

CRED



2024 : 30 ANS !

LA FIBRE EN MOUVEMENT RÉSEAUX D'INNOVATIONS

Mercredi 25 septembre

 **ACOME**

 **altitude Infra.**
Investir | Construire | Exploiter

 **BANQUE des
TERRITOIRES**
GROUPE CAISSE DES DÉPÔTS

 **circet**
CRÉATEUR DE RÉSEAUX

CORNING

VIavi

Code WIFI

Réseau : **Business Center Paris
Trocadéro**

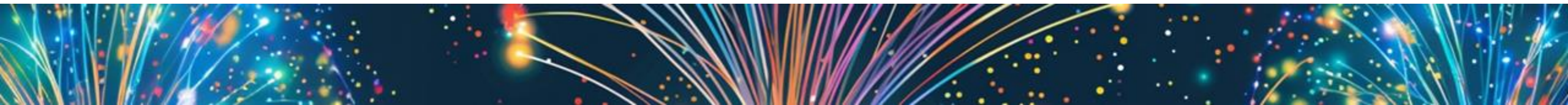
Accès sans mot de passe



Slido.com
Code : **#30ans**

Slido

Posez vos questions !



MOTS DE BIENVENUE

Richard Toper

Président

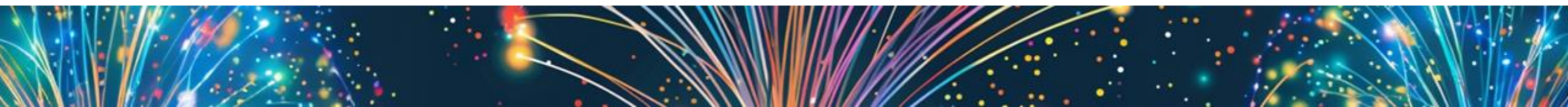
Cercle CREDO

Gaël Sérandour

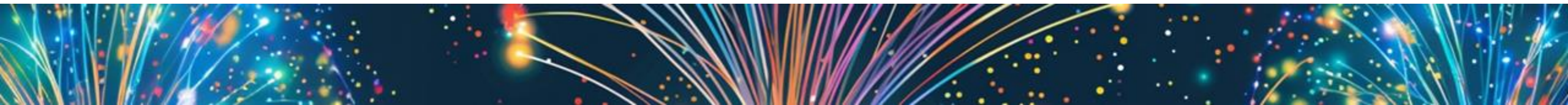
Directeur adjoint Investissements

Transition Numérique

**Caisse des Dépôts –
Banque des Territoires**

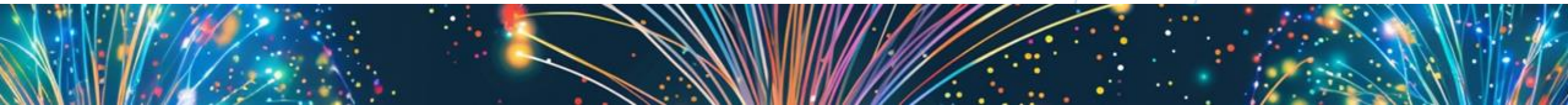


LE CERCLE CREDO REMERCIE LES PARRAINS DE CET ÉVÉNEMENT



PREMIÈRE CONFÉRENCE
14h10 à 15h15

**« De l'invention de la fibre optique
jusqu'à aujourd'hui »**





CORNING

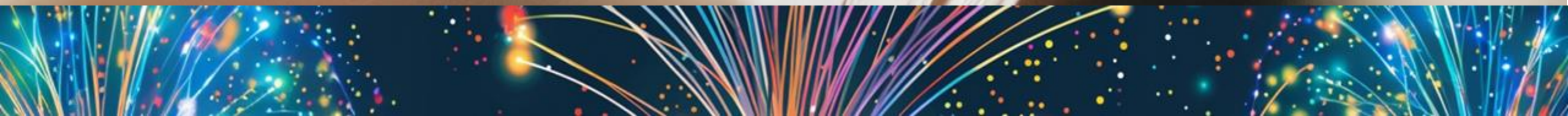


L'évolution de la fibre optique

Chérif Salhi

Key Account Manager

Corning



La fibre aujourd'hui

Aujourd'hui, la fibre va plus vite et plus loin qu'on ne l'aurait jamais imaginé. Grâce aux innovations de Corning, la fibre optique repousse les limites de la bande passante et crée un monde plus connecté.

En d'autres termes, les connexions à haut débit d'aujourd'hui pour l'Internet, la voix et la vidéo ne seraient pas possibles sans les innovations de Corning dans le

CORNING



~8 milliards de km ont été déployés, ce qui est suffisant pour parcourir

~54x

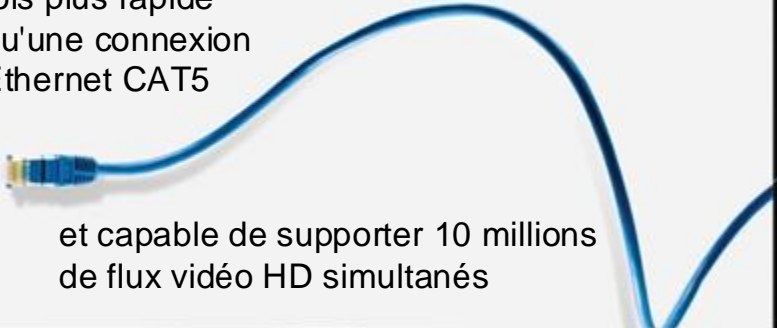
fois la distance jusqu'au soleil

Une fibre optique de 2 mm de diamètre serait suffisamment résistante pour supporter le poids d'une voiture



50,000x

fois plus rapide qu'une connexion Ethernet CAT5



et capable de supporter 10 millions de flux vidéo HD simultanés



Une seule fibre optique peut transporter

>150 Tb par seconde

3x

plus résistante que l'acier à haute résistance



6x

plus résistante que le titane

40,000x

fois plus transparente qu'un diamant

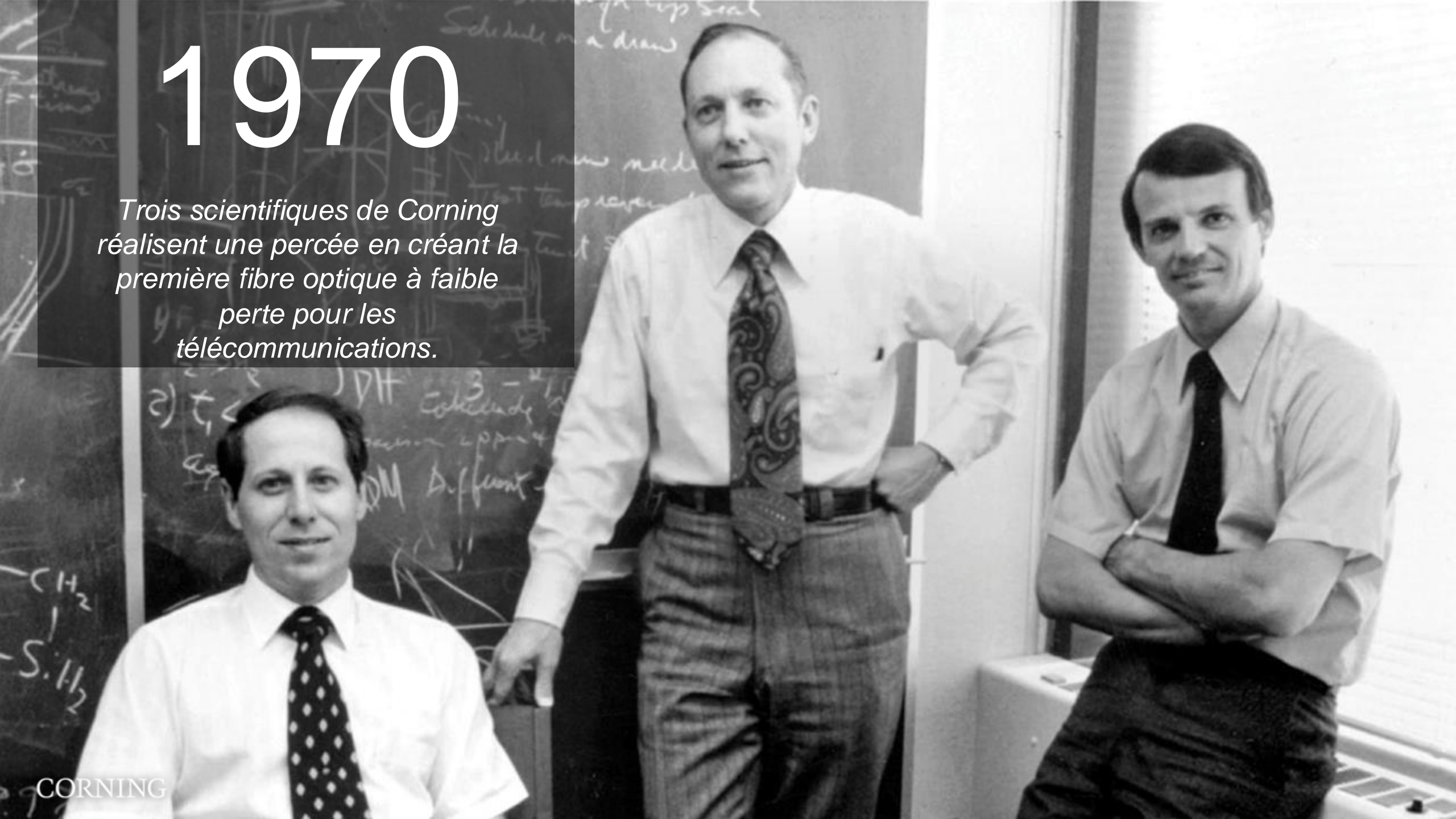


La fibre au fil des ans

Depuis plus de cinq décennies, les innovations de Corning en matière de fibres optiques ont révolutionné la façon dont le monde communique et se connecte.

1970

*Trois scientifiques de Corning
réalisent une percée en créant la
première fibre optique à faible
perte pour les
télécommunications.*



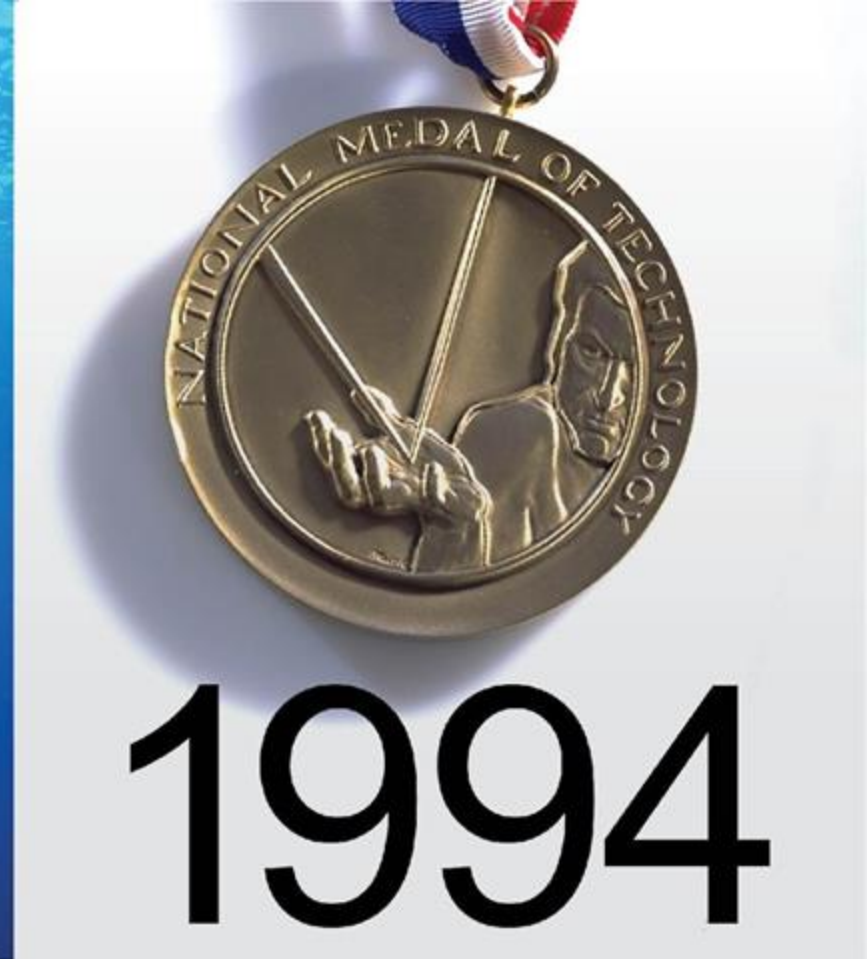


La fibre monomode de Corning est utilisée pour le premier réseau longue distance, reliant New York à Washington, D.C.

