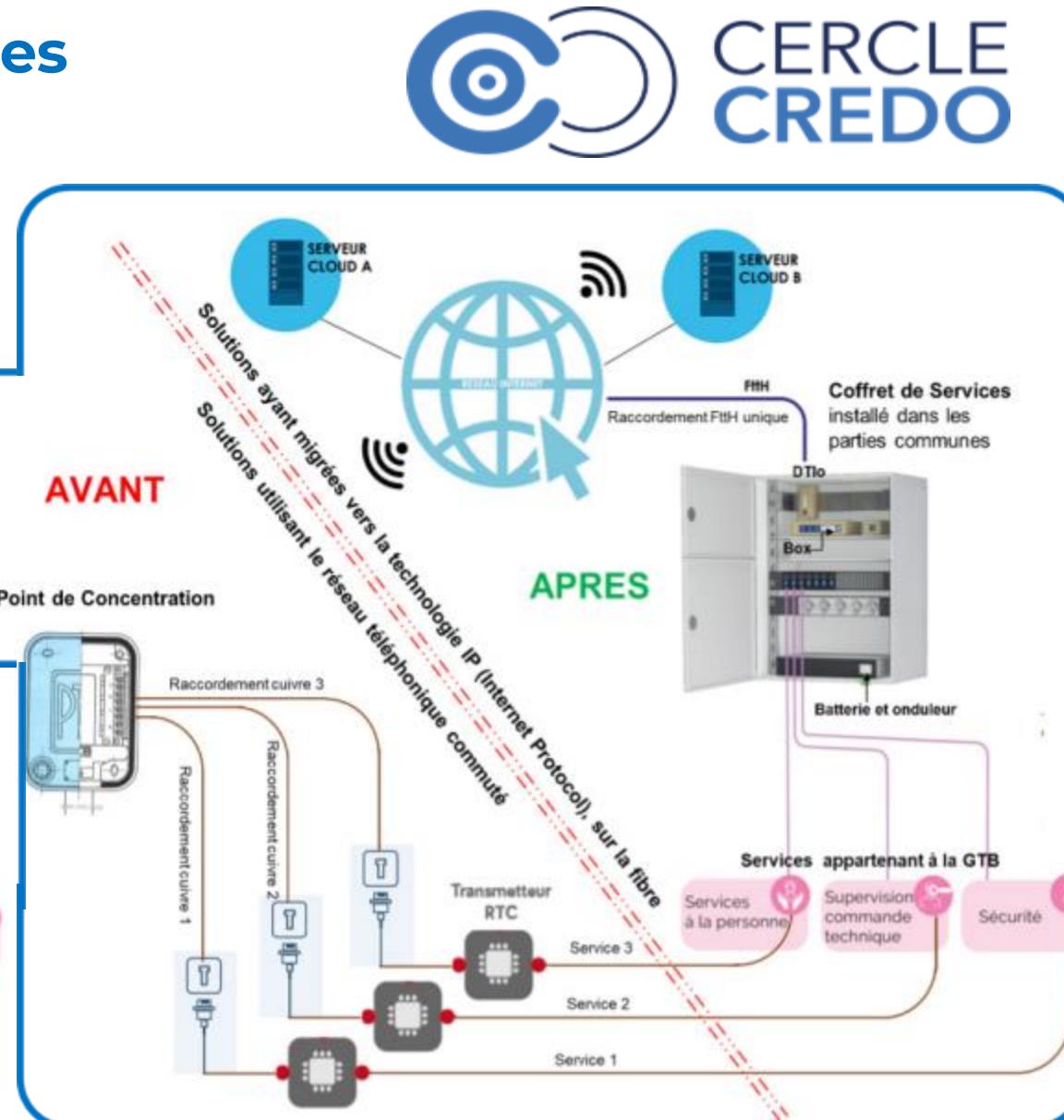
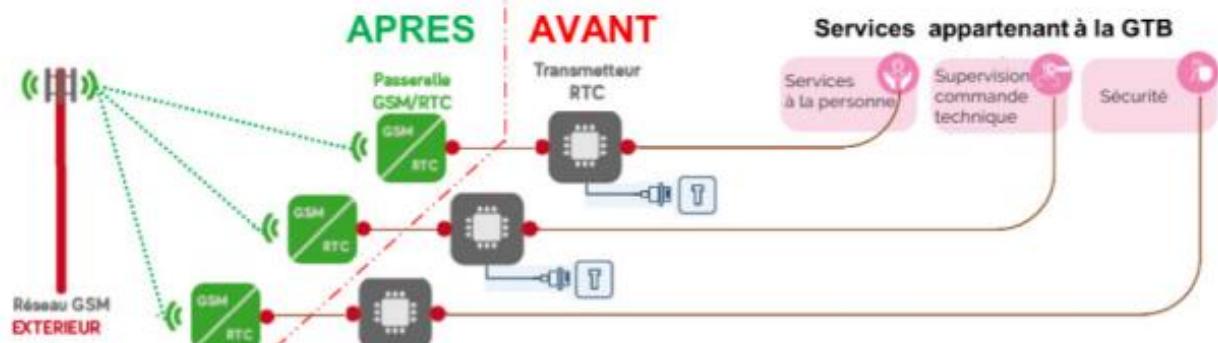


Les impacts de la migration des usages dans le parc immobilier (suite)

- Prise en compte de différentes options de migration des services dit « généraux » ou de la GTB

➤ passer d'une solution analogique cuivre vers une solution IP fibre

➤ passer d'une solution analogique cuivre vers une solution cellulaire



Un guide sous la forme d'un parcours immersif dans le chantier de l'arrêt du cuivre



- Lever les freins à la réussite d'un tel projet passe par une connaissance précise du chantier et la maîtrise de chacune des étapes de sa mise en œuvre et ses conséquences

LA BL CUIVRE, C'EST QUOI ?

Ensemble des câbles aériens et souterrains, des matériels et de la paire de fils arrivant chez l'usager

LE PLAN DE FERMETURE DU CUIVRE

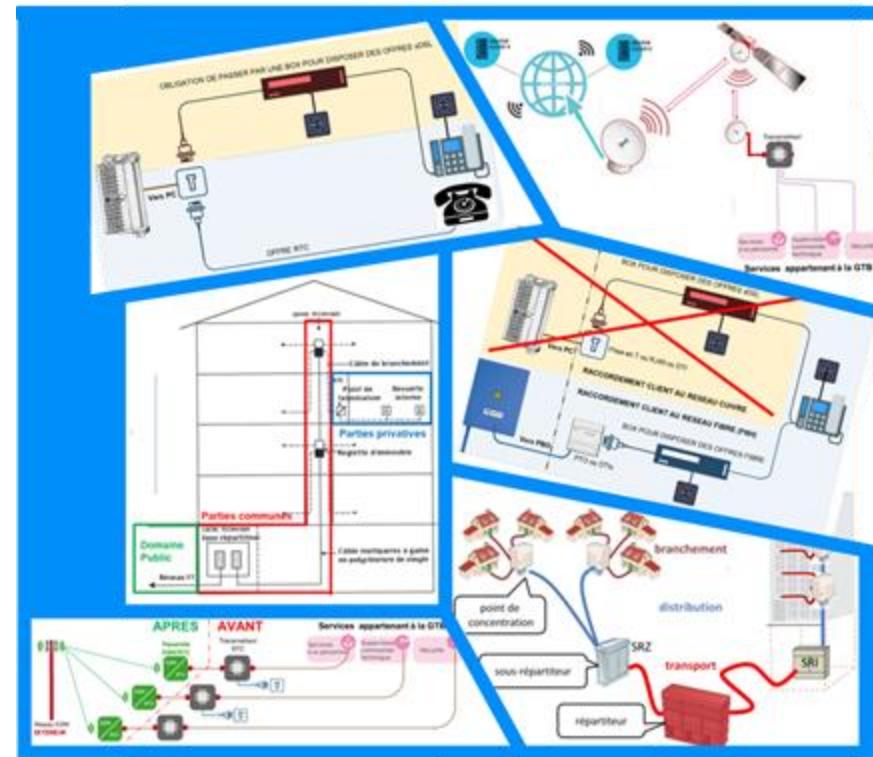
Progressif, par lots annuels de plusieurs communes, se fera en deux étapes : commerciale et technique

LE POURQUOI D'UNE MIGRATION DU CUIVRE VERS LA FIBRE

Quatre raisons : Sociétale – Technique – Économique - Environnementale

LE PRÉREQUIS À LA FERMETURE TECHNIQUE DU CUIVRE

L'arrêt du cuivre reste conditionné à la présence d'une offre alternative.



LES SERVICES SUPPORTÉS PAR LE RÉSEAU CUIVRE CONCERNÉS

Téléphonie RTC [usages voix], services Internet [xDSL, LL], usages spéciaux [GTB]

QUELS IMPACTS TECHNIQUES DE LA MIGRATION DES USAGES ? L'arrêt du cuivre implique une migration vers la fibre, ou une autre technologie pour un MCO

MIGRATION DES SERVICES EN PARTIES PRIVATIVES Dès lors qu'un câble en fibre optique est installé; une nouvelle box vient compléter l'installation

MIGRATION DES SERVICES GTB
Passer d'une solution analogique avec un principe de télé-alimentation, impose la mise en place d'équipements complémentaires

Dès aujourd'hui, rendez-vous sur ... www.cercle-credo.com



CERCLE
CREDO



DÉBAT PARTICIPATIF

Animé par : **Didier CAZES**

Slido.com
Code : **RDVFibre**



Christophe LEVREL

Expert, **ARC Services** (Association des responsables de copropriétés)



Corinne DI FANT

Directrice du Pilotage des Infrastructures Cuivre, **Orange France**

Une discussion en 4 temps ...



I. Quels sont les prérequis auquel l'OI Cuivre s'est attaché pour la garantie d'une conduite sans failles d'un chantier d'envergure comme l'arrêt du réseau cuivre ?



II. A l'annonce de l'arrêt du réseau cuivre, quelles sont les premières réactions constatées sur le terrain ?



III. Quelles seront les garanties du maintien en condition opérationnelle des services dans le parc immobilier ?



IV. Quelles sont les rôles des parties prenantes pour la réussite de cette transformation technologique ?

Une discussion en 4 temps ...



I. Quels sont les prérequis auquel l'OI Cuivre s'est attaché pour la garantie d'une conduite sans failles d'un chantier d'envergure comme l'arrêt du réseau cuivre ?



II. A l'annonce de l'arrêt du réseau cuivre, quelles sont les premières réactions constatées sur le terrain ?



III. Quelles seront les garanties du maintien en condition opérationnelle des services dans le parc immobilier ?



IV. Quelles sont les rôles des parties prenantes pour la réussite de cette transformation technologique ?

Une discussion en 4 temps ...



I. Quels sont les prérequis auquel l'OI Cuivre s'est attaché pour la garantie d'une conduite sans failles d'un chantier d'envergure comme l'arrêt du réseau cuivre ?



II. A l'annonce de l'arrêt du réseau cuivre, quelles sont les premières réactions constatées sur le terrain ?



III. Quelles seront les garanties du maintien en condition opérationnelle des services dans le parc immobilier ?



IV. Quelles sont les rôles des parties prenantes pour la réussite de cette transformation technologique ?

Une discussion en 4 temps ...



I. Quels sont les prérequis auquel l'OI Cuivre s'est attaché pour la garantie d'une conduite sans failles d'un chantier d'envergure comme l'arrêt du réseau cuivre ?



II. A l'annonce de l'arrêt du réseau cuivre, quelles sont les premières réactions constatées sur le terrain ?



III. Quelles seront les garanties du maintien en condition opérationnelle des services dans le parc immobilier ?



IV. Quelles sont les rôles des parties prenantes pour la réussite de cette transformation technologique ?



CERCLE
CREDO



PAUSE



4

membres
fondateurs





CERCLE
CREDO

Patrick CHAIZE
Sénateur de l'Ain,
Président de l'Avicca, Vice-Président de la FNCCR





CERCLE
CREDO

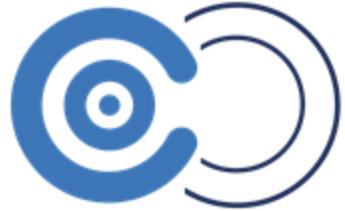
AVEC NOTRE PARTENAIRE :



ARUFOG
Fiber optic expertise
since 1986

2ÈME PARTIE

**Les câbles fibre optique avec capteurs répartis :
des capacités nouvelles pour les réseaux télécoms.**



CERCLE
CREDO

Code WIFI

Réseau : **CDC-WIFI-PUBLIC**

Login : **rdvfibre2024**

Mot de passe : **rdvfibre2024**



Slido.com
Code : **RDVFibre**

Slido

Posez vos questions !



CERCLE
CREDO

AVEC NOTRE PARTENAIRE :



ARUFOG
Fiber optic expertise
since 1986



MOT D'INTRODUCTION

François-Antoine LERICHE
Président
ARUFOG



CERCLE
CREDO

AVEC NOTRE PARTENAIRE :



ARUFOG
Fiber optic expertise
since 1986

KEYNOTE

**La détection de contraintes intégrée
dans les câbles télécom à fibre optique**

Slido.com
Code : **RDVFibre**

“ L'état de l'art en 2024 ”

André CHAMPAVERE

Expert technique et scientifique, Président de **GuidOptiX**
Créateur de l'initiative **GO2S**, Président d'honneur de **l'Arufog**

Motivation

TLC - Plus de 999 999 999 km de Câbles fibre optique Telecom déployés dans le monde

FOS - Plus de 99,99% des Câbles des systèmes de capteurs fibres optiques avec des fibres Telecom

L'innovation consiste à prendre deux choses qui existent et à les assembler d'une nouvelle manière.

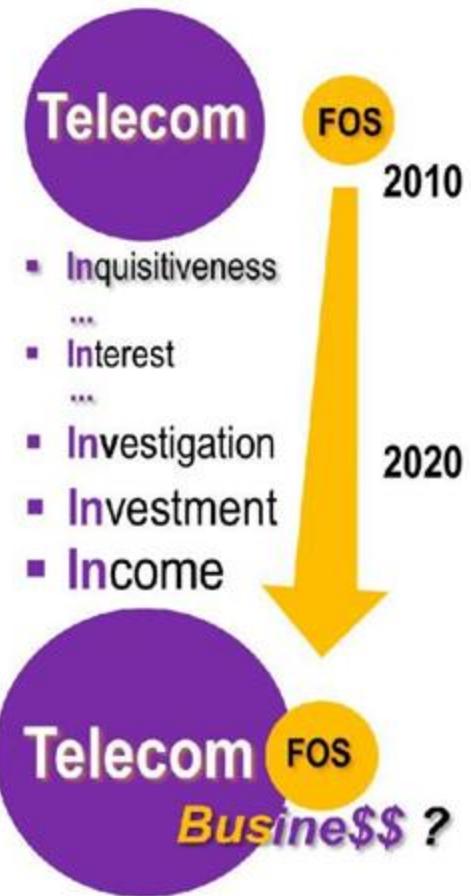
"Innovation is taking two things that exist and putting them together in a new way" (Tom Freston, Co-founder of MTV)

TLC + FOS ! Opportunité d'ajouter des fonctions capteurs aux câbles Telecom.- GO2S 2009

Dans le domaine de l'innovation, les idées germent et fleurissent mais le succès dépend du fruit de la récolte vendue.