CORNING



Corning fait passer les connexions sous l'eau, en offrant des performances à faible perte pour les réseaux sous-marins.



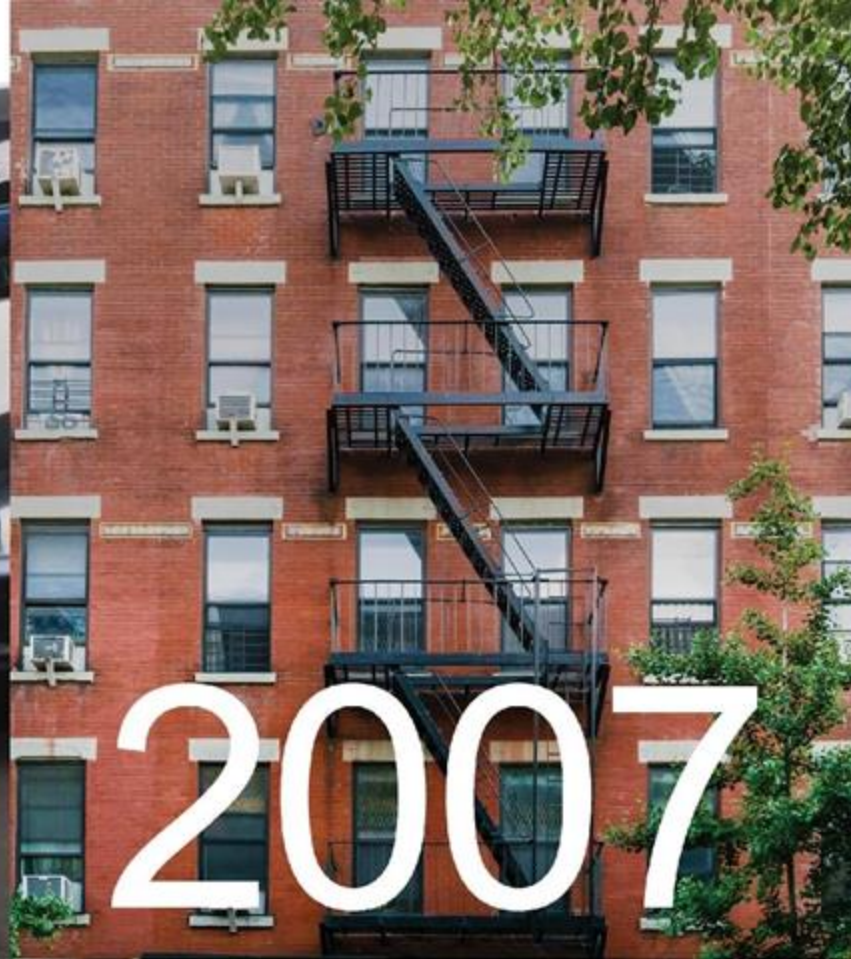
Corning reçoit la médaille nationale de technologie des États-Unis pour ses inventions qui changent et améliorent la vie.





1998

La fibre optique longue distance Corning® LEAF® aide les réseaux à se connecter plus loin et plus vite.



2007

La fibre optique insensible aux courbures Corning® ClearCurve® change fondamentalement la façon dont la fibre est déployée, en aidant à amener la fibre dans les maisons.



2015

Corning introduit la fibre optique SMF-28® Ultra 200, une fibre de plus petit diamètre permettant une densité plus élevée et offrant les attributs de courbure et de faible perte de la fibre SMF-28® Ultra.



2017

Corning remporte un Emmy® de technologie et d'ingénierie décerné par l'Académie nationale américaine des arts et des sciences de la télévision pour son invention de la fibre optique à faible perte en 1970.

CORNING



2017

Corning livre son milliardième kilomètre de fibre optique.



2018

La fibre Corning® TFX® permet d'augmenter la capacité face à la limite de Shannon.



Corning célèbre le 50ème anniversaire de l'invention de la fibre optique à faible perte.

CORNING

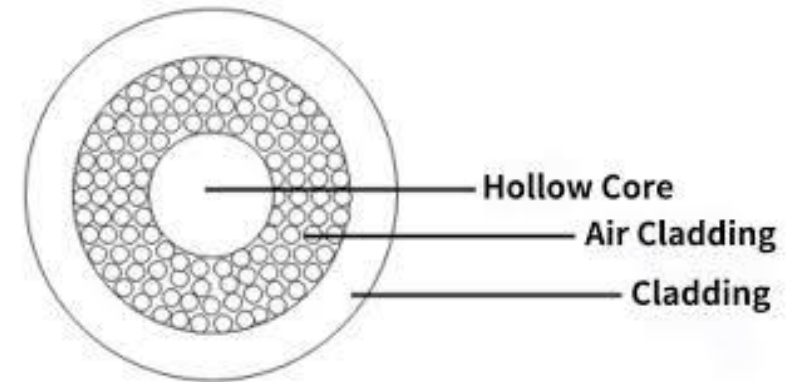
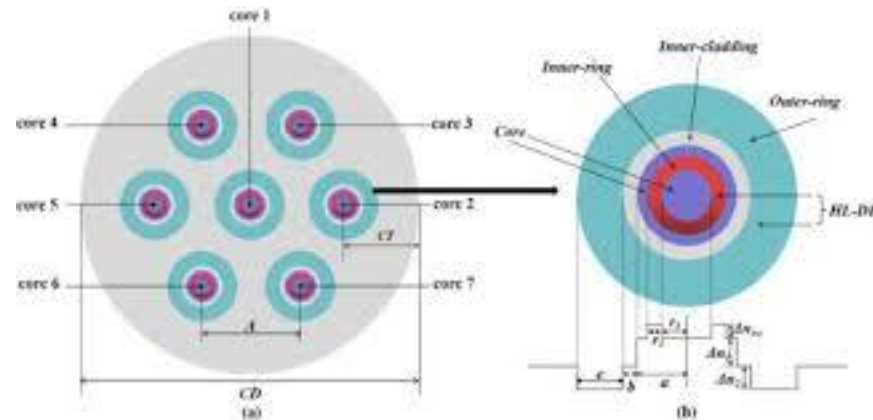


Corning présente la fibre optique SMF-28® Contour, une combinaison inédite de résilience à la courbure ITU-T G.657.A2, de diamètre de champ de mode de 9,2 microns et de faible perte à la pointe de l'industrie.



Les inventeurs Corning de la fibre insensible aux courbures sont intronisés au National Inventors Hall of Fame (temple de la renommée des inventeurs).

L'avenir de la fibre



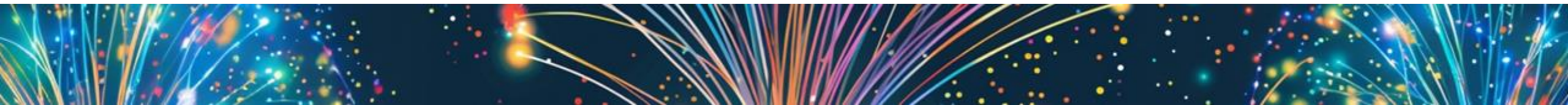
Pour en savoir plus sur les innovations de Corning en
matière de fibres optiques, visitez le site
www.corning.com.

PRESENTATION DU GUIDE

« La fermeture du réseau cuivre dans le parc immobilier existant »

Didier CAZES

Chargé de missions
Cercle CREDO





**La fermeture du réseau cuivre
dans le parc immobilier existant**

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

Un parcours immersif dans le chantier de l'arrêt du cuivre



- **À qui s'adresse ce guide et quel en est son ambition ?**
 - 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;
 - Outil pédagogique et informel, c'est un recueil de recommandations technologiques et de propositions de solutions garantant le maintien des services existants via le tout IP sur la fibre;
- **Le champ d'application de ce guide ?**
 - 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;
 - 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;



(source Cazes-conseil)

Un parcours immersif dans le chantier de l'arrêt du cuivre

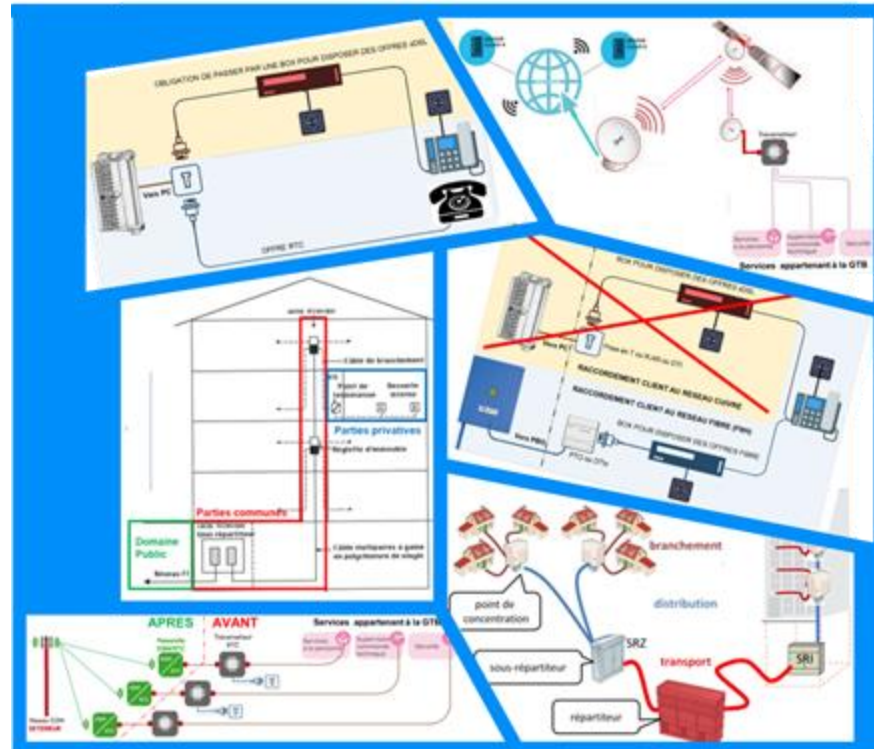
- Lever les freins à la réussite d'un tel projet passe par une connaissance précise du chantier et la maîtrise de chacune des étapes de sa mise en œuvre et ses conséquences

LA BL CUIVRE, C'EST QUOI ?

LE PLAN DE FERMETURE DU
RESEAU CUIVRE ...

LE POURQUOI D'UNE
MIGRATION DU CUIVRE
VERS LA FIBRE ...

LE PRÉREQUIS À LA
FERMETURE TECHNIQUE
DU CUIVRE



LES SERVICES SUPPORTÉS PAR
LE RÉSEAU CUIVRE
CONCERNES PAR L'ARRET

QUELS IMPACTS TECHNIQUES
DE LA MIGRATION DES USAGES
?

MIGRATION DES SERVICES
DEDIES AUX PARTIES
PRIVATIVES

MIGRATION DES SERVICES DE
LA GESTION TECHNIQUE DU
BATIMENT

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



- **Merci aux nombreux contributeurs ...**
50 experts faisant partie de **29** organismes
et entreprises.

... et si nous continuions ?

TÉLÉCHARGER
↓↓↓



TABLE-RONDE « C'était comment avant la fibre dans les réseaux d'accès ? »



Christophe Levrel

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



Antoine Jourdan

Sous-directeur des communications électroniques et des postes **DGE**



Corinne Di Fant

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



Olivier Safar

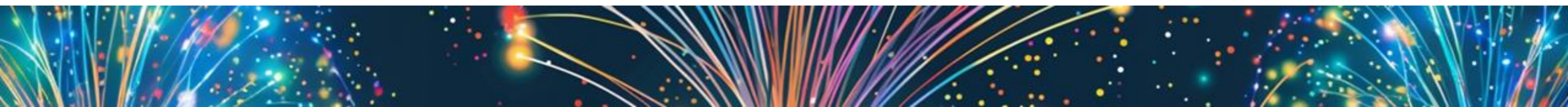
Président **UNIS IDF** (Union des syndicats de l'immobilier)



Participez

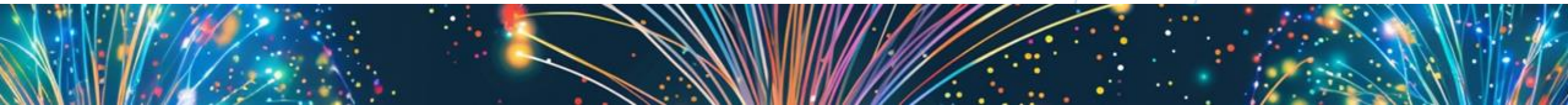
Slido.com

Code : **#30ans**



DEUXIÈME CONFÉRENCE
15h15 à 16h40

**« La fibre optique, support idéal
pour tous les réseaux »**



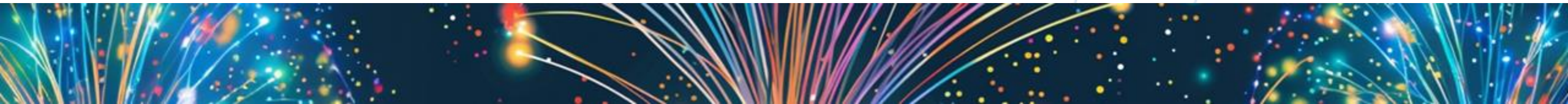


Participez
Slido.com
Code : #30ans



« Quatre sujets clés qui façonneront l'industrie des télécommunications »

Benoît Felten
Associé
PLUM Consulting



Qui sommes nous ?

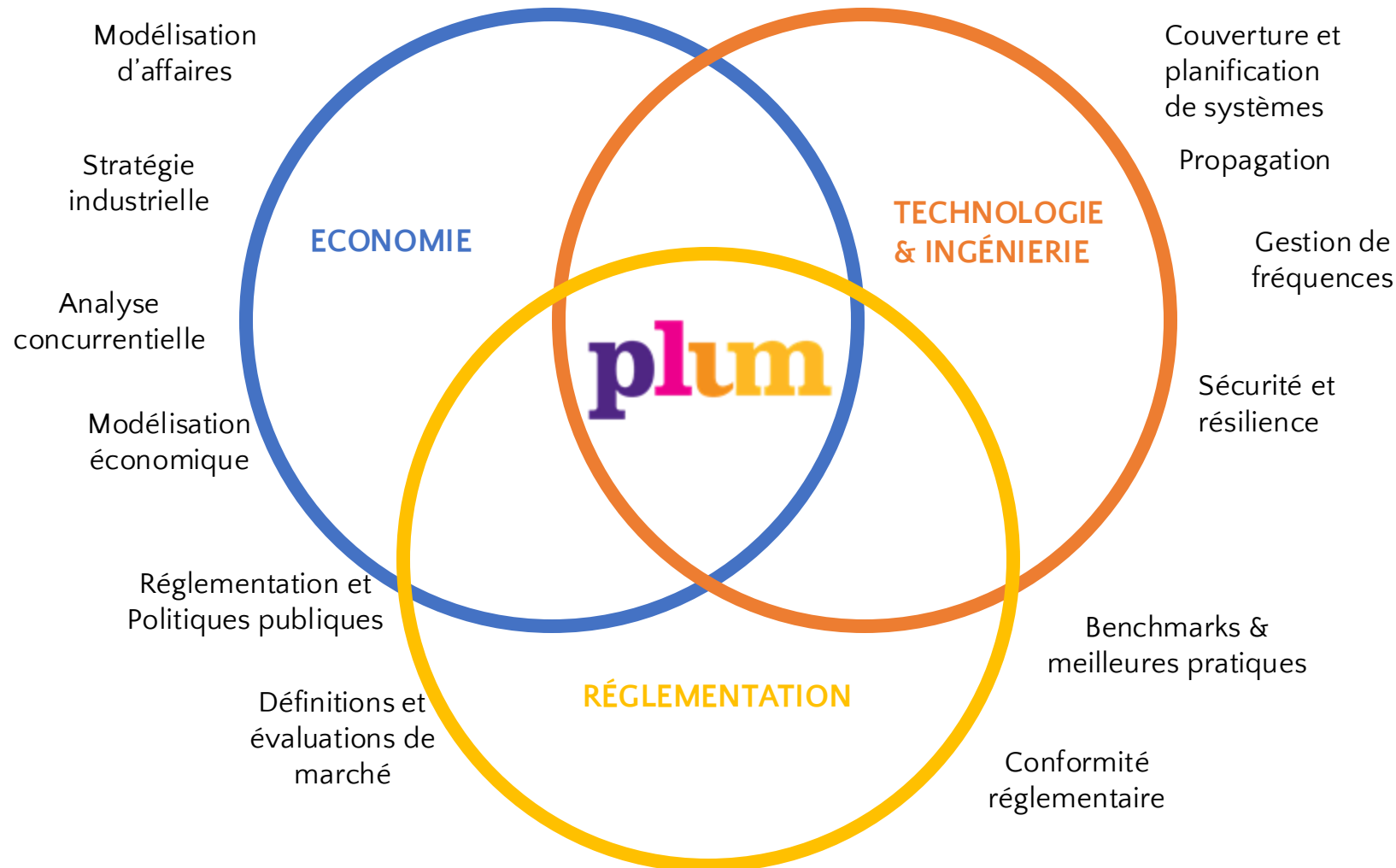
Plateformes
Numériques

Plateformes de
Télécommunications

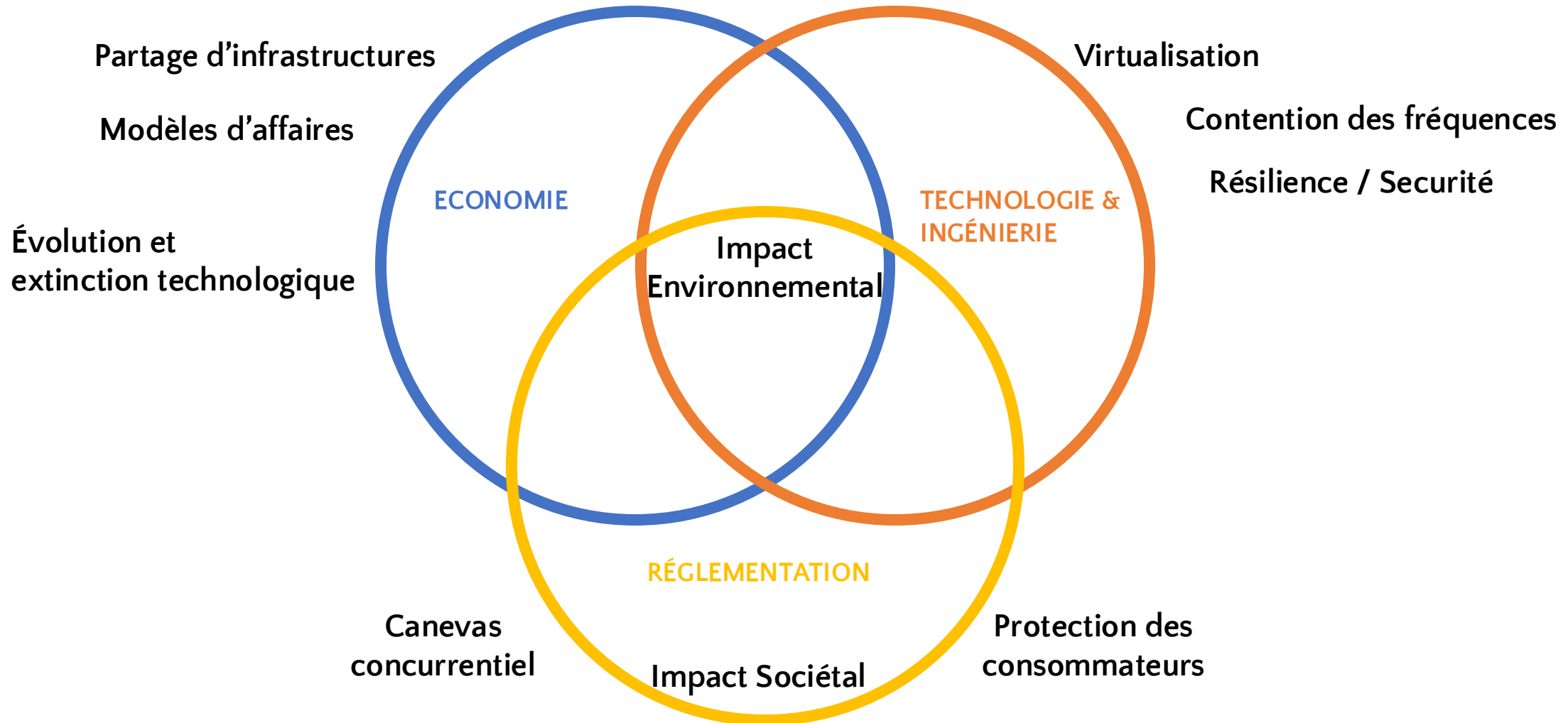
Fixe

Mobile

Satellite



Problématiques Clés



- De nombreux opérateurs, particulièrement des opérateurs historiques (mais pas que) se plaignent de marges trop faibles et d’investissements trop coûteux.
- C’est en partie le résultat du décalage entre l’horizon temporel de l’infrastructure et celle des attentes des investisseurs
- C’est aussi la conséquence de l’inefficacité des opérateurs à remplir les réseaux déployés en vendant des abonnements (5G, FTTH, etc.)
- Quelles perspectives d’évolution au regard d’une demande en débits dont la croissance s’aplatit?
- Il y a peu ou pas d’innovation chez les opérateurs, qu’elle soit tarifaire, de services, etc.

ÉCONOMIE

TECHNOLOGIE & INGÉNIERIE

- Les équipements réseau sont de plus en plus pilotés par des logiciels plutôt que de voir leurs fonctions codées en dur.
- Ces développements permettent des économies d'opération et de maintenance ainsi qu'une plus grande flexibilité.
- Ils permettent l'ouverture des réseaux, même si l'impact économique de cette dernière reste à démontrer.
- Ils demandent également une refonte totale des fonctions télécom et SI de l'entreprise, et des compétences très différentes.
- Une des conséquences est l'externalisation de fonctions réseau auprès d'acteurs du cloud.

RÉGLEMENTATIO N

- Le canevas concurrentiel est largement dépendant de la réglementation. En Europe il est fondé sur la concurrence avec une réglementation des acteurs en position de dominance pour assurer la viabilité de la concurrence. Ce dogme a récemment été remis en cause.
- Ailleurs (marchés émergents, USA) le marché est dominé par un petit nombre d'acteurs en situation de domination géographique, avec une meilleure concurrence mobile que fixe.
- Enfin, dans quelques marchés particuliers (Singapour, Nouvelle-Zélande, Malaisie), le choix est de sanctuariser des infrastructures uniques partagées, dans un modèle sans concurrence au niveau de l'infrastructure.

Impact Environnemental

- La mise en place de télécoms durables (sustainability) est au coeur de l'ensemble de ces problématiques et sans doute un des éléments clés qui façonnera les reseaux de demain.
- En pratique, on reste principalement au niveau de la vertu ostentatoire (virtue signalling) avec des perspectives limitées de voir réduire l'empreinte carbone du secteur.
- Certaines des questions clés à court terme sont:
 - Comment augmenter la durée de vie des terminaux (téléphones mobiles, routeurs, noeuds de réseau, etc.)?
 - Comment gérer la contradiction entre concurrence par l'infrastructure et développement durable?
 - Comment envisager l'évolution/adoption de nouvelles technologies au vu de leur impact environnemental?
 - Quel rôle pour la réglementation dans l'encouragement de pratiques durables?

Conclusions

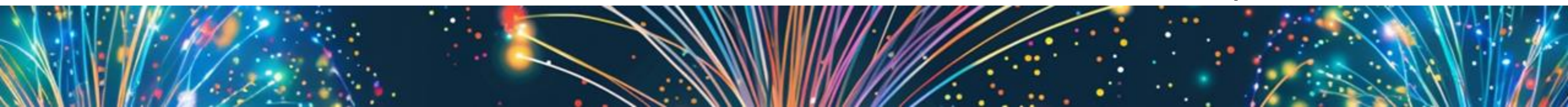
- L'industrie des télécoms a des décisions difficiles à prendre pour assurer son avenir.
- Ce sont des changements de technologies, de modèles d'affaires, de compétences et de structures qui permettront à certains de prendre l'ascendant.
- Notre secteur rend possible l'innovation numérique, mais est parallèlement extrêmement conservateur et frileux face au changement.
- Qui sont les dirigeants visionnaires qui sauront convaincre leurs actionnaires et leurs équipes de la nécessité du changement ?