"In the field of innovation, ideas germinate and flourish but success depends on the fruit of the harvest sold." (Kenttä ei vihreä, AJMM)

Challenges ? Opportunités ? Marché de niche ? Opportunité de diversification ?



Sommaire

- I- Brève introduction aux capteurs sur fibre optique
- II- « Communiquer et Déetecter* »: Capteurs répartis sur câbles Telecom
- III- Différentes options
 - Option ① Câbles Telecom **existants** avec fibre(s) en mode détection
 - Option ② **Nouveaux** câbles Telecom embarquant une ou des fibres de détection
 - Option ③ **Infrastructure** avec **connexion** entre câbles Telecom et câbles capteurs auxiliaires (Comm.&Sense Node)
- IV – Conclusion : Première comparaison

Attention : Deux usages

- « **Telecom** » : **Résilience du réseau fibre optique** par surveillance de la fibre, du câble voire de son environnement
- « **Capteurs fibre optique** » : **Surveillance de l'environnement du câble** (autres réseaux , infrastructures , sites ,)

* **COMM**unicate & **SENSE**

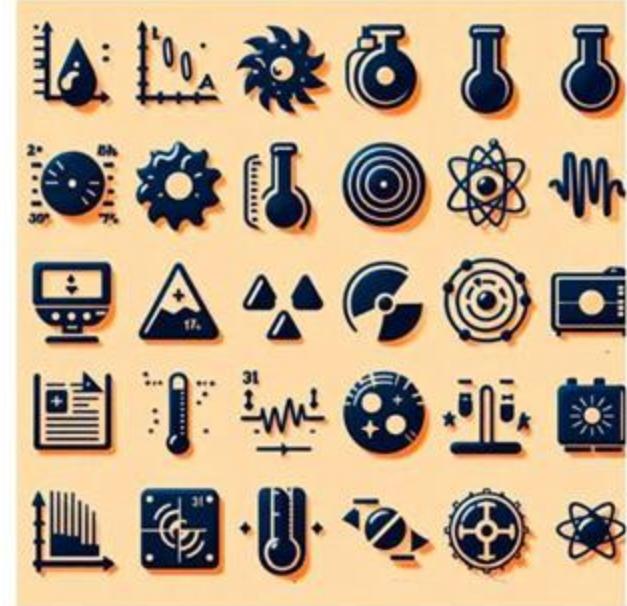


1- Principes de base des capteurs fibre optique



Détection par fibre optique : Que peut-on détecter ou mesurer ?

- Température
- Contrainte mécanique
- Vibration
- Son
- Pression,
- Débit
- Humidité
- Niveau de liquide
- Présence de gaz,
- Radiation
- pH
- Force
- Composants chimiques
- Déplacement
- Rotation
- Vitesse
- Champs magnétiques
- Accélération
- ...
- et autres à venir



Presque tous les mesurandes physiques directement ou indirectement

Différents types et leurs impacts sur les infrastructures



Capteurs FO ponctuels

⚠ Nécessite des connexions aux deux extrémités de la liaison fibre optique



Capteurs quasi-répartis

⚠ Nécessite de multiples interventions à des endroits prédefinis le long de la fibre.



Capteur FO répartis (Un seul côté)*

⚠ A priori, moins invasif

Nécessite une connexion à une seule extrémité. Flexibilité en termes de localisation des points de détection. Moins d'approbations de construction indispensables de la part de diverses autorités. La seule pour l'usage « Résilience du réseau »

- "Duplex single-ended" et "double-ended DFOS" nécessitent deux fibres. Le "Dual-source single-ended DTS", moins invasif car ne nécessitant qu'une seule fibre. Certains DTSS utilisent une fibre supplémentaire pour décorreler déformation/température. D'autres DTSS utilisent un traitement logiciel pour la décorrélation sur une seule fibre.



Détection par fibre optique : Quels sont les principaux avantages ?

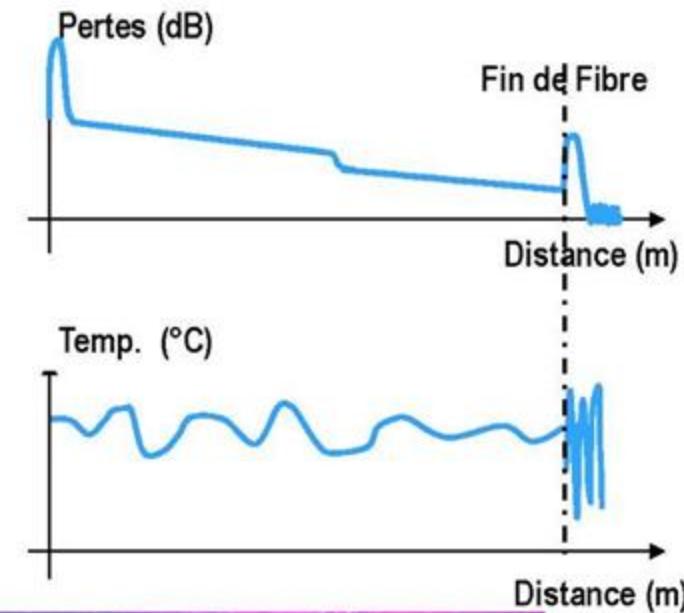
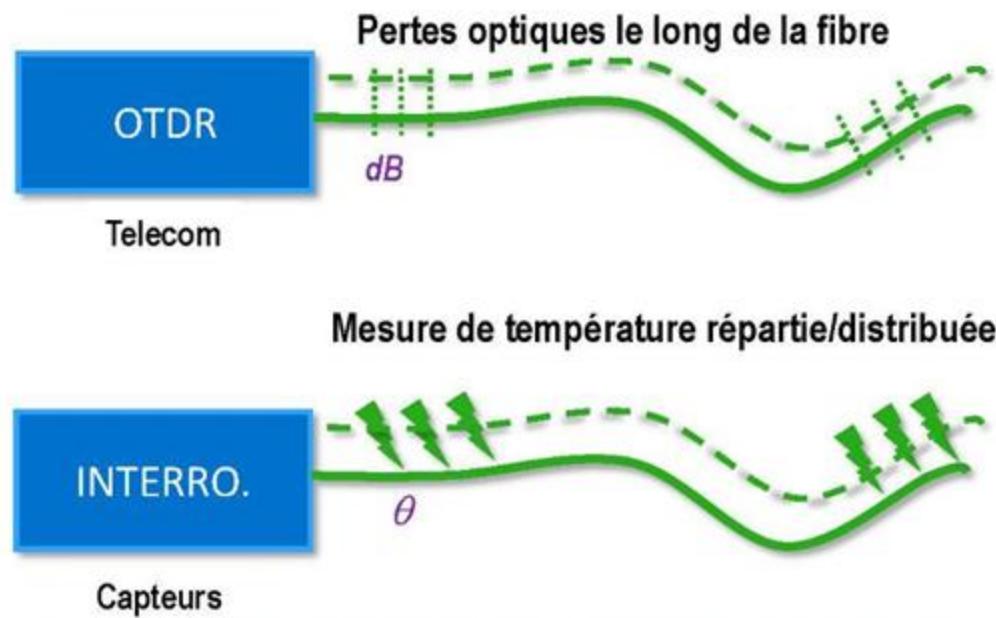
- ✓ Détection distribuée (Un système = 1000..10000⁺ points de détection le long d'une seule fibre)
- ✓ Détection distribuée en distance (100m⁻ ..100km⁺) → Infrastructures, sites .., territoires, ...
- ✓ Sûre et adaptée à une utilisation dans des environnements difficiles
 - Capacités de télédétection (interrogation à distance)
 - Immunité aux EMI (interférences électromagnétiques) et aux RFI (interférences radiofréquences).
 - Tolérance aux températures élevées (capteur passif)
 - Tolérance aux rayonnements ionisants
 - Transmission sécurisée des données de détection (optique guidée)
- ✓ Bénéficie de l'expérience, de l'infrastructure et des technologies télécoms
- ✓ ...



Exemple typique de capteurs à fibre optique répartis/distribués

Basé sur le même principe que les OTDR télécom.

- Envoi de signaux de lumière dans une fibre.
- Détection sur la même extrémité et analyse des signaux renvoyés par la fibre.
- Traitement et Affichage des résultats répartis tout au long de la fibre en convertissant le temps de vol en distance



Détection de température distribuée (DTS), un environnement familier

L'interrogateur (DTS), un OTDR qui analyse l'**amplitude** des signaux optiques **retournés par la fibre à certaines longueurs d'onde*** différentes de la sienne.

L'interrogateur de température est donc très similaire à un **OTDR** utilisé sur le terrain en Télécom.

Les Interrogateurs DTS existent au format instrument **rackable** voire sous la forme d'appareils **portables autonomes**.

Performances sur fibre monomode: Typiquement $\approx 1\text{m de résolution}$, 1°C de précision sur des km, portée jusqu'à 100km.



Onglet OTDR



Onglet CAPTEUR DE TEMPERATURE

Le même instrument peut même embarquer les deux fonctions (Mode OTDR et mode capteur)

* Stokes et Anti-Stokes Raman

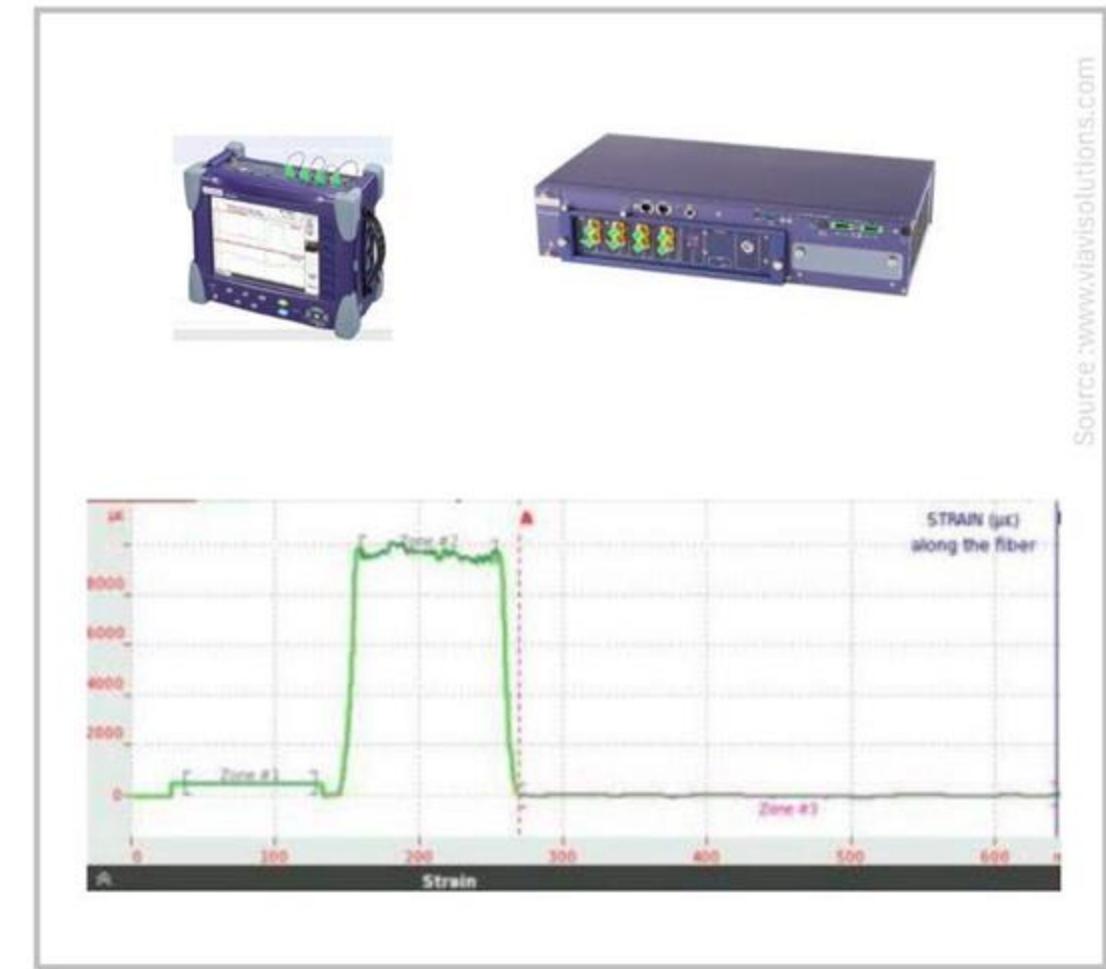
DTSS: Un instrument plus complexe pour la température et/ou la contrainte

L'interrogateur (DSS), un OTDR qui analyse l'amplitude et la fréquence des signaux optiques renvoyés par la fibre à certaines longueurs d'onde* différentes de la sienne.

Le DTSS est donc plus complexe qu'un OTDR télécom

La décorrélation température/déformation est obtenue soit par une méthode logicielle, soit par l'utilisation d'une fibre supplémentaire non soumise à la déformation.

Performances : Typiquement $\approx 1\text{m}$ de résolution , quelques 0,001% de répétabilité sur une gamme de 4% d'élargissement sur des km , portée jusqu'à 200km (fibre monomode)



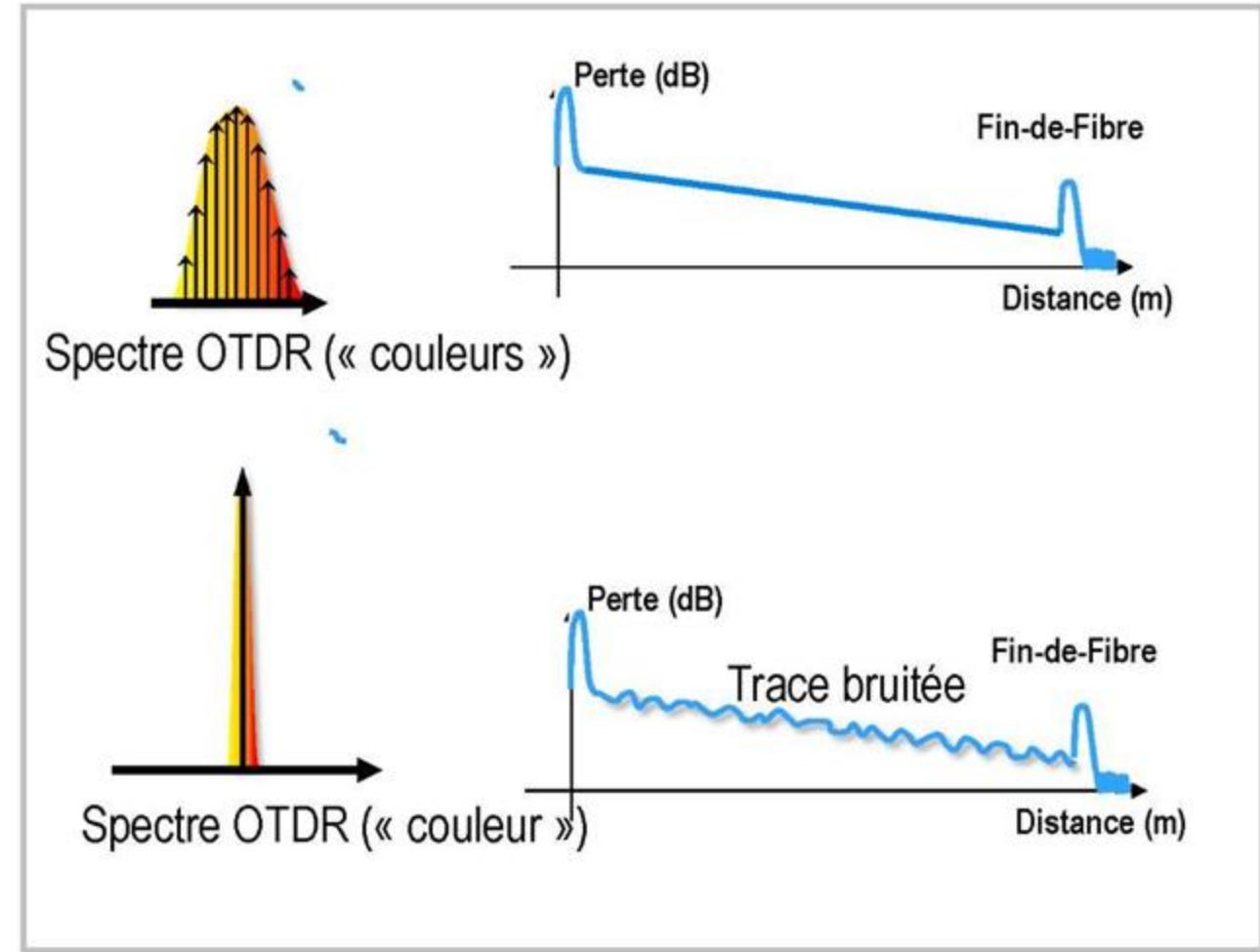
* Stokes et Anti-Stokes Brillouin

Détection acoustique distribuée (DAS) : retour à l'OTDR

Le spectre d'un OTDR doit conserver une certaine largeur spectrale sinon du **bruit apparaît sur la trace** et il ne diminue pas avec le temps de mesure.