Benoit Felten
Associé



www.plumconsulting.co.uk





Participez
Slido.com
Code : #30ans



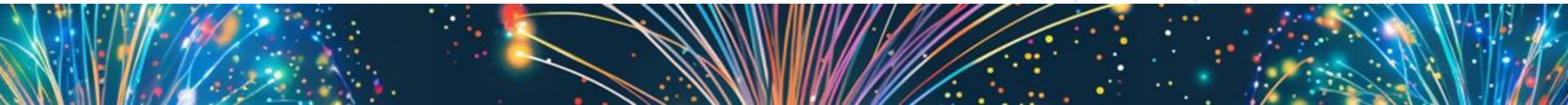
« Les réseaux sous-marins : des infrastructures vitales »

Carine Romanetti

Directrice du département Infras/Submarine

Orange OINIS

(Orange International Networks
Infrastructure and Services)





Présentation du guide Cercle CREDO « **La résilience des réseaux FttH** »

Jacques Poléni
Délégué général
Cercle CREDO

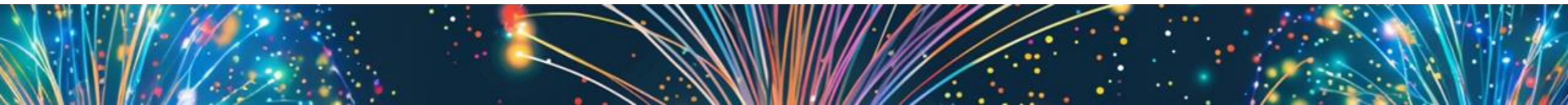
TÉLÉCHARGER
↓↓↓

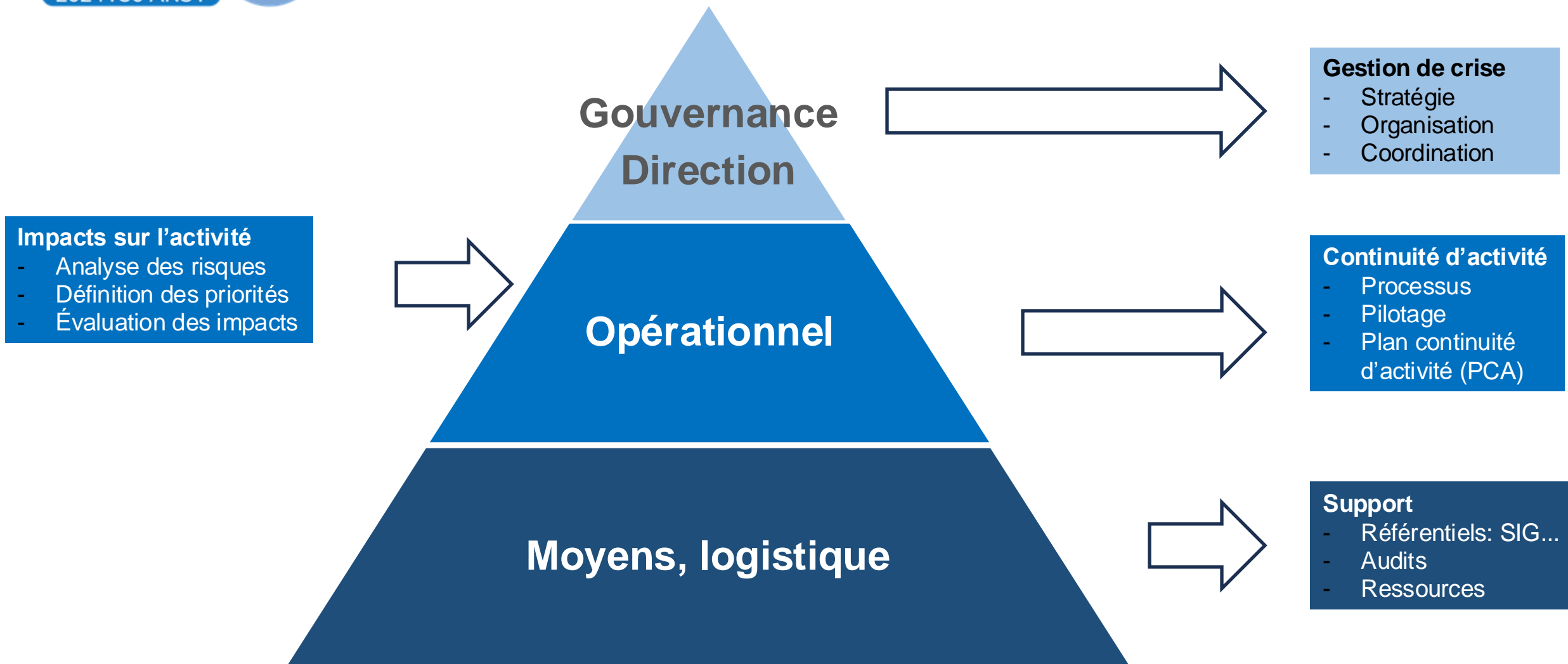


La résilience selon le Cercle CREDO



*« Capacité de résistance et
d'absorption des défaillances sans
perte majeure de fonctionnalités et
avec une restauration rapide du
service, totale ou partielle »*



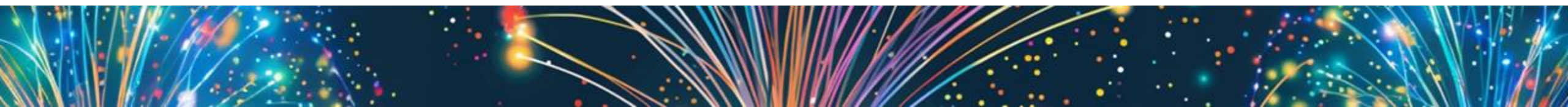


(Source Cercle CREDO)





- ③ TYPE DE RISQUES
- ④ LES CONSTATS
 - 4-1 CONSTATS GÉNÉRAUX
 - 4-2 CONSTATS CONCERNANT LES INFRASTRUCTURES AÉRIENNES
 - 4-3 CONSTATS CONCERNANT LES INFRASTRUCTURES SOUTERRAINES
- ⑤ LES ENJEUX
- ⑥ LES RÉPONSES AUX ENJEUX
 - 6-1 LES INFRASTRUCTURES AÉRIENNES : L'ENFOUISSEMENT MAIS PAS SYSTÉMATIQUEMENT
 - 6-2 LE RÉSEAU DE COLLECTE : LE BOUCLAGE DES NRO
 - 6-3 L'INFRASTRUCTURE
 - 6-4 LA MAINTENANCE PRÉVENTIVE
 - 6-5 DES INFRASTRUCTURES (ENCORE) PLUS RESPONSABLE DEMAIN ?
- ⑦ LA CONTRIBUTION À LA MISE EN PLACE D'UN SCHÉMA LOCAL DE RÉSILIENCE
- ⑧ LES ASPECTS ÉCONOMIQUES



CONSEILS À RETENIR

- La résilience sera toujours la résultante de 3 composantes :
 - L'architecture et l'ingénierie mises en œuvre,
 - La qualité des matériaux (normes, obsolescence, ... ;
 - La qualité du déploiement ;
- La résilience se mesure à partir de l'impact des aléas sur le réseau : criticité ou nombre de sites touchés, occurrence, durée de l'interruption de service ;
- Le schéma de résilience doit être propre à chaque réseau, en fonction des risques ;
- La réponse sera toujours un équilibre entre les objectifs prioritaires et les capacités d'investissements ;
- Le schéma de résilience doit anticiper les évolutions du réseau.

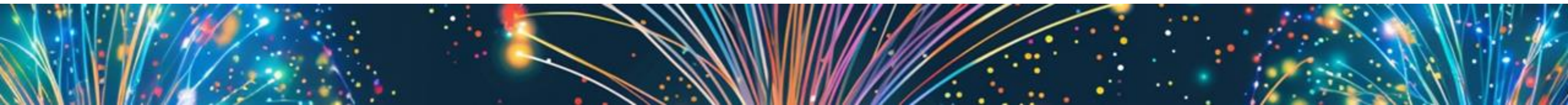


TABLE-RONDE « Les grands réseaux nationaux et internationaux en fibre optique »



Tony Cavelier

Directeur général en charge de l'exploitation **Altitude Infra**



Eric Debiard

Senior Consultant EMEA Sales **Ciena**



Christophe Lancrey-Javal

VP Sales **EXA Infrastructures**



Eric Cluzeau

Directeur du Développement Stratégique **Orange Events**



Jean-Gabriel Philibert

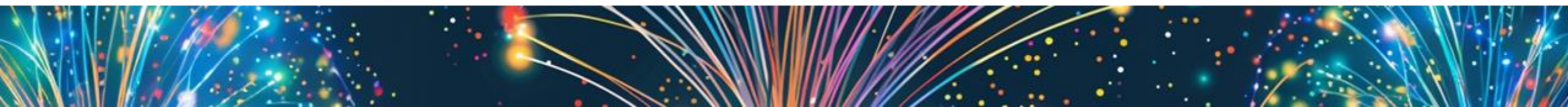
Responsable de division d'ingénierie **SNCF Réseau**



Participez

Slido.com

Code : **#30ans**





Participez
Slido.com
Code : **#30ans**



LES JEUX DE PARIS 2024



Eric Cluzeau

Directeur du Développement Stratégique
Orange Events



Tous besoin d'être connectés



Infrastructure tout IP

Transport des Images

Réseau Terrain de Jeu

Connectivité Internet

Services de
Télécommunication





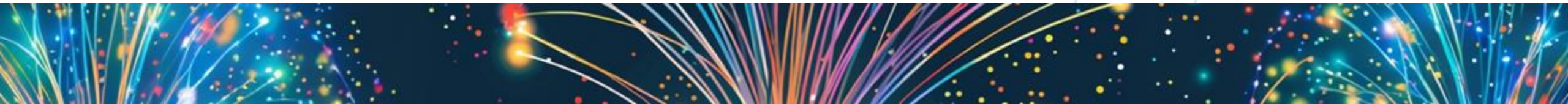
Participez
Slido.com
Code : **#30ans**



Christophe Lancrey-Javal

VP Sales France

EXA Infrastructures

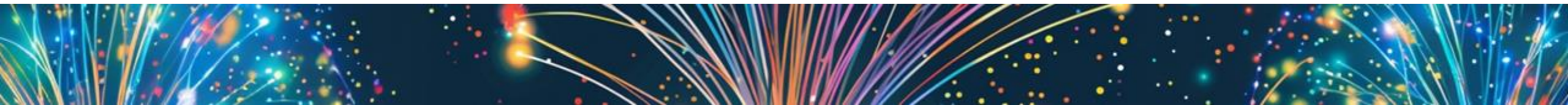




16h40

Pause

RENDEZ-VOUS AVEC LES PARRAINS DE L'ÉVÉNEMENT





Participez
Slido.com
Code : #30ans



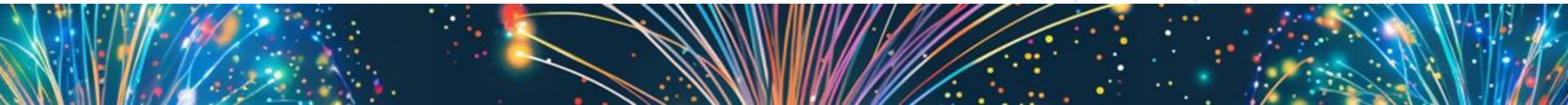
« Retour sur l'histoire du Cercle CREDO depuis 1994 »

Questions à :

Claude Richard

Chargé de Missions

Cercle CREDO





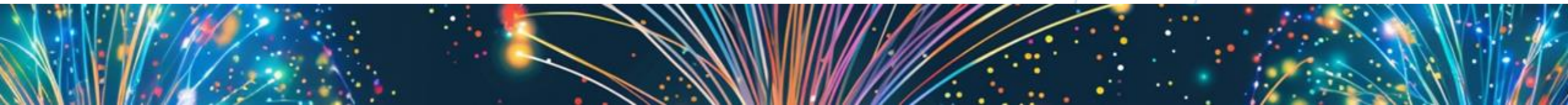
Participez
Slido.com
Code : #30ans



« Retour sur l'histoire du Cercle CREDO depuis 1994 »

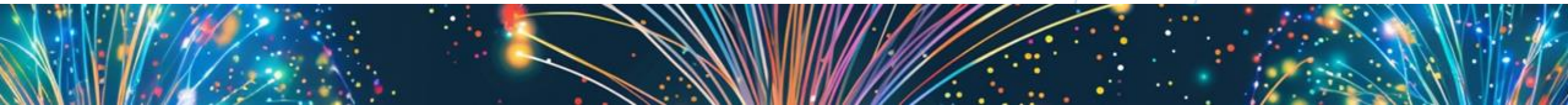
VOIR LA VIDÉO EN LIGNE :

https://www.youtube.com/watch?v=_E9Nsrc00xA



TROISIÈME CONFÉRENCE
17h10 à 18h30

**«Les fibres et réseaux optiques
de demain »**





Participez
Slido.com
Code : #30ans

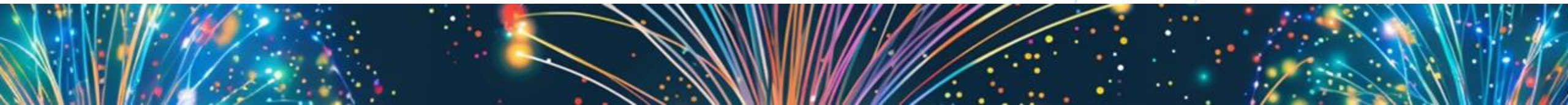


« Quelle(s) fibre(s) optique(s) demain ? »

→ ITU-T G.654.E

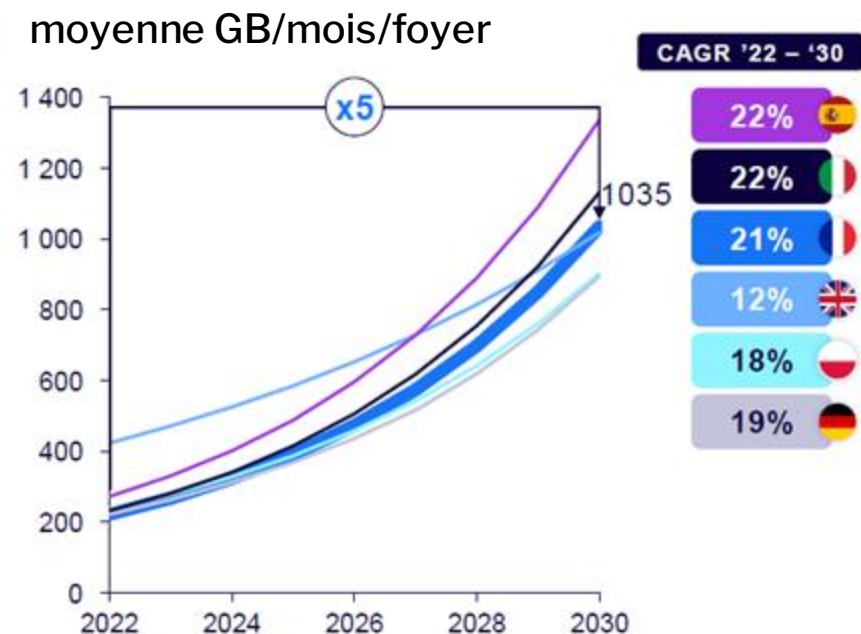
La fibre adaptée aux réseaux terrestres longues distances

Kevin Lengle, Ph.D.
Référent Marché France
Acome

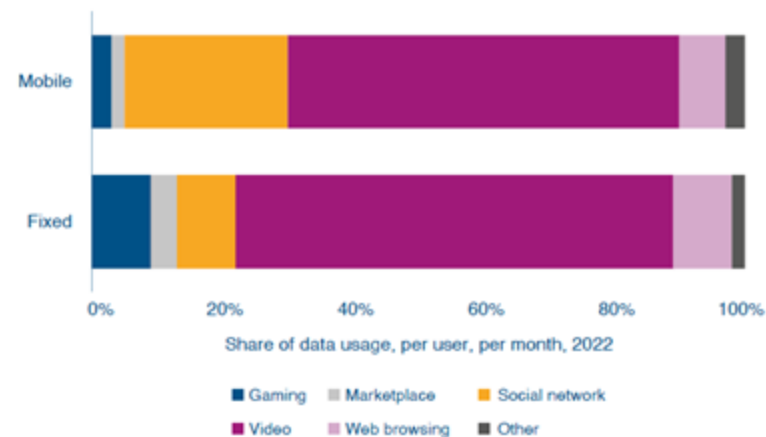


Le FTTH est à l'origine d'une croissance sans précédent du trafic de données

Les pays occidentaux sont de plus en plus consommateurs de données



Source ADL Jan 2024



Source: ETNO, ADL, Jan 2024

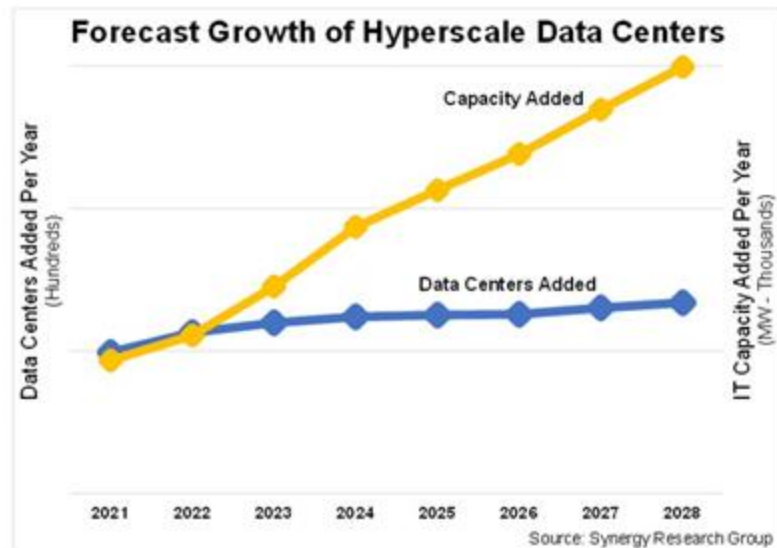
✓FTTx, vidéo à la demande, gaming, réseaux sociaux, IA
▮ besoins croissants de bande passante et de volumes de données

✓2024-2030: 500 à 800 GB additionnels /mois/foyer

Besoin croissant de liens grosses capacités (400+ Gb/s)

Evolution des besoins long-haul

La capacité des datacenters hyperscale va nettement augmenter d'ici 2030

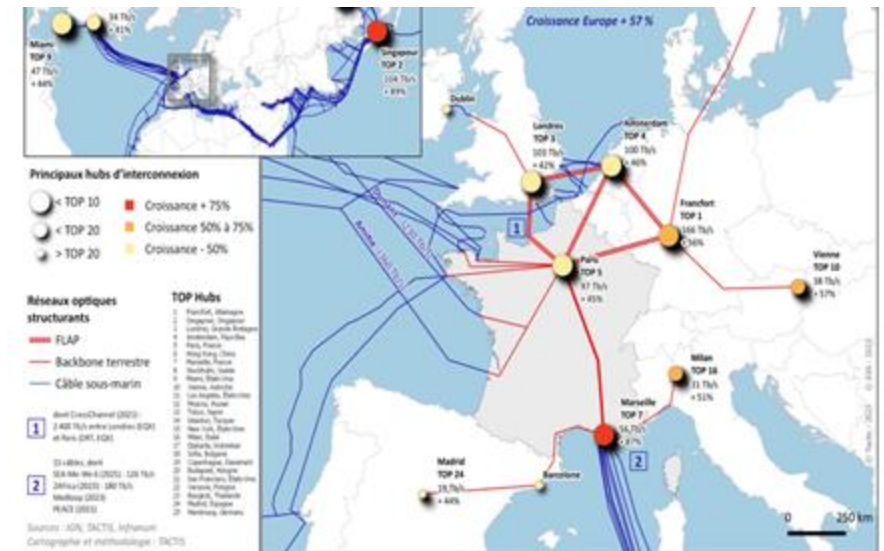


Oct. 2023

✓ In 2024 \square 314
DC Hyperscale en développement
✓ ~10 gros HUBs en EU
tous avec une croissance de 50 à 75%

Source IGN, Tactis 2024

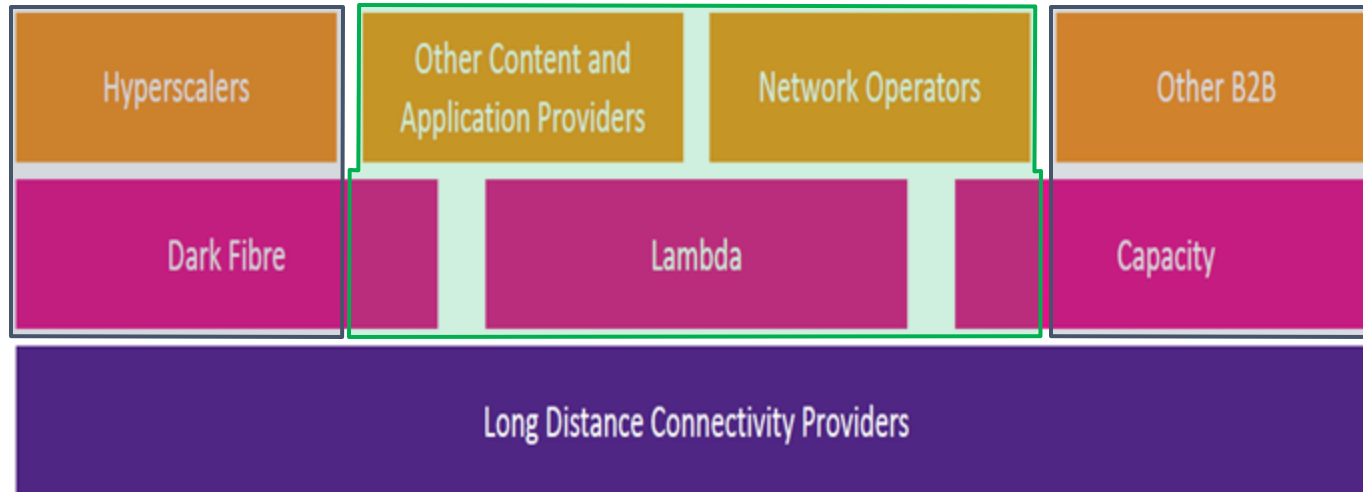
De gros hubs en EU



Disponibilité électricité conditionne taille et emplacement des nouveaux DCs

Business model du marché long-haul

Type d'offre



Location traditionnelle de capacité ou de longueurs d'ondes mais transition vers les fibres noires

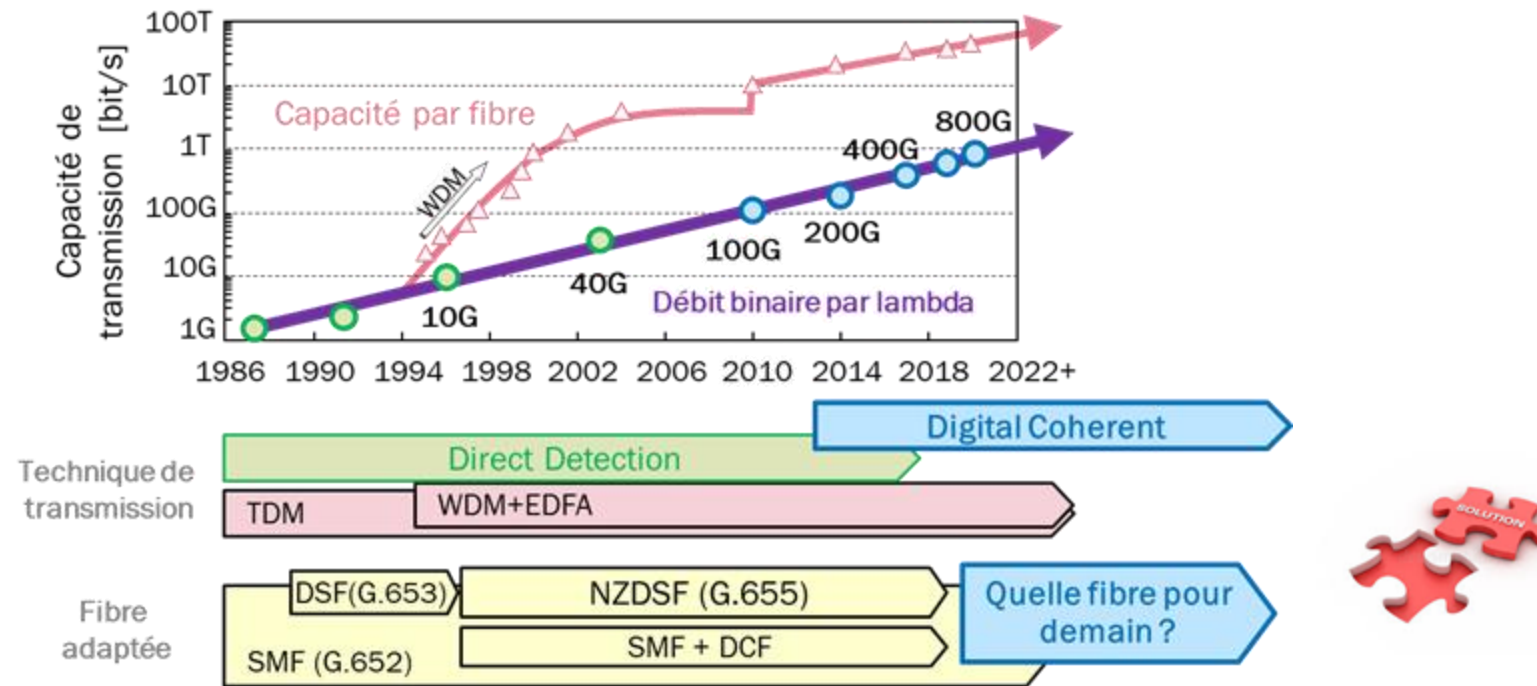


Fibres noires le plus souvent sous contrats IRU (Droit d'utilisation irrevocable)