Avec un **spectre trop étroit**,

- si la fibre n'est pas perturbée par une stimulus extérieur (contrainte, vibration, ...) , la **forme** (**signature**) de ce "bruit" n'évolue pas dans le temps
- Dans le cas contraire , ...



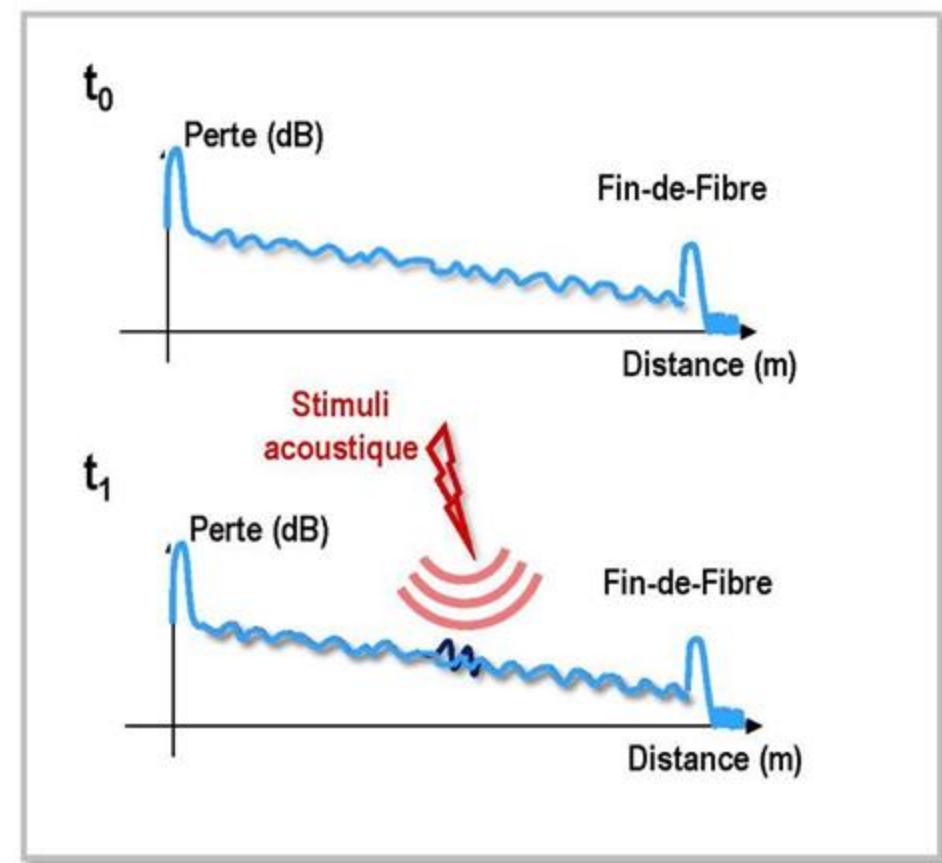
Retour à la détection acoustique distribuée (DAS)

« *Le signal est en fait contenu dans le bruit* » :

Ce bruit sur la trace **change de forme** en cas de **stimuli acoustiques** (signature différente).

La surveillance **des changements dans le temps** (amplitude, fréquence, phase) est le principe de base du DAS (détection acoustique distribuée)

La **bande passante acoustique maximum diminue avec la distance** (Typ.. Quelques centaines de Hz (100Km) à quelques centaines de kHz sur les courtes distances



Remarque : Bruit dû à l'interférence des signaux générés par les centres de rétrodiffusion Rayleigh le long de la fibre

“Là où il y a de la fibre , il y a de l'espoir” pour l'utilisation de capteurs fibre



Intrusion detection



Oil & Gas



Transport & tunnels



Buried cable or pipes



Bridges SHM



Climate change risk mitigation



Telecom cables

Smart Data Centers

Smart Buildings

Smart Cities, smart Territories

Smart Grids

Railways



Pipelines

Exploration des infrastructures candidates capteurs FO

■ Télécommunications :

- Réseau Long & Ultra Long (Terre, transocéanique, etc.)
- Réseaux de territoires régionaux du Réseau métropolitain (MAN)
- Réseaux locaux (LAN), réseaux d'accès et de campus
- Centres de données
- FTTA, FTTH, FTTX

■ Infrastructures critiques

- Réseaux de transports intelligents (routes, voies ferrées, autoroutes, aéroports, ...)
- Smart Energies et réseaux d'eau
- Militaire et Défense
- Réseaux de santé, de sécurité publique (communication d'urgence)
- Réseaux financiers : réseaux de trading haute fréquence
- Réseaux d'entreprise (LAN et WAN d'entreprise)
- Réseaux industriels - Systèmes de contrôle de fabrication et de processus
- Villes, Territoires (smart grids, surveillance et gestion du trafic) et Bâtiments
- Industrie pétrolière et gazière : Réseaux de communication sous-marins et terrestres (exploration et production Transport)
- Sites de recherche fondamentale : CERN, ...



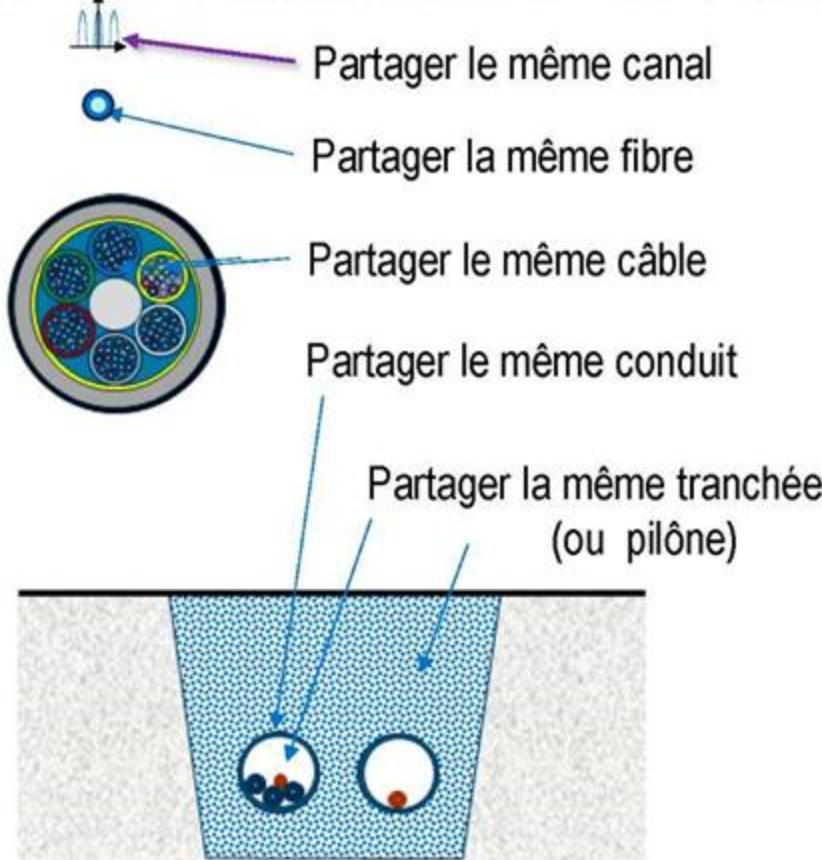
Trouver la bonne cible dans une forêt d'opportunités potentielles

II- Comm.&Sense: Capteurs répartis (distribués) sur câbles Telecom

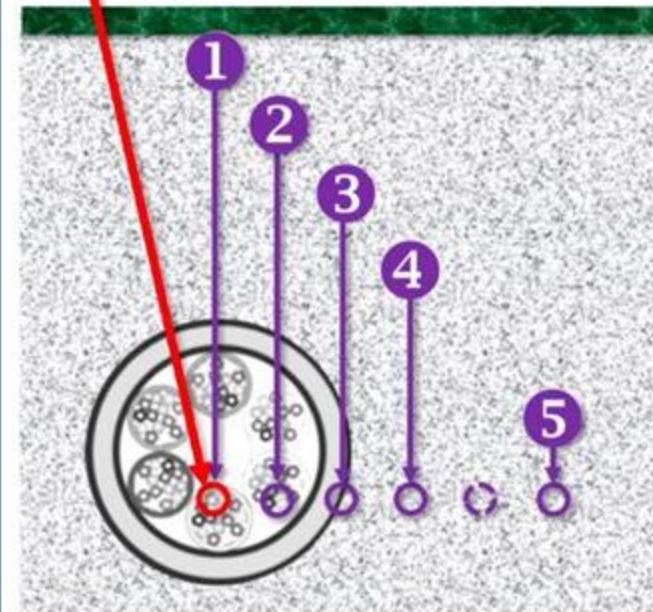


Partage de l'infrastructure fibre optique : Mutualisation

Différents niveaux de mutualisation de l'infrastructure



L'interaction entre le mesurande (température, contrainte, pression acoustique, ...) et le signal optique s'effectue dans la fibre optique

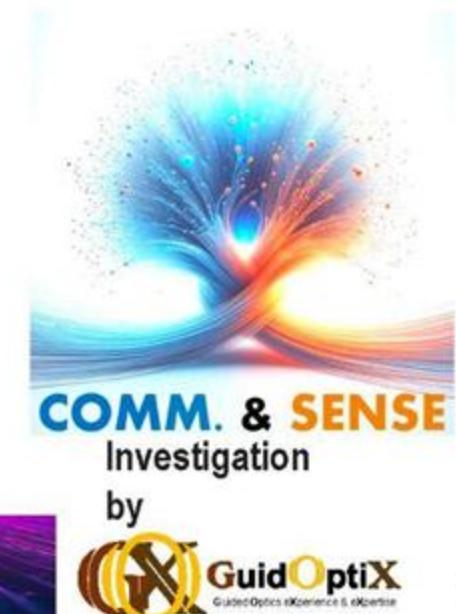


La cible peut être :

- ① la fibre elle-même
- ② La structure du câble
- ③ L'interface câble/milieu
- ④ Le milieu environnant
- ⑤ Voir une source éloignée

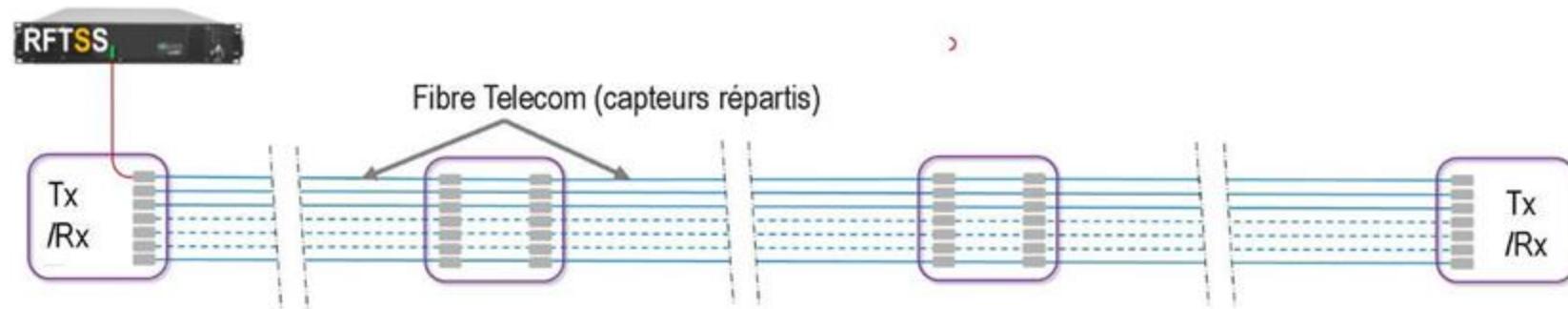
Note : Les fibres multicœurs ne sont pas vraiment déployées mais pourraient être de bons candidats pour le Mux. spatial. Télécom & Capteur. Dans le cas de communications cohérentes, de nouvelles techniques permettant de partager le même canal sont proposées

III- Comm.&Sense : Analyse de trois options possibles

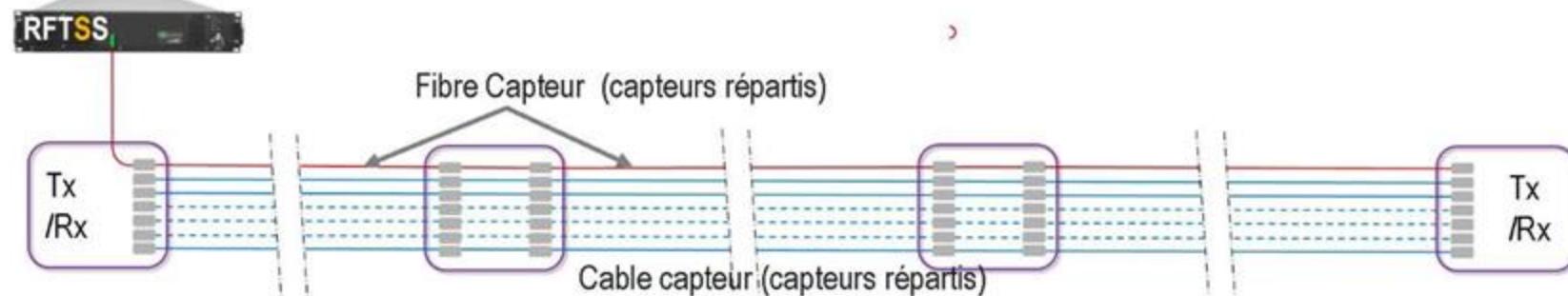


Les options Comm.&Sense présentées

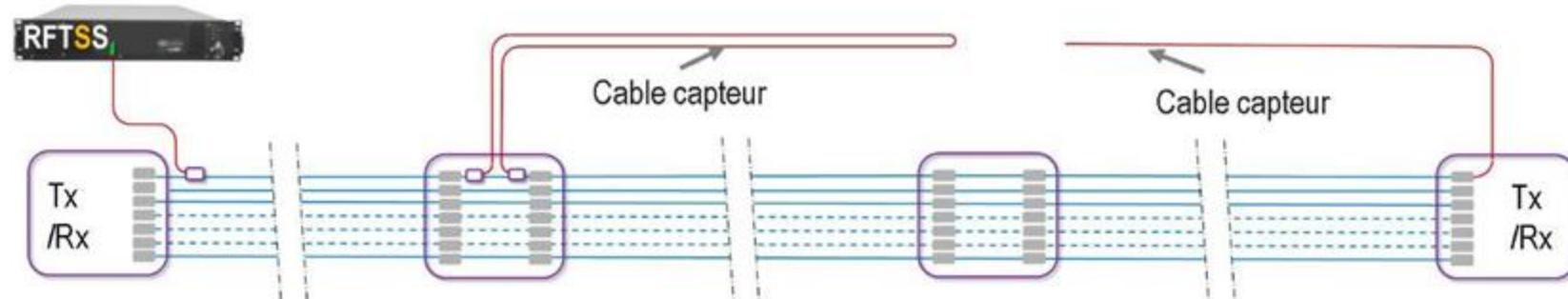
- 1** C&S avec câbles Telecom existants



- 2** C&S avec nouveaux câbles Telecom C.&S.



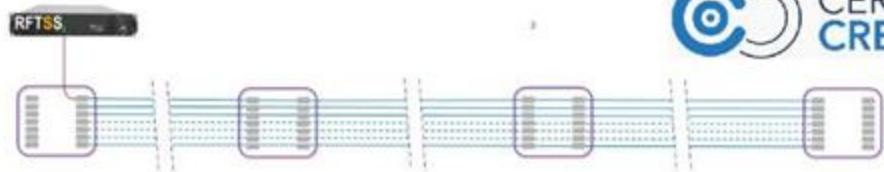
- 3** Option C&S avec combinaison câbles Telecom existants et câbles capteurs existants (ou futurs)



Option ① Comm.&Sense avec câbles Telecom existants



Option ① - FOS sur câbles déployés :

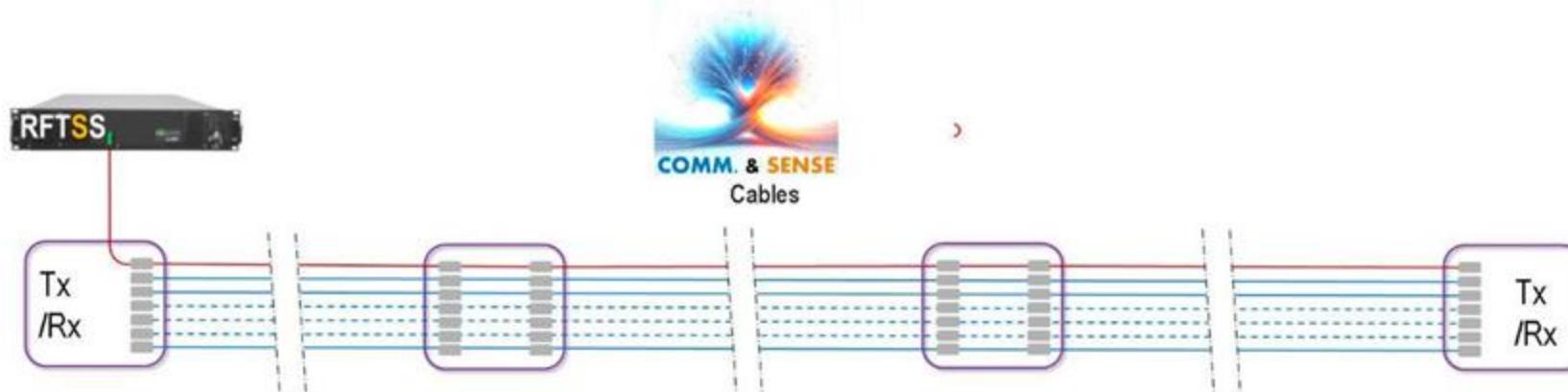


Commentaires de base :

- Idéal si on ne s'intéresse qu'à ce qui se passe dans la fibre optique (caractérisation)
- Infrastructures non conçues pour FOS, les performances en mode capteur peuvent ne pas être optimales (structure et tracé du câble)
- Le couplage à l'environnement du câble, un paramètre important (ex.: contrainte).
- Les solutions réparties semblent les moins intrusives pour l'infrastructure réseau
- Voir au-delà des spécifications : testez avant d'investir
- Des interrogateurs commerciaux sont disponibles et vous avez la fibre.
- Privilégier d'abord les applications FOS identiques ou proches de celles qui fonctionnent déjà (NIH)
- Surveillance des câbles fibre au delà des pertes optiques pour sécuriser les réseaux de données sensibles (ex.: RFTSS*)

* RFTSS : Remote Fiber Test & Sensing Systems

Option ② Comm.&Sense avec nouveaux câbles Telecom (cas d'application mesure de contrainte)





LA TENSION ÉLEVÉE, UN DANGER SILENCIEUX

- **La bonne santé de votre réseau est vitale pour vous et vos clients**
- **Vous redoutez les problèmes de circulation du flux de données dans les artères Telecom**
- **Vous craignez des interventions lourdes, longues, couteuses voire le pire**
- **Prenez et contrôlez la tension des câbles**



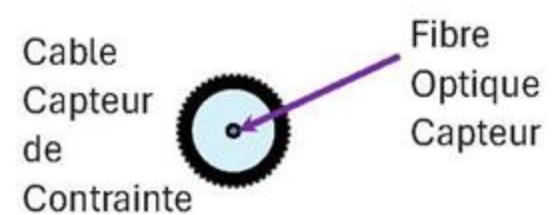
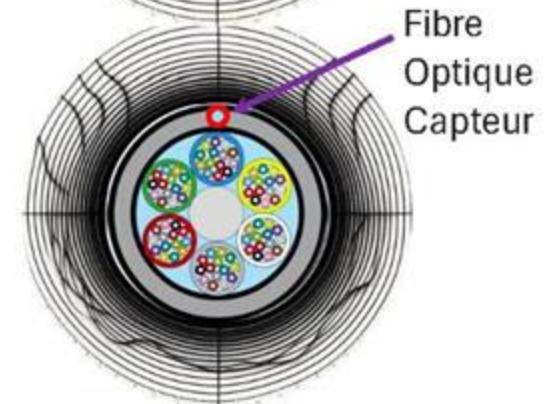
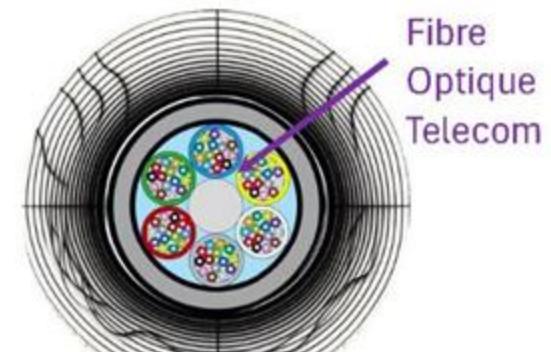
Campagne de « dépistage »



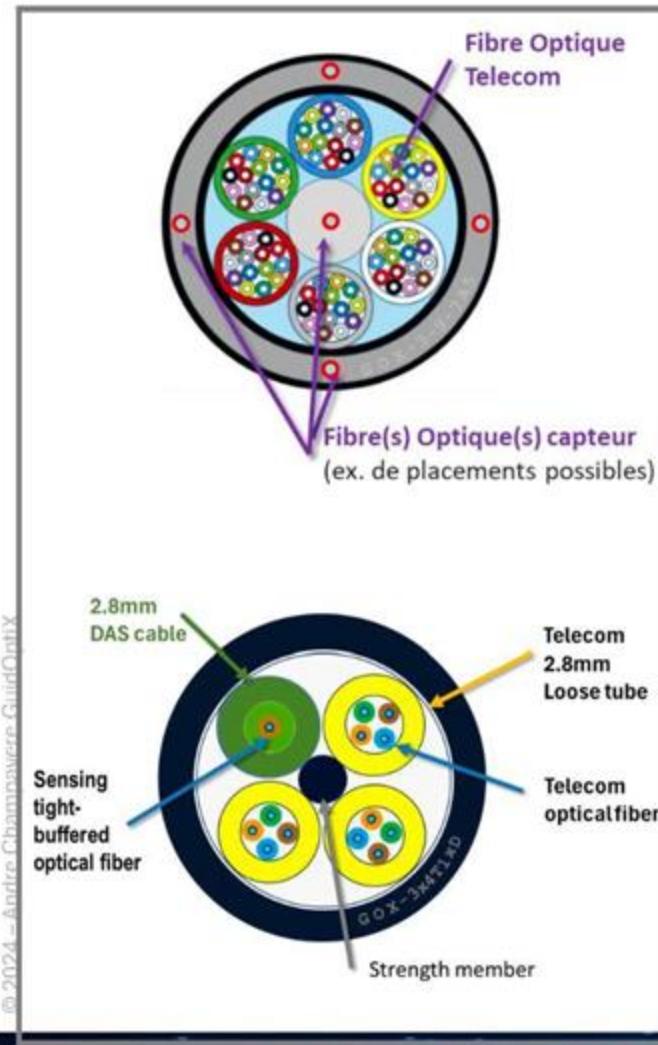
Option ② Câble fibre optique utilisé pour les applications capteurs

« Ce qui compte dans ce cas, c'est l'environnement du câble, pas le câble lui-même »

- Basé sur les câbles FO télécom conventionnels : (Option ①)
 - Une fibre existante dans un câble de télécommunication pour détecter les changements dans l'environnement du câble.
- Basé sur un nouveau câble Comm.&Sense: (Option ②)
 - Une fibre de détection dédiée intégrée dans la structure du câble pour surveiller l'environnement externe autour du câble.
- Basé sur un câble capteur *Sense Only*:
 - Un câble de détection avec uniquement une ou quelques fibres spécialement développé pour surveiller l'environnement externe (sévère) autour du câble.



Option ② Câbles Comm.&Sense (Compromis entre deux technologies)



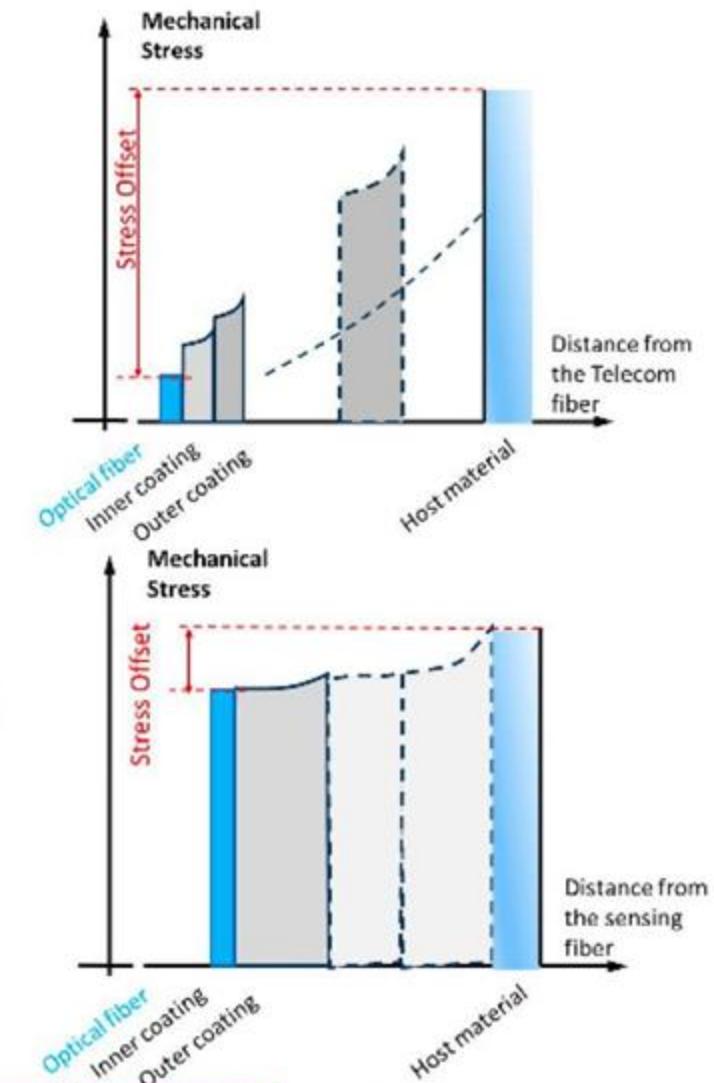
Câbles Telecom

Structurés pour garantir à la fois, **une faible perte optique et pour isoler les fibres optiques des contraintes extérieures**

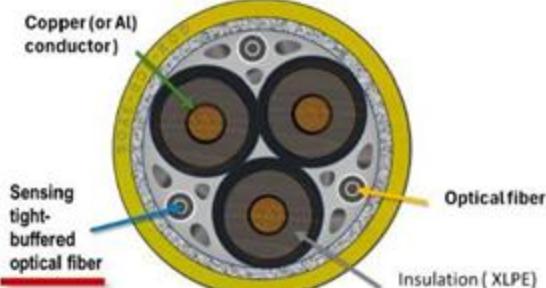


Câbles capteurs répartis

Structurés pour garantir à la fois, **une faible perte optique et un transfert optimal des paramètres mesurés** pendant une longue période et dans des conditions difficiles.