☐ Maîtrise du lien et des actifs

Le besoin croissant de fibres noires interroge sur le choix de la fibre optique à déployer dans les infrastructures pour répondre aux besoins futurs

Choisir la bonne technologie pour répondre aux besoins



Pour augmenter le débit transmis, la fibre G.652.D et DWDM ne suffisent plus
Fin d'un cycle sur les progrès électroniques (FEC, DSP compensation dispersion et effets NL)
→ Besoin de valeurs ajoutées amenées par la fibre

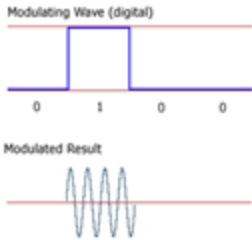
Choisir la bonne technologie

Augmenter l'efficacité spectrale des formats de modulation

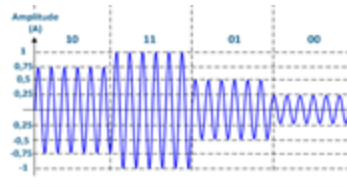


Encodage sur toutes les grandeurs physiques de la lumière : amplitude, phase et polarisation

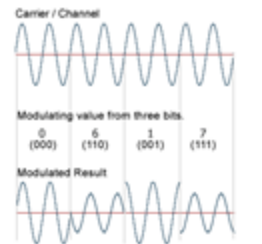
Transmission optique cohérente



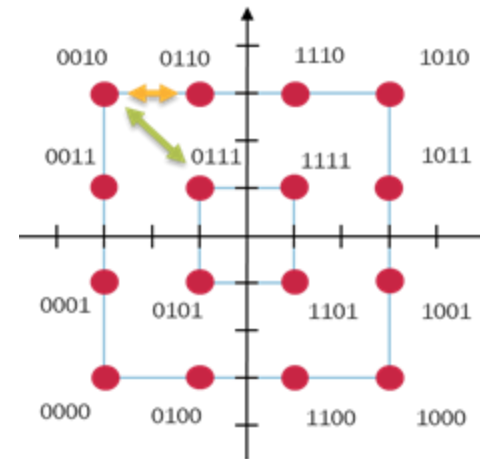
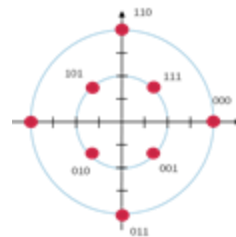
Ampl. mod.
M=1



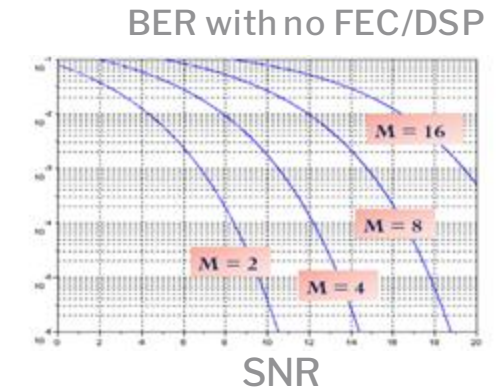
Ampl. mod.
M=4



Phase & Amp
mod.
M=8



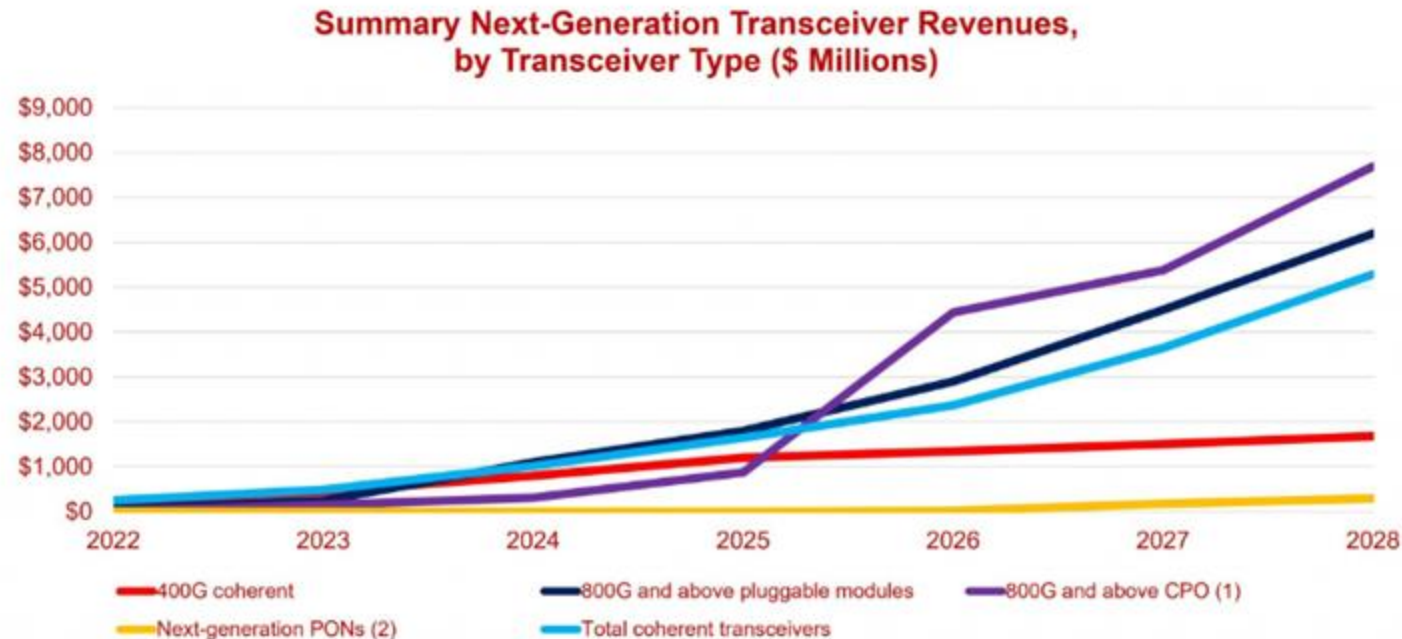
Phase & Amp
mod.
M=16



FEC et DSP sont en limite de 3e gen. pour correction amplitude & phase

Plus l'ordre de modulation est élevé, plus l'OSNR nécessaire est important

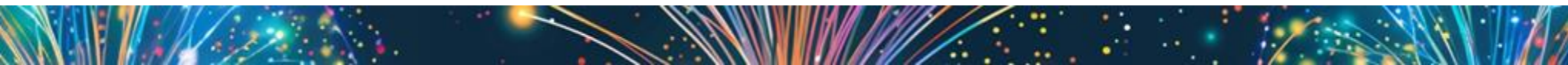
Croissance significative du marché des transceivers cohérents ultra haut débit (>400Gb/s)



Source CIR & LightCounting , 2023

L'adoption des transceivers cohérents 800G pourrait être tangible dès 2025

Un marché doublant entre 2026 et 2028 pour atteindre 5,4 milliards de dollars.



La fibre ITU-T G.654.E



Meilleure candidate actuelle pour les liens terrestres long-haul ultra haut débit

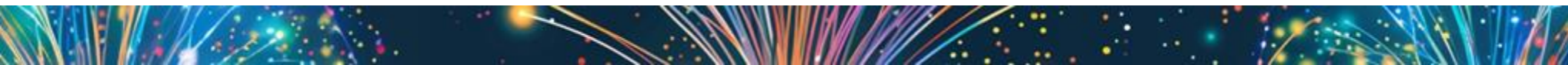
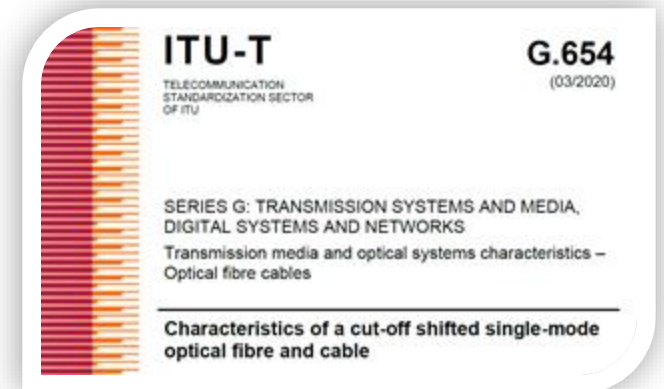
- Famille des G.654 [A-D] déjà largement déployées dans les liaisons sous-marines sur des distances trans-océaniques

- Fibre ITU-T G.654.E :

- **Coefficient d'atténuation très faible**

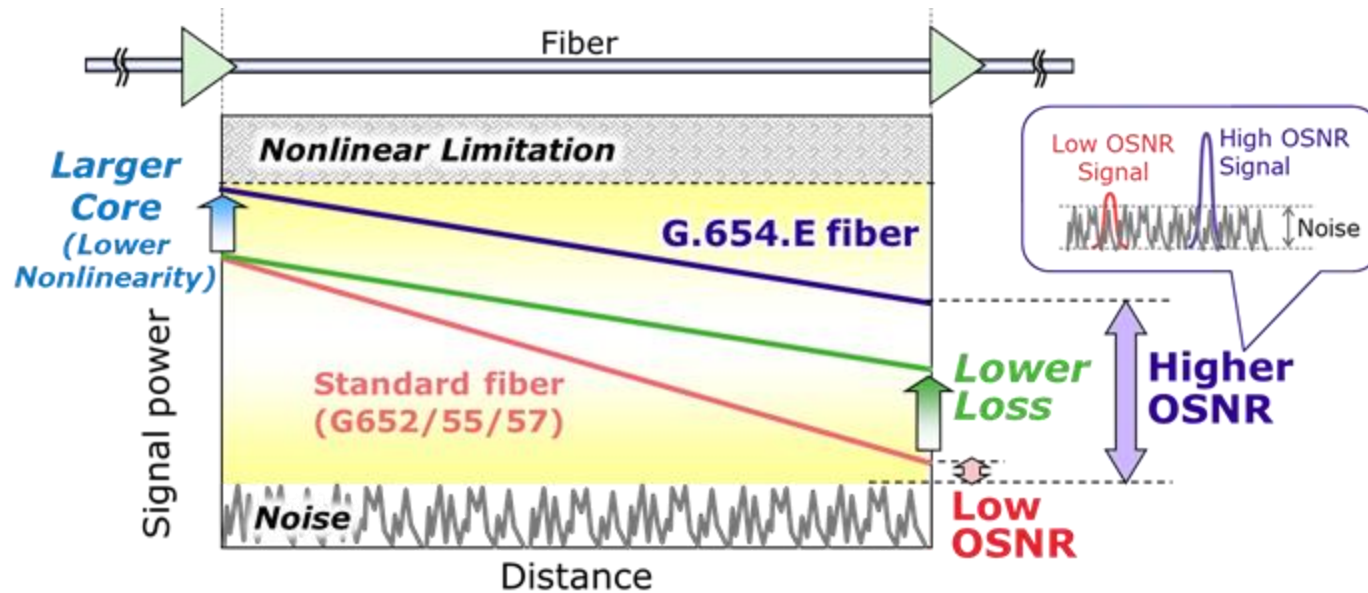
- **Grande aire effective vs G.652.D**

- Conçue pour plage climatique plus importante adaptée au terrestre

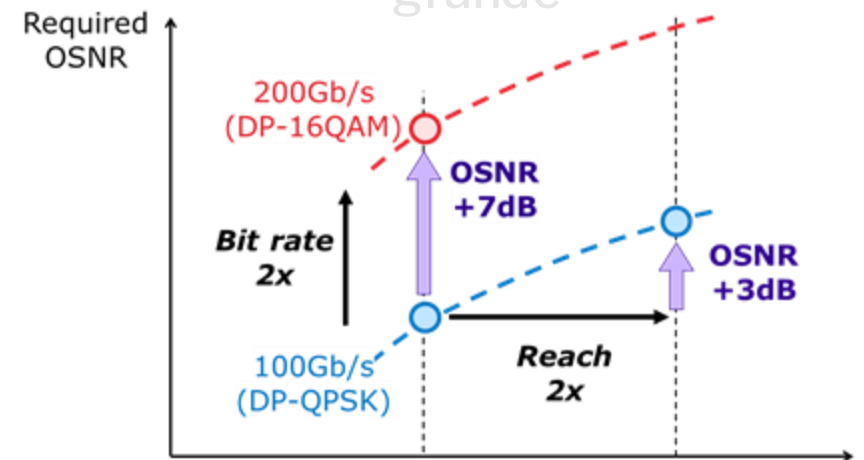


Choisir la bonne technologie

L'amélioration du SNR doit provenir du média de transmission



Un meilleur OSNR permet un débit plus élevé et/ou une portée plus grande



Fibre G.654.E

Large cœur = plus grande puissance injectée (car moins de non linéarité)
Faible perte = plus grande puissance de