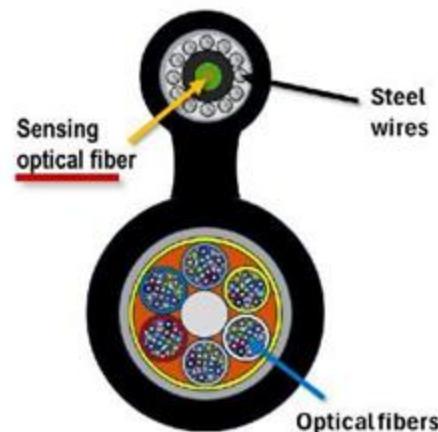


Option ② Capteur réparti/distribué intégré (Aujourd'hui et peut-être demain)

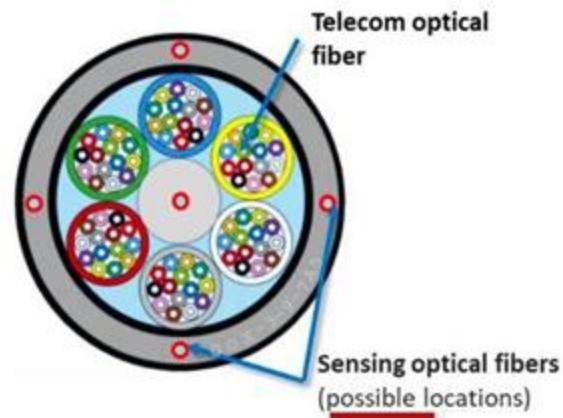


Ex.: Cable électrique de puissance avec fibre capteur de température

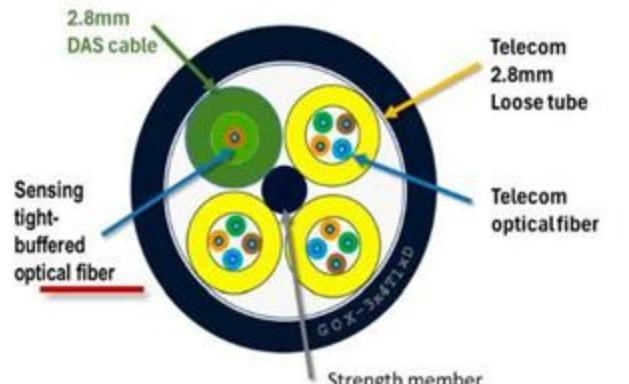
Ex.: Real-Time Thermal Rating



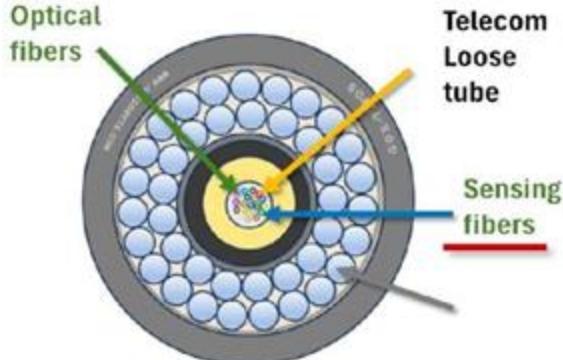
Ex.: Cable Telecom aérien avec fibre capteur de contrainte mécanique



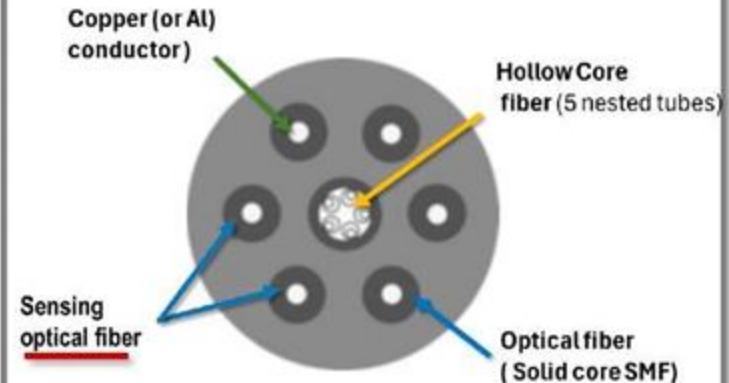
Ex.: Cable Telecom avec fibre(s) capteur de contrainte mécanique



Ex.: Cable Telecom avec fibre capteur d'onde acoustique



Ex.: Cable Telecom sous-marin doublement blindé



Ex.: Cable Telecom fibre creuse - Fiber sensing guard ring (FSGR)

Option ② : Premiers éléments techniques du Challenge

- Intégration dans la **structure** du câble et dans son **processus de fabrication**:
 - Sans affecter les performances et la **fiabilité** du câble en transmission
 - Avec le minimum d'impact sur le coût de fabrication
 - Qualification du câble , normalisation

Plus particulièrement dans le cas de **capteurs répartis de contrainte**

- Structure du câble pour des fibres capteurs
 - avec un bon **transfert des contraintes extérieures**
 - Mais auxquelles elles doivent résister
- Coût de fabrication
- Accessibilité/facilité du raccordement optique

Et toujours , le challenge du **volume et de l'analyse des données**



**BUSINE\$\$
CASE**

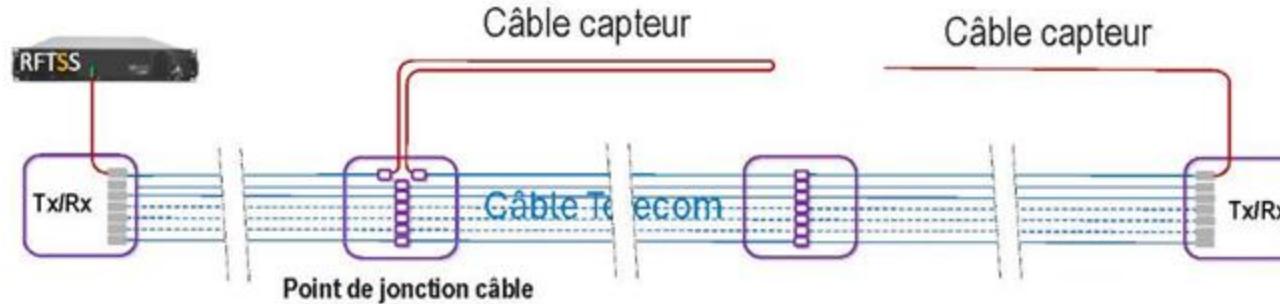
[1] : **Importance du type, du revêtement, des matériaux et de la géométrie des composants du câble à fibre optique**

« Optical Fiber Sensing Cables for Brillouin-Based Distributed Measurements Sensors » : By Filipo Bastianini and Al . Sensors 2019



Proposition ③ : Comm.&Sense

Combinaison de câbles Telecom et de câbles capteur

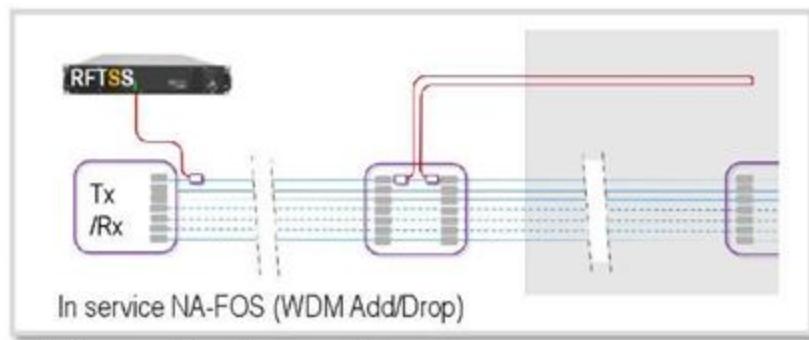


Communication Infrastructure with Built-in FOS Node and Network's Auxiliary Fiber Optic Sensors by GuidOptiX

Option ③ Combinaison des deux , la complémentarité sans compromis

Câbles Telecom :

- déployés existants ou futurs
- utilisés ou non en mode capteur (intrinsèque)
- Servant de **déport de câbles capteurs**

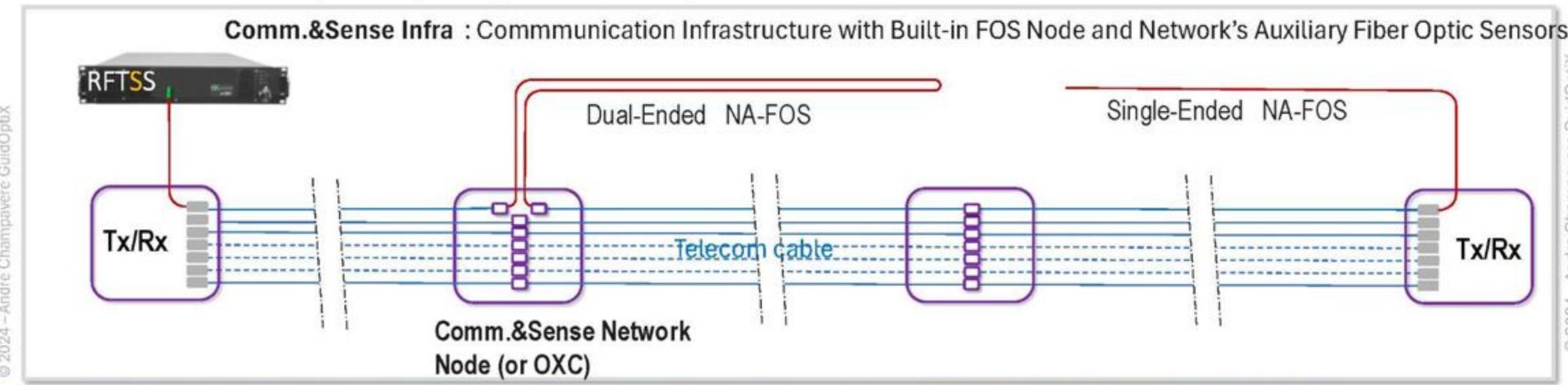


Câbles capteurs déportés connectés aux points d'accès au réseau Telecom

- disponibles commercialement ou futurs
- positionnés uniquement sur les **zones d'intérêt** (température , contraintes, vibration, ...)

Note : Installation possible par étapes et évolution possible

Comm.&Sense Infra : Communication Infrastructure with Built-in FOS Node and Network's Auxiliary Fiber Optic Sensors



Option ③ Combinaison de câbles Telecom et de câbles capteur"

- Compatible avec l'infrastructure Telecom déployée (Utilisation des câbles existants et des points de connexion optique existants, normes Telecom)
- Compatible avec les câbles capteurs existants (plus de câbles mais uniquement sur les zones d'intérêt)
- Compatible avec les systèmes de monitoring de réseau fibre (RFTS) pour étendre le monitoring aux câbles capteurs
- Performances optimales des deux cotés (câbles Telecom et câbles capteurs)
- Monitoring des câbles (In situ sensing) et monitoring de l'environnement
- Evolutivité : Possibilité de débuter par une 1^{ère} étape surveillance du câble Telecom par une de ses fibres (Option 1) puis une 2^{ème} avec l'ajout de câbles capteurs
 - Possibilité d'utiliser de nouveaux câbles Telecom intégrant des fibres capteurs (Option 2)
 - Extension des systèmes de monitoring de câble optique avec intégration des interrogateurs (RFTSS)
- Temps de mise sur le marché (TTM) réduit car tout existe
- MAIS les câbles capteurs devront être déployés – Démarcation des responsabilités

Préliminaire, analyse en cours ...



3 Ex.: Usages Résilience des réseaux et surveillance de l'environnement

(risques naturels ou d'origine anthropique)

Détection incendie (tunnel) ①

Surveillance intégrité structurelle (SHM) des ouvrages (tunnel, mur de soutènement,, écrans pare-avalanche) ②

Détection chutes de matériaux (rochers) ③

Détection, comptage de Traffic ④

Détection dégradation bande de roulement ⑤

Surveillance structurelle du sol (température)

Détection de présence anormale d'eau (fuite de canalisation , érosion interne (boulance, phénomène de renard, ...), (signes précurseurs d'instabilité) ⑥

Surveillance structurelle du sol (contrainte) ⑦

Contrainte, mouvement de sol, charge anormale , dégradation)

Surveillance câble fibre optique enterré ⑧



Analyse (très) préliminaire des différentes options Comm.&Sense



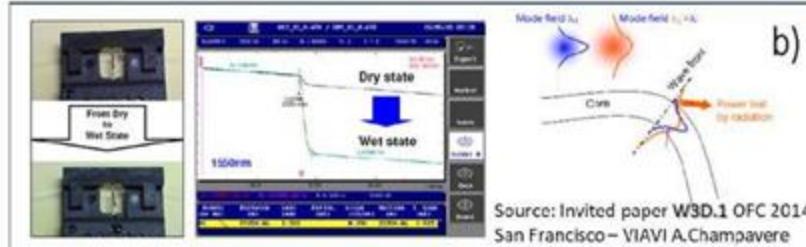
Option ①
Câbles Telecom
existants

	EFFORT	COMMENTAIRES
Option ① Câbles Telecom existants	<ul style="list-style-type: none"> ✖ Intégration de l'application C.&S. ✖✖ ? Caractérisation des performances 	<ul style="list-style-type: none"> ➢ Résilience : Bien adapté pour la surveillance de la fibre Telecom (In-situ dans le câble) ✖ Performances réduites en mode capteur par le couplage lâche avec le milieu environnant et le trajet du câble
Option ② Nouveaux câble Telecom	<ul style="list-style-type: none"> ✖ Intégration de l'application C.&S. ✖✖ Caractérisation des performances ✖✖✖ Développement et qualification de nouveaux câbles C.&S. 	<ul style="list-style-type: none"> ➢ Performances améliorées en mode capteur ➢ Bien adapté pour la surveillance de la fibre Telecom (In-situ dans le câble) – Résilience du réseau par surveillance de la fibre et de son environnement ✖ Gestion de l'équilibre entre sensibilité capteur et protection fibre Telecom. ✖ Disponibilité nouvelles normes ✖ Surcoût / Câbles Telecom ✖ Temps de mise sur le marché (TTM/ROI) <p style="color: blue; font-style: italic; margin-left: 20px;">SUPPORT EVENTUEL DE DISCUSSION TABLE RONDE</p>
Option ③ Câbles Capteurs auxiliaires connectés sur câbles Telecom (existants ou nouveaux)	<ul style="list-style-type: none"> ✖ Intégration de l'application C.&S. ✖✖ Caractérisation des performances ✖ Différentes sensibilités à gérer en fonction des câbles. 	<ul style="list-style-type: none"> ➢ Evolutif et compatible avec les autres options ➢ Pas de développement de câbles - Introduction rapide sur le marché ➢ Performances optimales en mode capteurs et en mode Telecom <u>✖ Nécessite déploiement de câbles capteurs</u> ✖ Nécessite connexion entre câbles Comm. et câble Sense

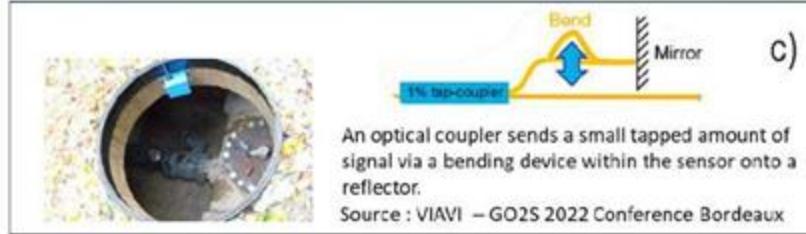
Exemples de capteurs à fibre optique : Aujourd'hui , demain, ...



Source: IFOTEC – G. Billet - GO2S 2022 Conference Bordeaux

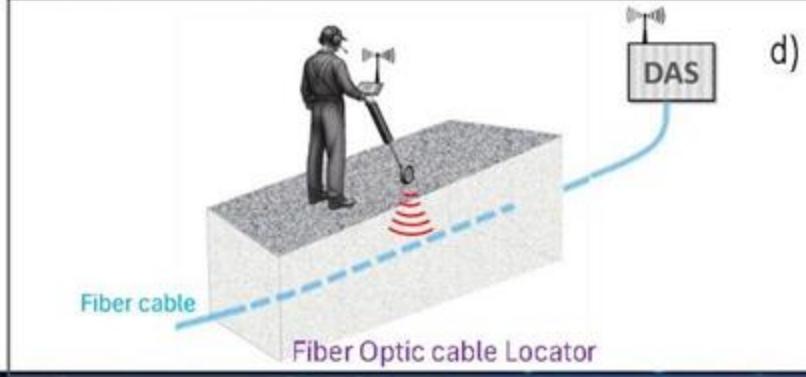


Source: Invited paper W3D.1 OFC 2014
San Francisco – VIAVI A.Champavare



An optical coupler sends a small tapped amount of signal via a bending device within the sensor onto a reflector.

Source : VIAVI – GO2S 2022 Conference Bordeaux



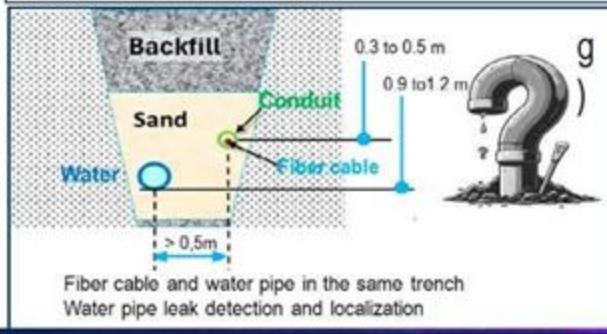
Fiber cable
Fiber Optic cable Locator



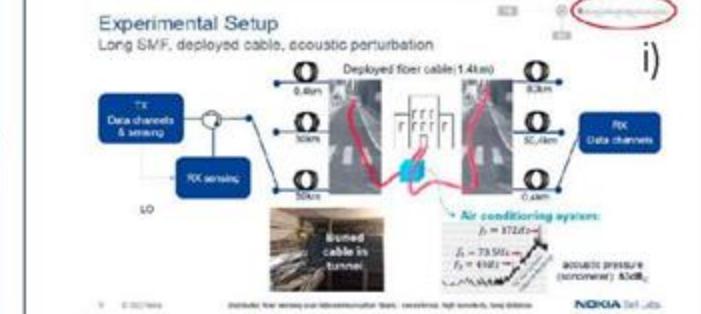
f) Long distance High voltage overhead power lines Brillouin Distributed strain measurement on existing OPGW (Optical Ground Wire) aerial optical fiber cable used for both ground wire and communication



Source : Field Trial of Strain B-OTDR Using Brillouin-Based Fiber Strain Measurements over Long-Distance Aerial Cables Viavi Solutions

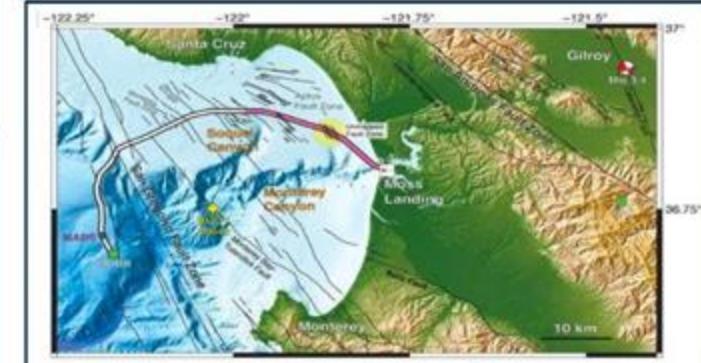


h) Railways
Location of trains on the tracks, detection of exceptional events (rock fall, landslide), fault on the wheels ("square wheels")



Distributed fiber sensing over telecommunication fibers : coexistence, high sensitivity, long distance

Source: Nokia - Sterenn Guerrier – GO2S 2022 Bordeaux



Source : Marine Technology NEWS - 20 km (pink) of a 51-km undersea fiber-optic cable, normally used to communicate with the Monterey Accelerated Research System, as a seismic array to study the fault zones under Monterey Bay. Image by Nate Lindsey, from University of California, Berkeley

Merci pour votre attention et au CREDO pour cette invitation

Plus d'info.

Download Basic Principles
for Telecom Tech..



Download Principes de base
pour Telecom Tech.



Beyond Data Transfer: Fiber Optic
Sensing Transforms Networks into
Resilient & Smart Systems



Download Technical Paper

Next to come :
Advanced Network Designed
for Resilience and Evolutions

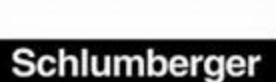


Back-up



Expert Scientifique et Technique indépendant : Test & Mesure FO – Capteurs Fibre Optique

- Prestation de Consultant R&D - Innovation & Nouvelles Technologies
- Collaborations avec industriels et centres de recherche CNRS-LHC , CNES , CERN, autres
- Prestation intellectuelle uniquement - avec le luxe d'être sélectif dans les projets
- Agréé au titre du Crédit Impôt Recherche www.guidoptix.com andre.champavere@guidoptix.com

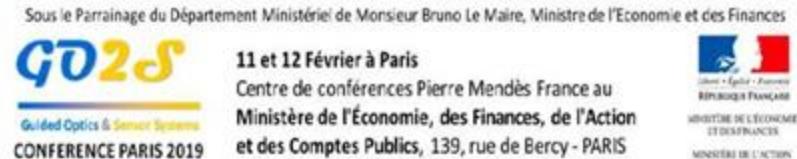


Expérience professionnelle de R&D Test & Mesure Telecom et Capteurs FO

- Fiber Optic Product R&D Group Manager - Produits développés : OTDRs , ONMS OTDR unit , eOTDR , DTS, DTSS, ...
- Brevets dans les domaines T&M Telecom , Capteurs distribués (DTS, DAS) , Capteurs Batteries VE
- Publications techniques et conférences (OFC invited paper, ...)
- Innovation & IP Protection Center of Excellence R&D Manager (Innovation Engine in all R&D sites)

Activité associative

- Président Honoraire de l'ARUFOG
- Créeur de l'Initiative **GO2S** (Guided Optic & Sensor Systems) en 2008
- Conf. GO2S: ..., Paris Bercy 2019, Lyon 2020, Bordeaux 2022, Lyon 2024



Option ② Mesures réparties de contraintes



Interrogateurs basés sur la rétrodiffusion **Brillouin** (Contrainte et/ou température)
DTSS (Distributed Temperature & Strain Sensing)

- Utilisent la réflectométrie temporelle (OTDR)
- permettent des mesures sur des dizaines de kilomètres , ce avec en contrepartie des limitations de la résolution spatiale (entre 0,1 et 10 m, selon la portée de détection)

Interrogateurs basés sur la rétrodiffusion **Rayleigh** (Contrainte et/ou température)

- Utilise la réflectométrie fréquentielle (OFDR)
- Offrent une résolution spatiale très élevée mais sont généralement limités à des portées de détection.

Interrogateurs basés sur la rétrodiffusion **Raman** (Température)

- Utilisent principalement la réflectométrie temporelle
- Peuvent être utilisés pour décorrérer température et contraintes en les associant aux précédents



Réflectomètre Brillouin (Température et/ou Contrainte)

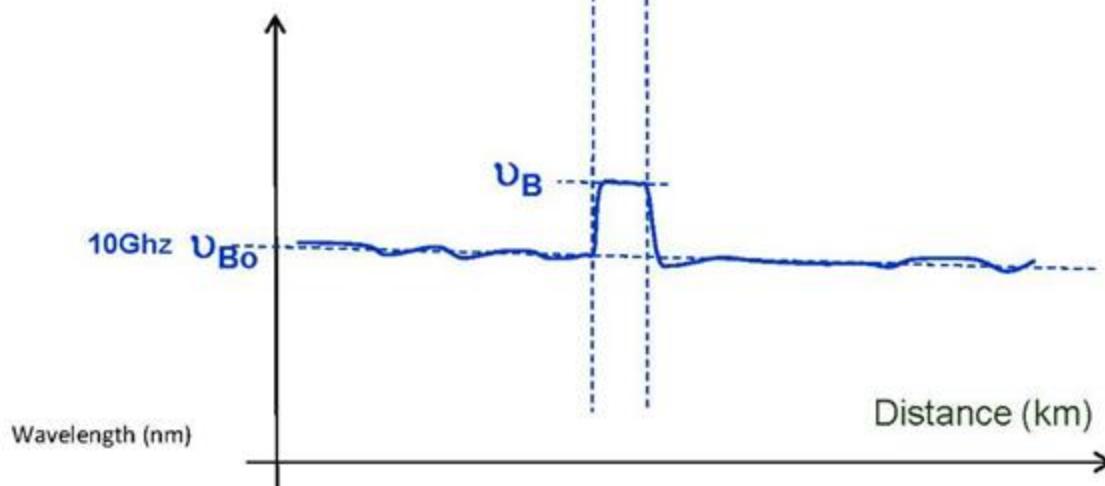
DTSS Portable



Température et/ou Déformation



DTSS Rackable



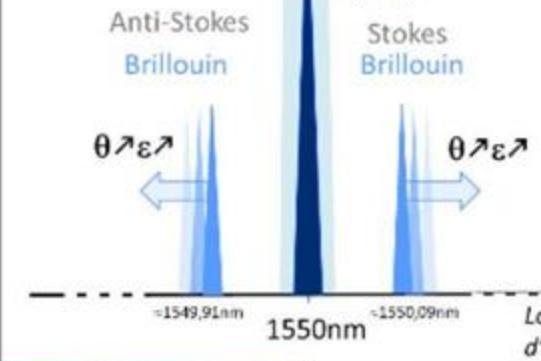
Décorrélation possible entre température et contrainte sur une même fibre

Décalage fréquence Brillouin

$$v_B(T, \varepsilon) = C_\varepsilon \cdot \Delta \varepsilon + C_T \cdot \Delta T + v_B(T_0, \varepsilon_0)$$

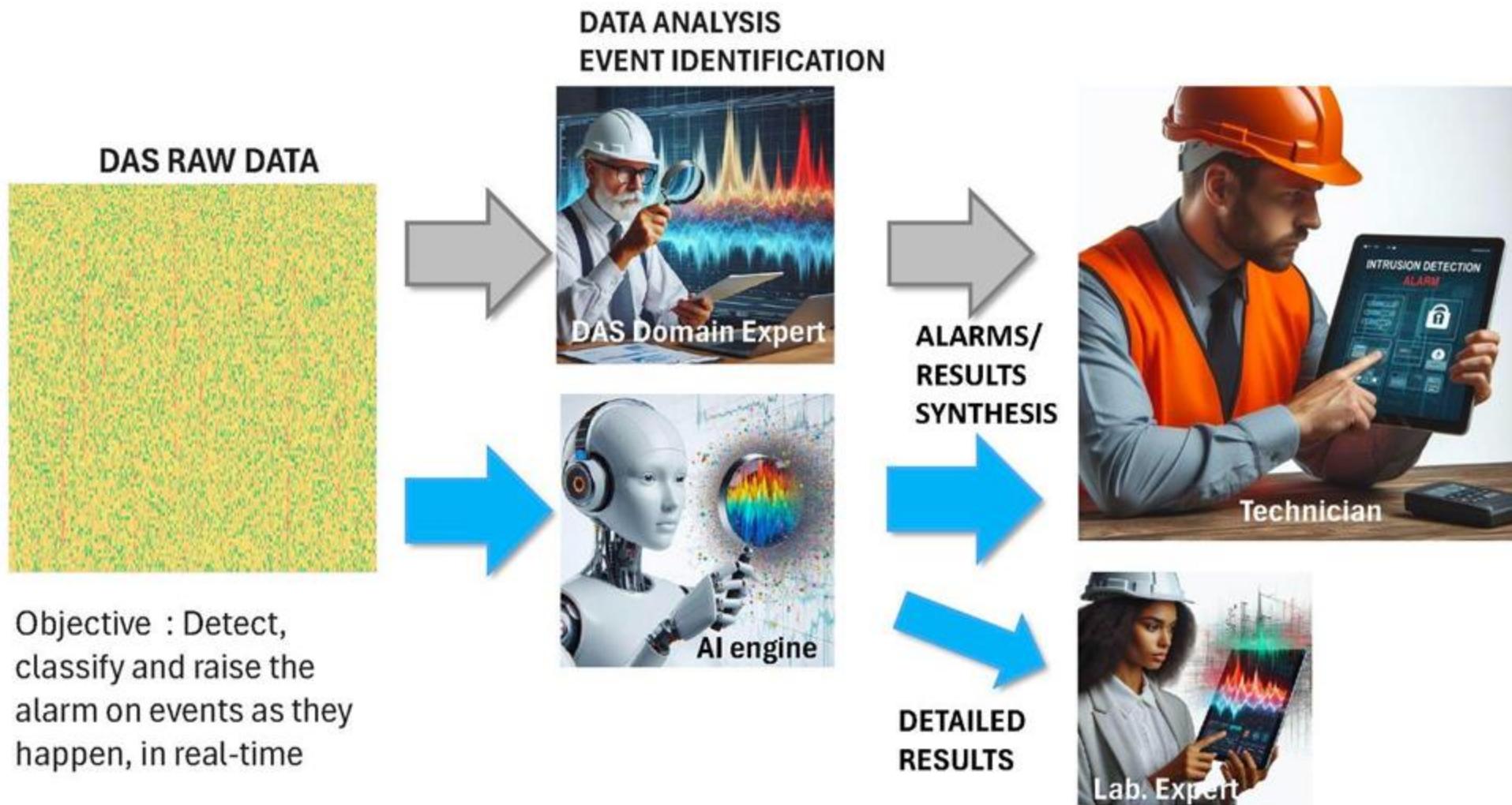
C_ε Strain coefficient (MHz/ μe) $\approx 42.93 \text{ kHz}/\mu\text{e}$
 C_T Temperature coefficient (MHz/ $^\circ\text{C}$) $\approx 1.081 \text{ MHz}/^\circ\text{C}$ (typ. SMF)

Décalage Brillouin: 10,8Ghz typ. à 1550nm



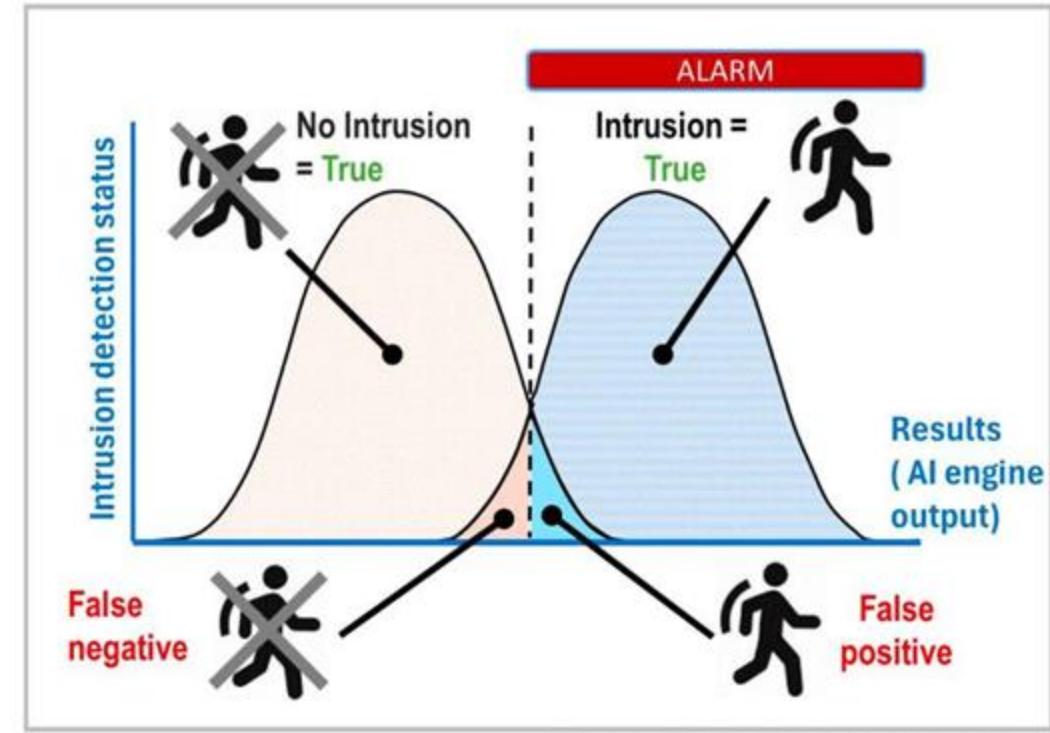
Source: A. Champavere GuidOptix

Customer satisfactions with the help of AI based Smart sensing



□ Challenge:

- AI even more crucial for networks not specifically designed for sensing due to inherent noise, data variability and the need for ease of use."
- Finding the right balance between sensitivity (focus on true positive rate) and specificity (driven by the true negative rate)
- Involving trade-offs that depend on the applications (context and cost of errors) .
- Ensuring AI Confidence Matches Decision Importance"
- Choosing "Works" Over "Wow" , prioritizing Effectiveness Over Impressiveness"



A powerful tool not a magic wand



Choice of the optimal tool from within an already well-furnished toolbox



□ ML Tool Box :

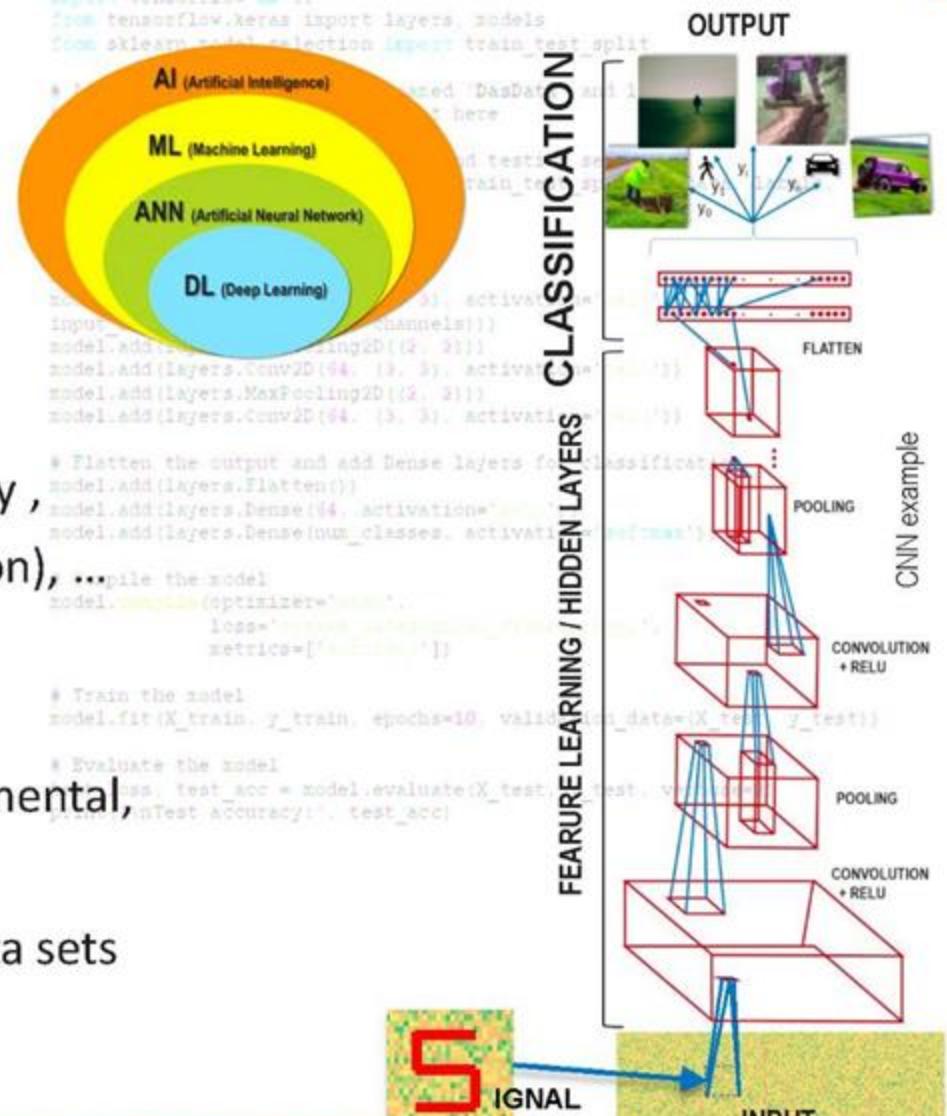
- Each architecture with its unique applications and characteristics in the field of machine learning and deep learning

❑ Applications examples :

- Raman DTS (denoising), Brillouin DTSS (speed , cross-sensitivity , accuracy) , DAS (denoising , pattern detection and classification)

DFOS (especially with DAS) :

- Complex tasks and large data set like DAS (eg. 650 GB/day),
(classification) in a noisy environment (anthropic and environmental, static or moving) .
 - Uncertainties about the diversity and availability of labeled data sets
(especially on unintended Infrastructure)





CERCLE
CREDO

AVEC NOTRE PARTENAIRE :



ARUFOG
Fiber optic expertise
since 1986

KEYNOTE

**La détection de contraintes intégrée
dans les câbles télécom à fibre optique**

“ Les innovations à venir ”

Jean-Claude DA ROCHA

Président d'**Happy Industrie** / Directeur Technique **JENOPTEC NT**
Membre de **l'Arufog** et du **Cercle CREDO**

Slido.com
Code : **RDVFibre**

Sommaire

- Introduction
- Les enjeux du capteur à fibre optique
- Exemples de structures de câble
- HI-ESS1000, un capteur élémentaire de mesure de contrainte
 - Structure
 - Les premières caractérisations
 - Eléments économiques
- Perspectives / Conclusions

Slido.com
Code : **RDVFibre**



Introduction



- **Deux postulats fondamentaux**
 - Un câble de télécommunication à fibre optique est conçu de telle manière à ce que l'environnement pendant ses différentes phases de vie ne perturbent pas les transmissions optiques.
 - Objectif : désolidariser, générer de la **surlongueur** de fibre, empiler successivement les **couches molles et dures**
 - Par définition, le capteur est un organe de saisie d'information, qui perturbe par nature le milieu dont il cherche à mesurer les grandeurs.
 - Objectif : le rendre **le moins intrusif / perturbateur** possible



Les enjeux du capteur à fibre optique



Le rendre solidaire de la structure



Conserver les propriétés de transmission optique



Accès à la fibre facile



Universel et Intégrable facilement dans les câbles de télécommunication et/ou d'énergie



Les câbles mixtes (sensing & com)



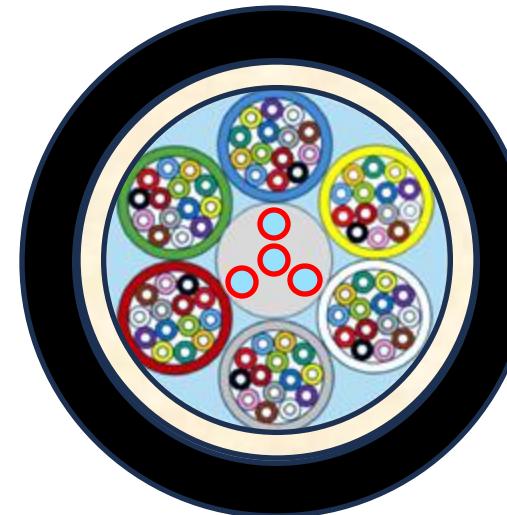
Loose tube ou µmodule



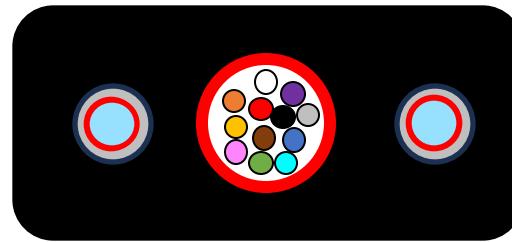
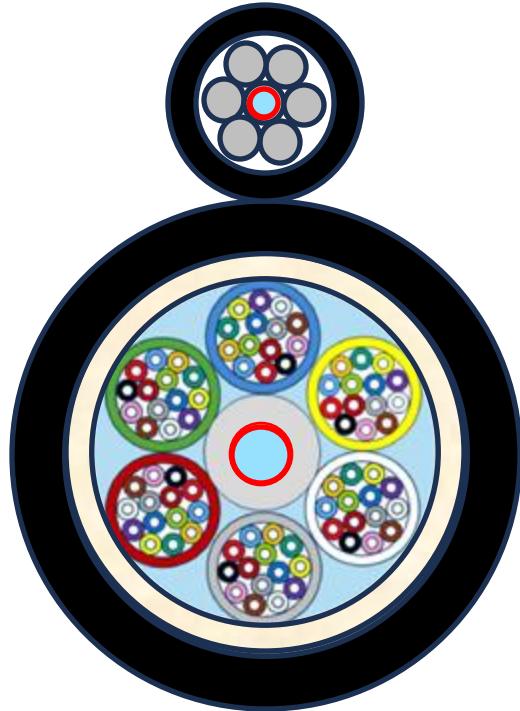
Renforcement central (facultatif)

Renforcement périphérique

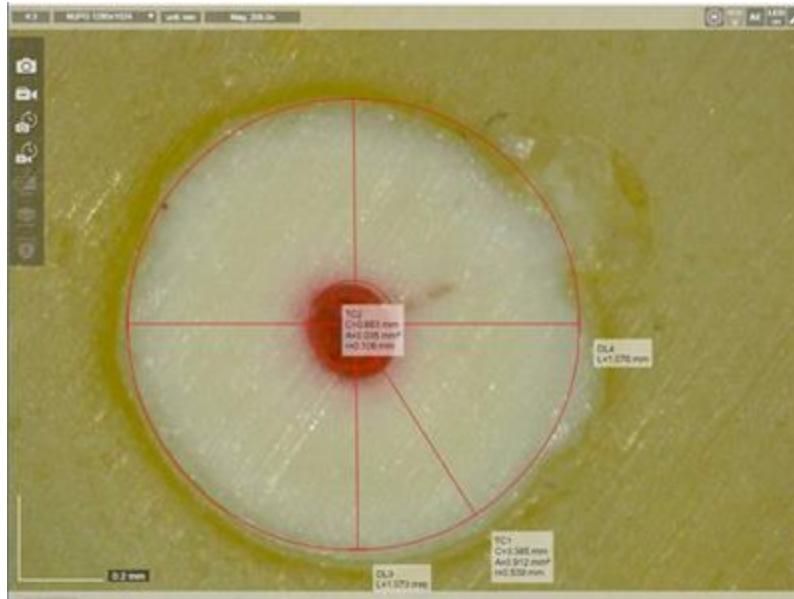
Gaine extérieure



Les câbles mixtes (sensing & com)



HI-ESS1000 – Le renfort capteur



Fibre 250 μm au centre d'une structure composite de 1mm de diamètre

Exploitation d'un brevet ACOME - EP2049931B1

Slido.com
Code : **RDVFibre**

HI-ESS1000 – Le renfort capteur



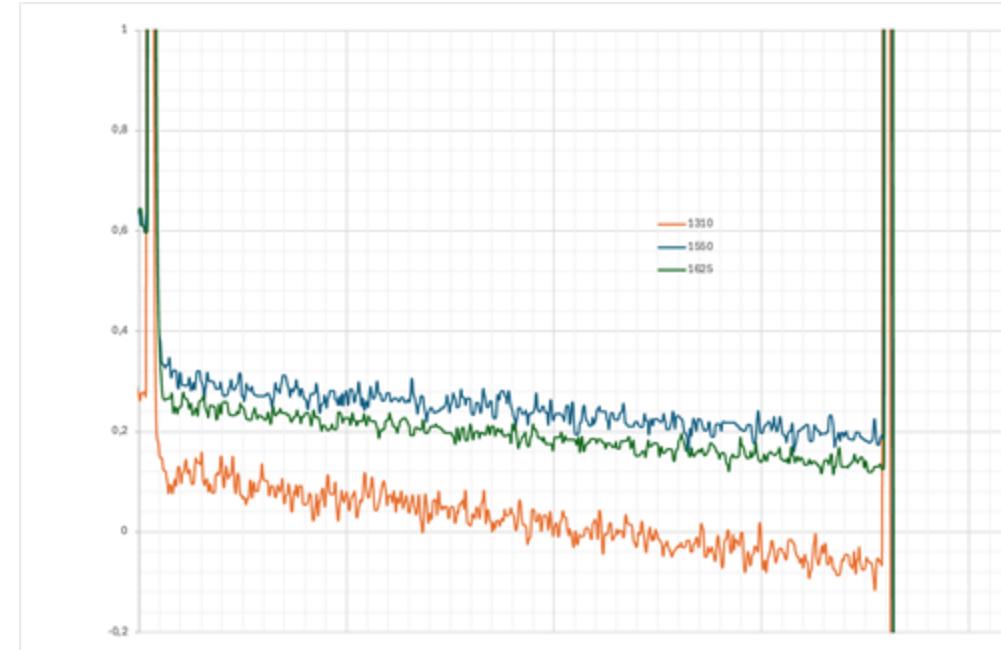
- **PRINCIPALES CARACTERISTIQUES TECHNIQUES MESUREES**

- Optiquement, la fabrication ne génère pas de changement sur les atténuations standards