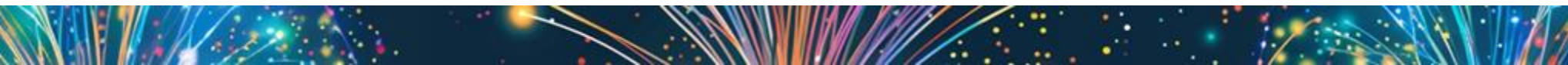
→ Meilleur OSNR

Comparaison avec fibres actuelles

ITU-T Rec.	G.652.D	G.655.x	G.654.E
Type de fibre	SMF Standard	NZDSF	Faible perte Large cœur
MFD [μm]	8,6 - 9,2	8 - 11	11,5 - 12,5
Atténuation fibre (max @1550nm) [dB/km]	<0,27	<0,22	<0,17
Atténuation fibre (typ. @1550nm) [dB/km]	~0,19	~0,2	~0,16
Atténuation (max @1550nm) en câble [dB/km]	<0,4	< 0,35	<0,23
Dispersion @1550 nm [ps/nm/km]	13,3 - 18,6	2,8 - 6,2	17 -23
Pertes macrocourbures (r30mm, @1625nm) [dB/100t]	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Longueur d'onde coupure en câble [nm]	< 1260	< 1450	< 1520

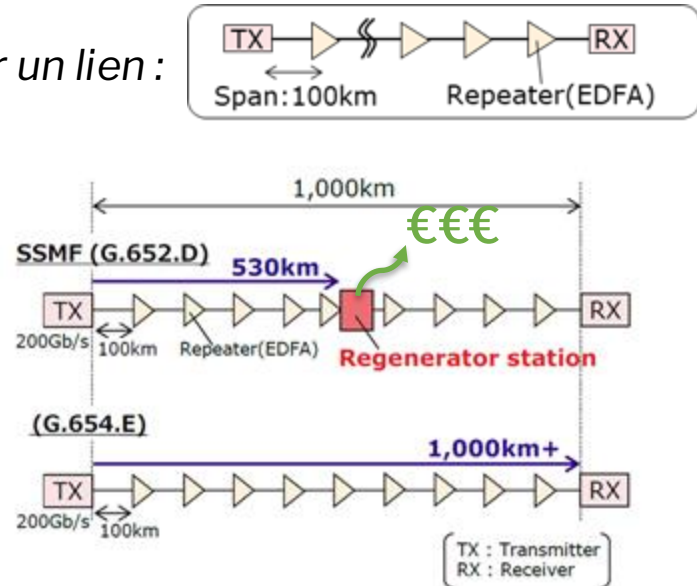
Pertes soudure G.654.E sur G.654.E < 0,02 dB

Pertes soudure G.654.E sur G.652.D < 0,15 dB



G.654.E : une fibre optique mieux adaptée aux communications très haut débit sur de longues distances

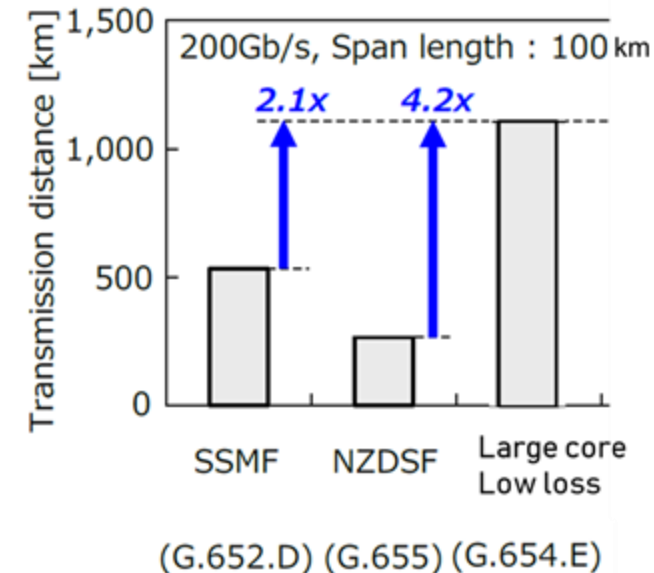
Exemple sur un lien :



Nombre régénérateurs
=

nb canaux DWDM x nombre de FO dans le câble

Longueur du lien sans régénérateur



Source visuels : WP Sumitomo ITU-T G.654.E PureAdvance Fiber, 2023

Réduit le nombre de stations de régénération du signal ▮ baisse CAPEX et OPEX du lien long-haul

Exemples de cas d'usage de la fibre G.654.E

Augmentation des longueurs de transmissions terrestres sans répéteur



Liaison ultra haut débit
($> 400\text{Gb/s}/\lambda$ à l'aide de système cohérent à haute efficacité spectrale en bande C&L [1530-1625nm])

Datacenter interconnect
(metro- / long-haul)



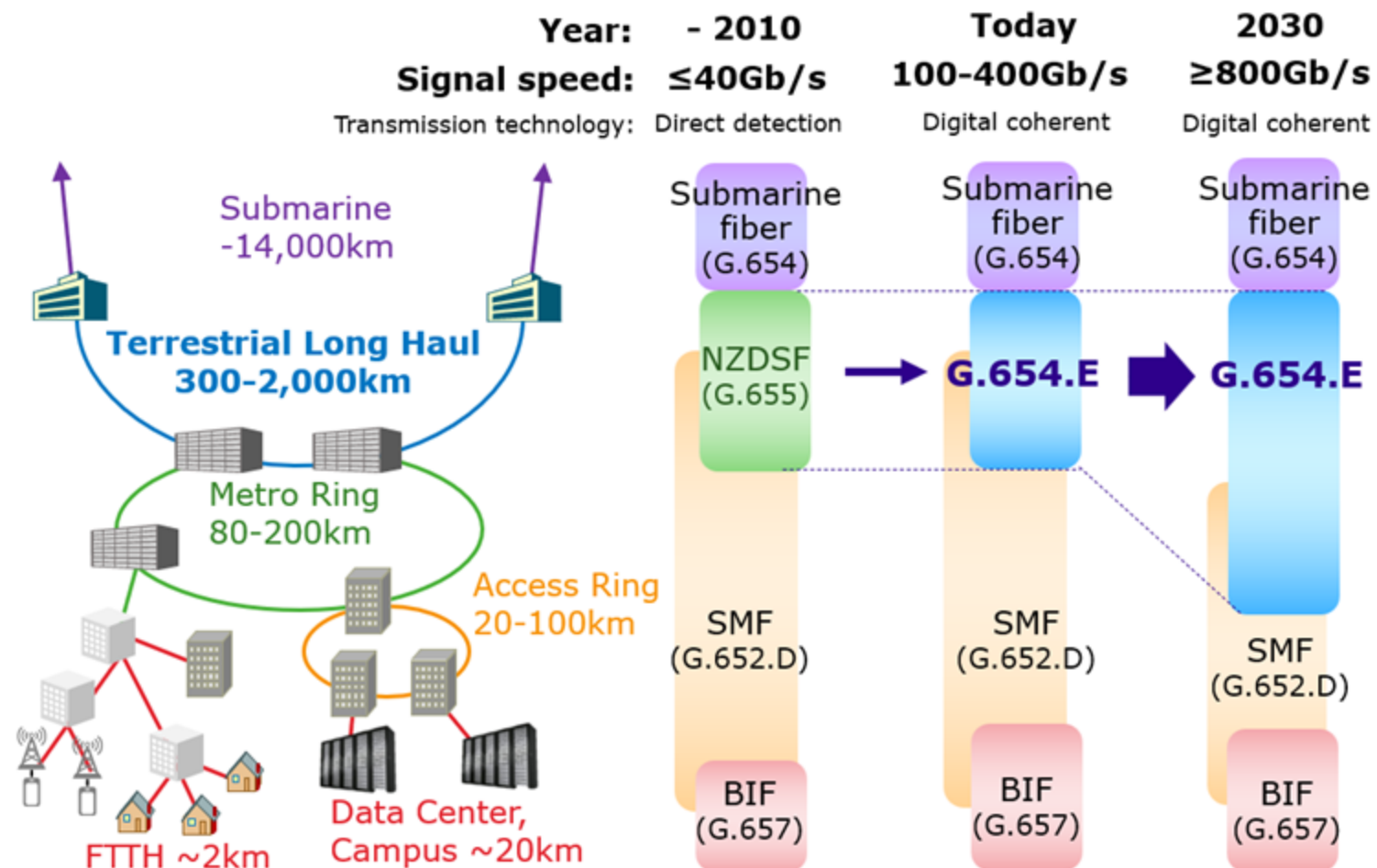
Système de communication de cryptographie quantique

Atterrissage/jonction de câble sous-marin vers lien terrestre long-haul

Ou tout autre système de transmission nécessitant de faibles pertes



Quelle fibre pour quelle section du réseau ?



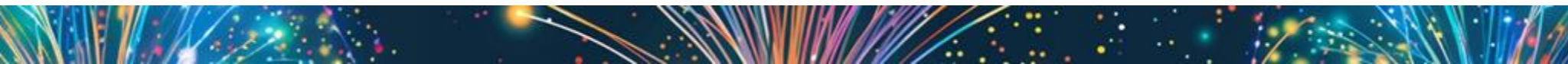
Une fibre optique mieux adaptée aux communications très haut débit sur de longues distances

La fibre ITU-T G.564.E

- ✓ Faible atténuation linéique
- ✓ Grande aire effective du cœur optique

→ Amélioration significative de l'OSNR grâce aux paramètres de la fibre optique

- Adaptée pour les systèmes ultra haut débit et les systèmes cohérents à haute efficacité spectrale (200-400-800+ Gb/s/lambda)
- Augmente les distances de transmissions sans régénération
- Réduit le coût global des liens long-haul terrestres (CAPEX & OPEX)





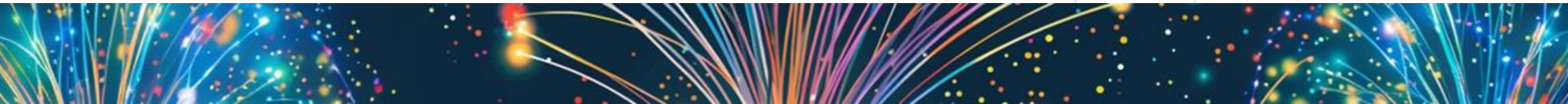
Participez
Slido.com
Code : #30ans



« Quelle(s) fibre(s) optique(s) demain ? »