$\alpha@1310\text{nm} < 0,35 \text{ dB/km}$

$\alpha@1550\text{nm} < 0,24 \text{ dB/km}$

$\alpha@1625\text{nm} < 0,25 \text{ dB/km}$

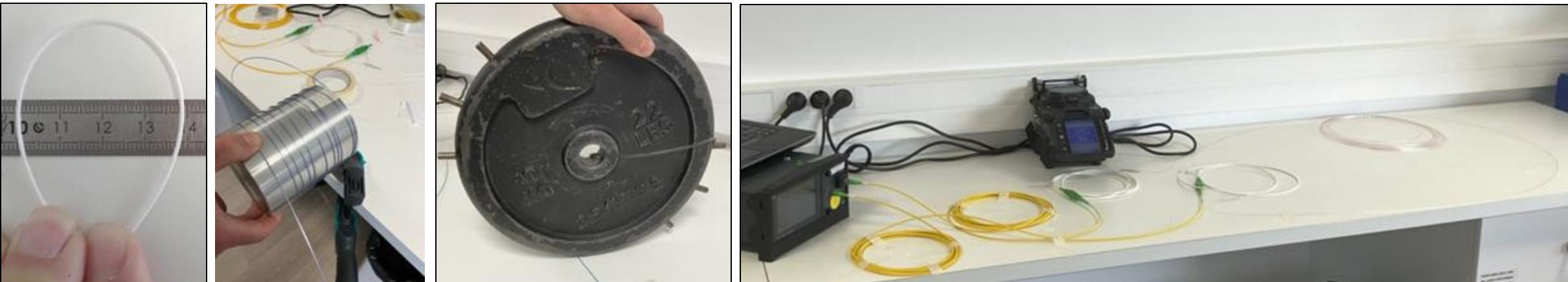


HI-ESS1000 – Le renfort capteur

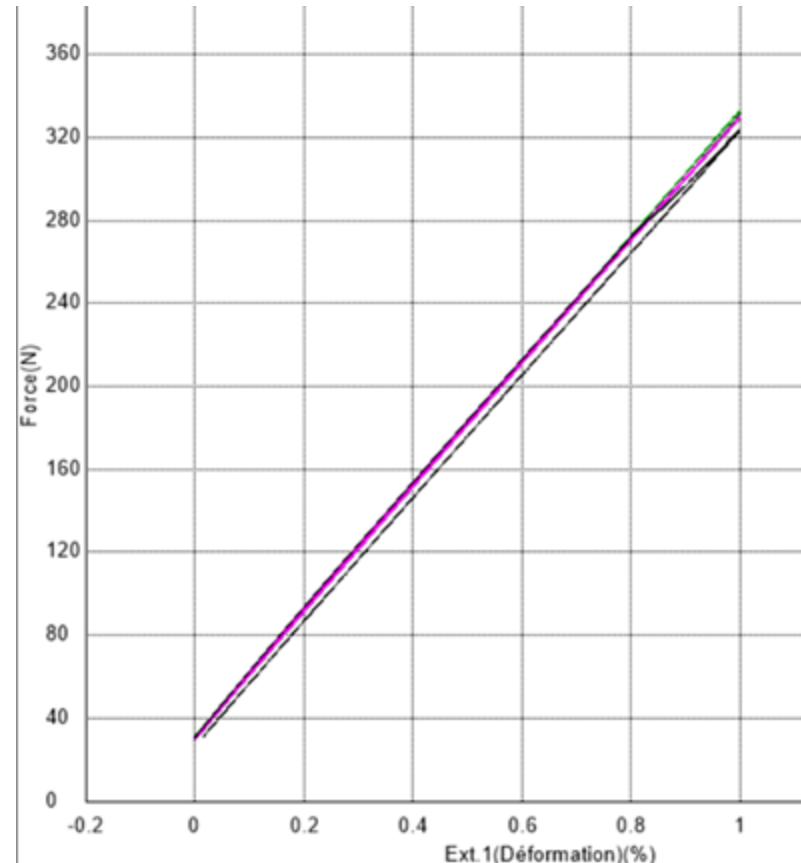


- **PRINCIPALES CARACTERISTIQUES TECHNIQUES MESUREES**

- Resistance au kink (pliage) : $R = 20$ mm, $\Delta\alpha < 0,05$ dB, réversible
- Résistance à la courbure statique : $R = 40$ mm, $\Delta\alpha < 0,05$ dB, réversible
- Résistance au poinçonnement : $F = 10$ kg, 5mm, $\Delta\alpha < 0,05$ dB, réversible



HI-ESS1000 – Le renfort capteur

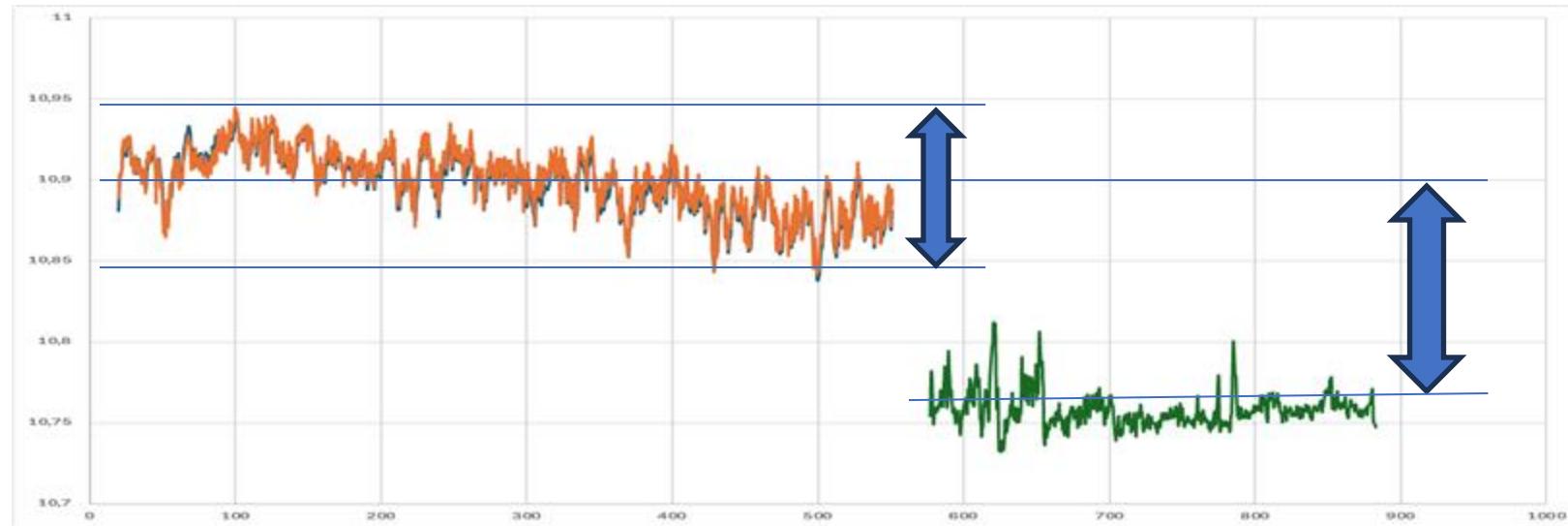


- **PRINCIPALES CARACTERISTIQUES TECHNIQUES MESUREES**

- Plage de traction : 0-1% d'allongement
 - Bonne répétabilité (9 échantillons), Pas d'hystéresis
 - Module de 41 GPa,
 - Dimensionnable

HI-ESS1000 – Le renfort capteur

- PRINCIPALES CARACTERISTIQUES TECHNIQUES MESUREES
LA FREQUENCE BRILLOUIN



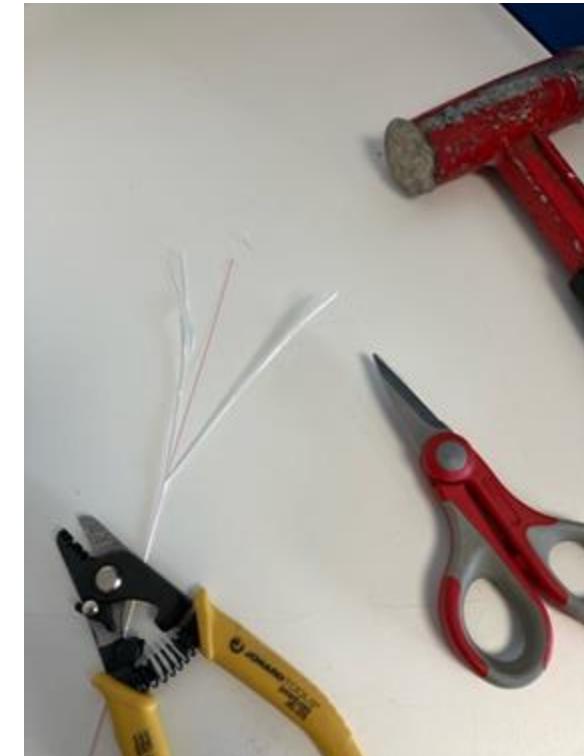
- Minimiser les écarts entre le capteur et la fibre de référence
- La mesure Brillouin, recherche de stabilité sur la longueur : $2\sigma < 50 \text{ MHz}$ (0,1%)

HI-ESS1000 – Le renfort capteur



- **ACCESSIBILITE A LA FIBRE**

- 50 cm en moins d'une minute



HI-ESS1000 – Le renfort capteur



- **ACCESSIBILITE A LA FIBRE**
 - Sur le terrain



Installation multifibre pour instrumentation poutre béton - EDF

HI-ESS1000 – Le renfort capteur

- D'un point de vue économique

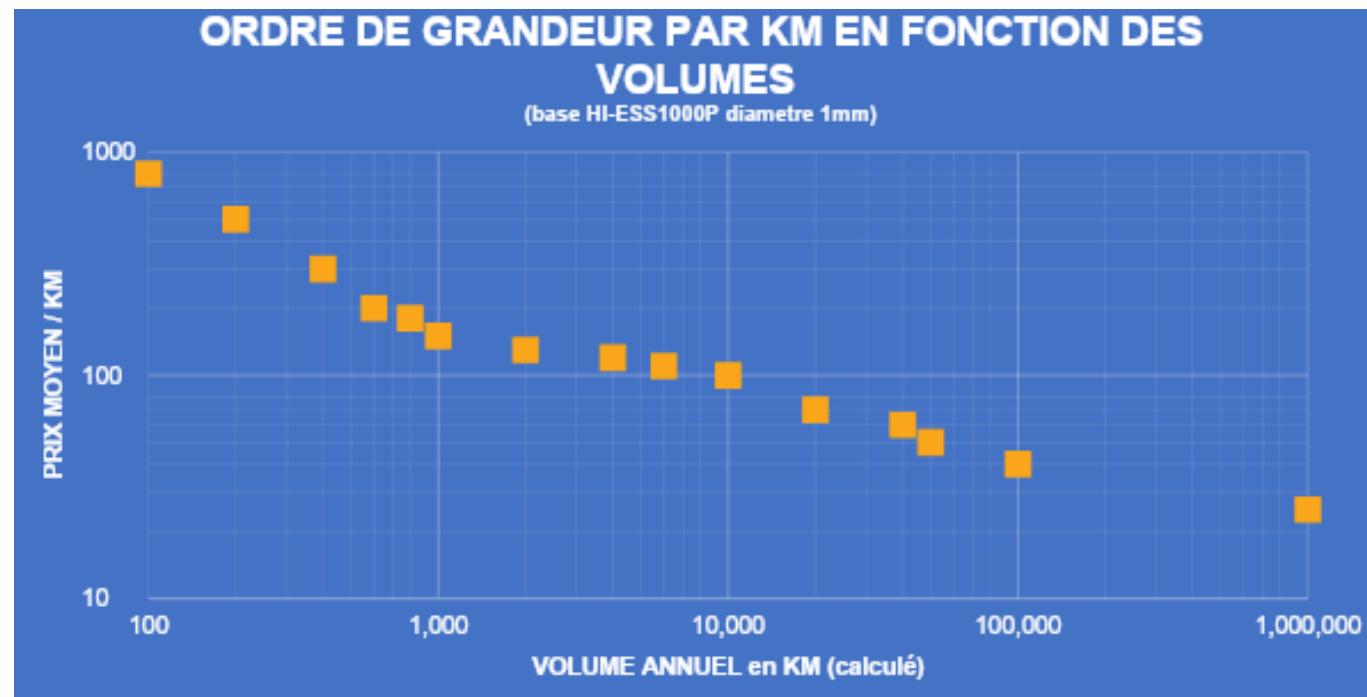
Early adopters :

Dans les télécoms,

- surveillance des tronçons critiques
- Maintenance prédictive

Allongement des campagnes de production

Investissement continu dans la capacité de production



OBJECTIF:
~ cout d'intégration
d'un renfort 1 mm

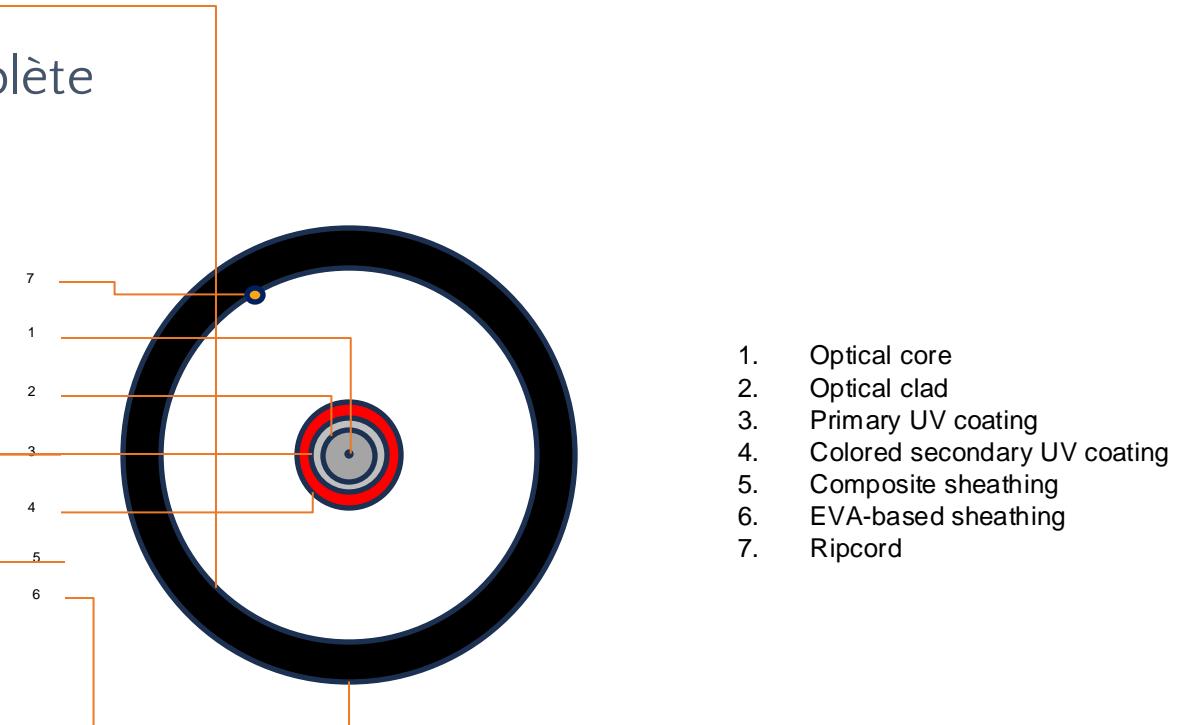
Perspectives / Conclusions

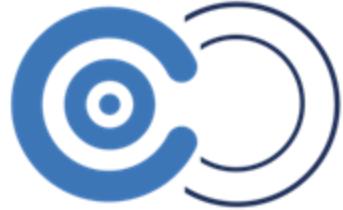


- A date :

- HI-ESS1000

- Préséries / Caractérisation complète
 - Échantillonnages
 - Tests d'intégrations





CERCLE
CREDO

AVEC NOTRE PARTENAIRE :



ARUFOG
Fiber optic expertise
since 1986



Slido.com
Code : **RDVFibre**

Merci pour votre attention

Pour me contacter :

[jcdarocha @ happyindustrie.fr](mailto:jcdarocha@happyindustrie.fr)
jean-claude.darocha@jenoptec.com



CERCLE
CREDO

Slido.com
Code : **RDVFibre**

TABLE-RONDE



Animée par : **André CHAMPAVERE**



Philippe CHAPON - Solution Consultant EMEA, Fibre Optic Solutions, **VIAVI**



Jean-Claude DA ROCHA - Président d'**Happy Industrie**, membre de l'**Arufog** et du **Cercle CREDO**



Loïc DIDIER - Ingénieur réseau (câbles et composants), **RTE**



Laurent GASCA - Responsable secteurs datacom et télécommunications, **SYCABEL**



Guillaume LENOIR D'ESPINASSE - Chef de projets, **ANCT**

(Agence nationale de la cohésion des territoires)



CERCLE
CREDO



CONCLUSIONS

ATELIER

[OUVERT À TOUS]



CERCLE
CREDO



AVEC LES PRÉSENTATIONS DE

NOKIA

TELECOM
SudParis



Terralpha
SNCF RÉSEAU

jeudi
5
dec.



ORGANISÉ PAR :



ACCUEILLI PAR :



AVEC NOTRE PARTENAIRE :



MERCI À TOUS !

WWW.CERCLE-CREDO.COM