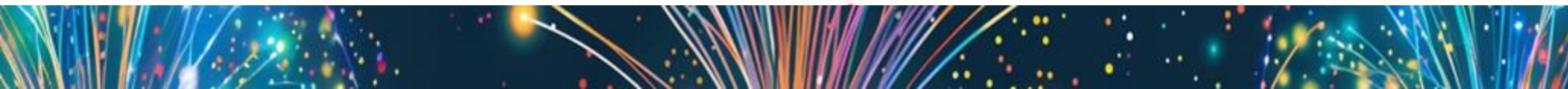
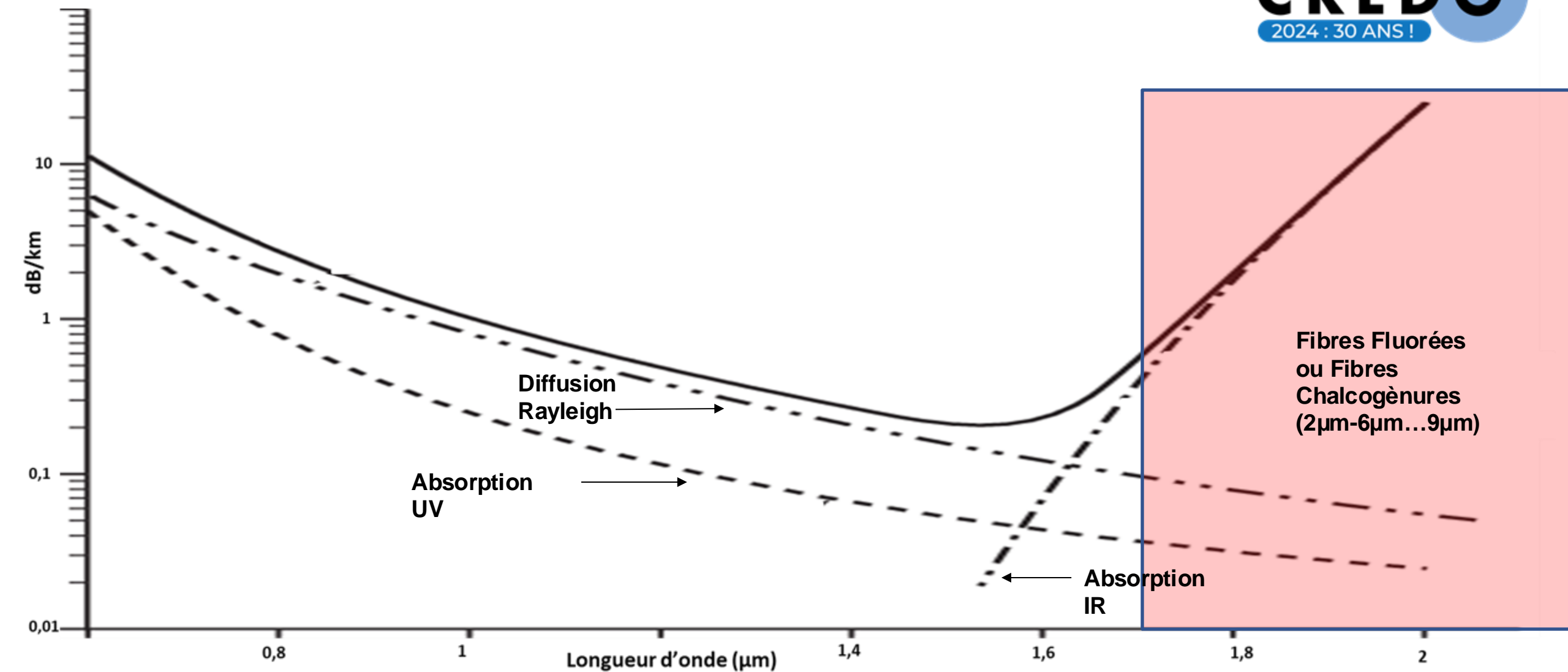
→ Les fibres d'avenir
(MCF, FMF, Hollow core)

Aurélien Bergonzo
Directeur Recherche Innovation
Acome



Les fibres d'avenir

□ Notre terrain de jeu et ses limites intrinsèques



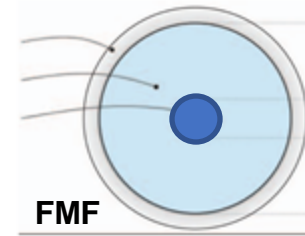
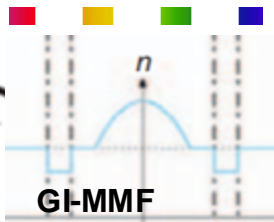
Les fibres d'avenir

□ Comment répondre aux besoins technologiques des réseaux Télécoms?

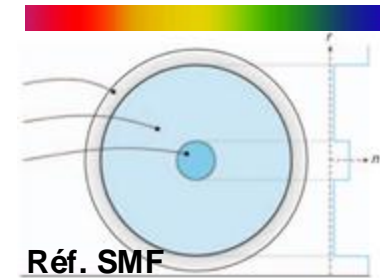


- Capacité

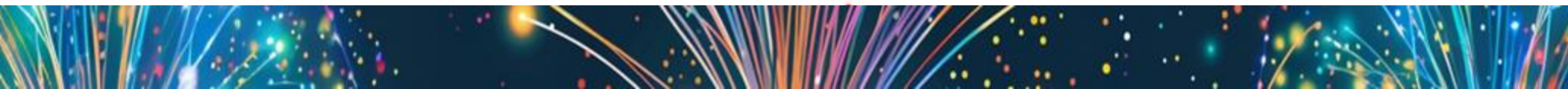
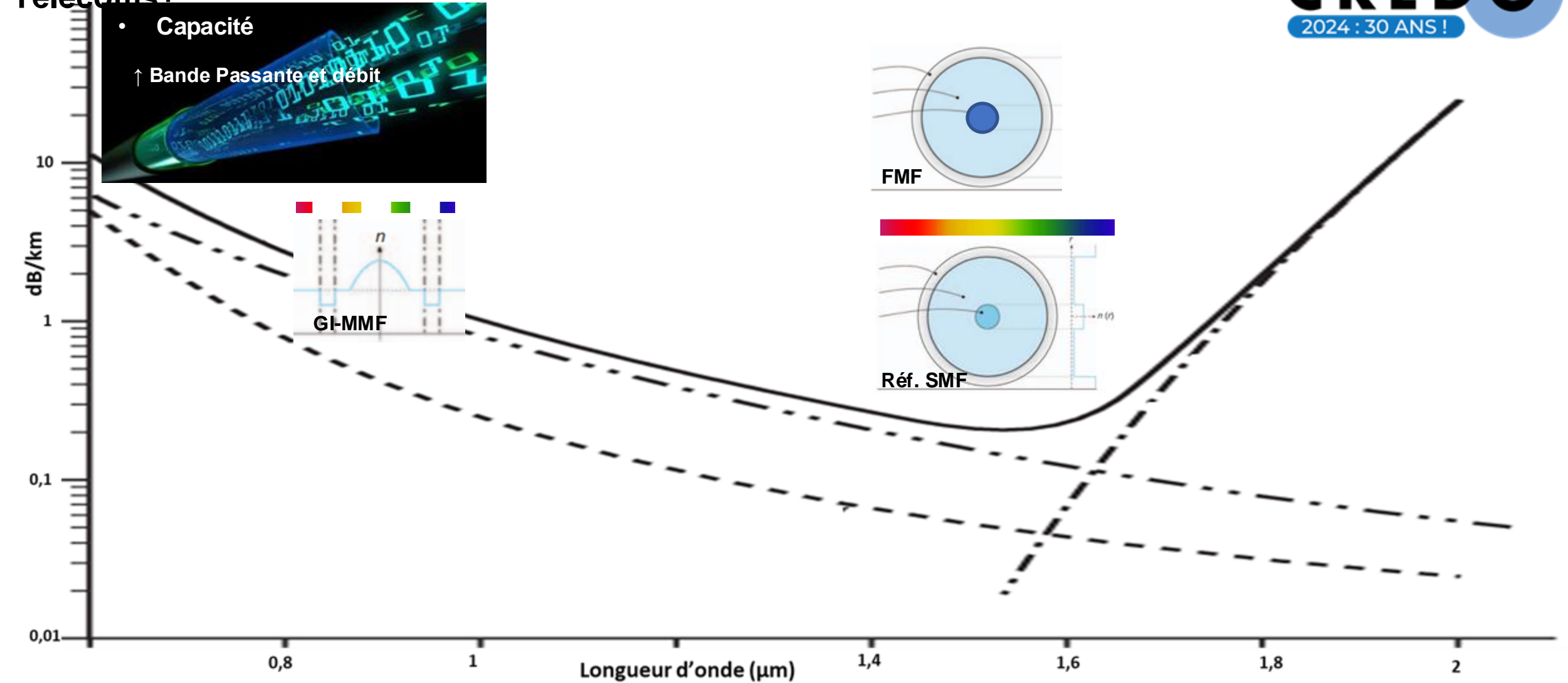
↑ Bande Passante et débit



FMF

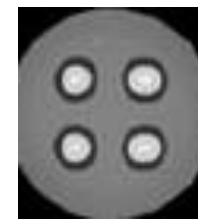


Réf. SMF

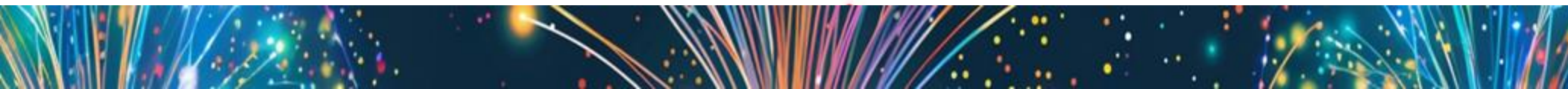
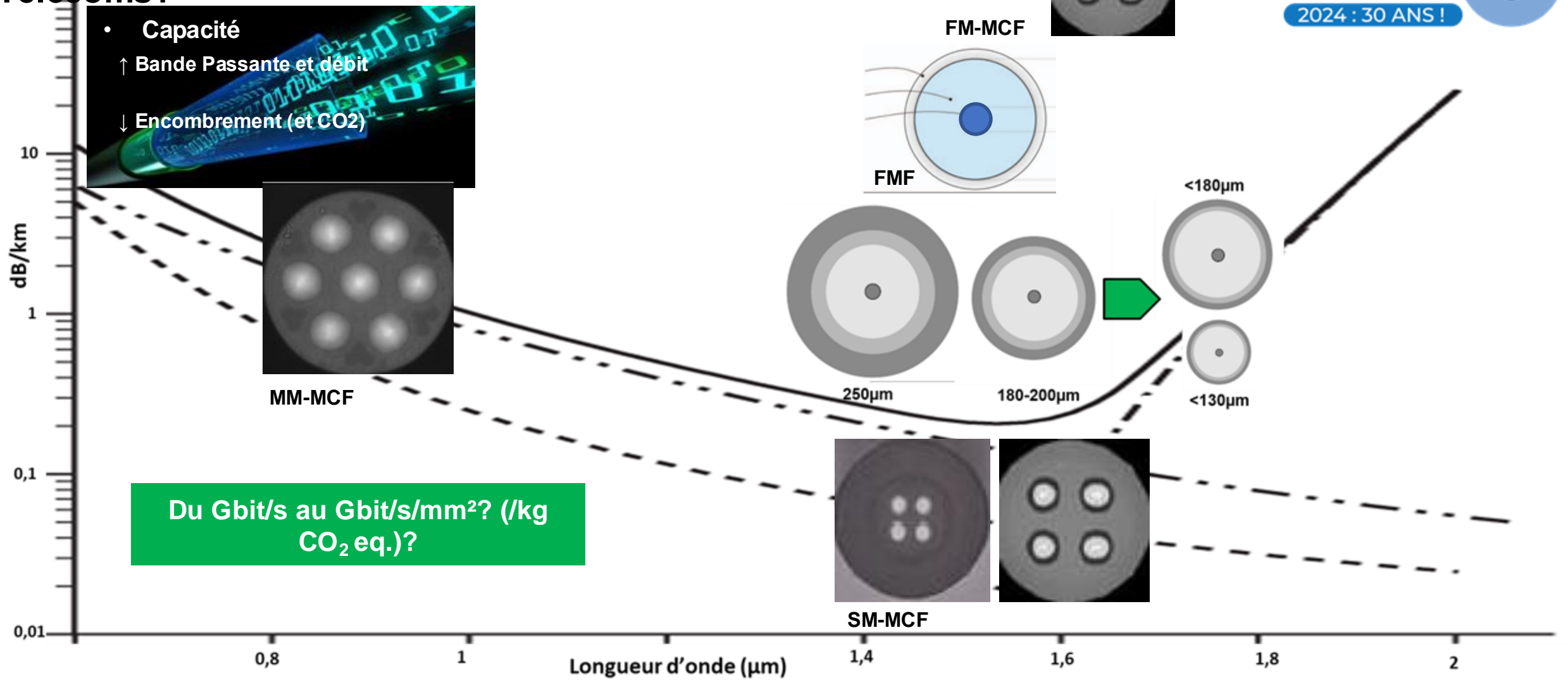


Les fibres d'avenir

Comment répondre aux besoins technologiques des réseaux Télécoms?

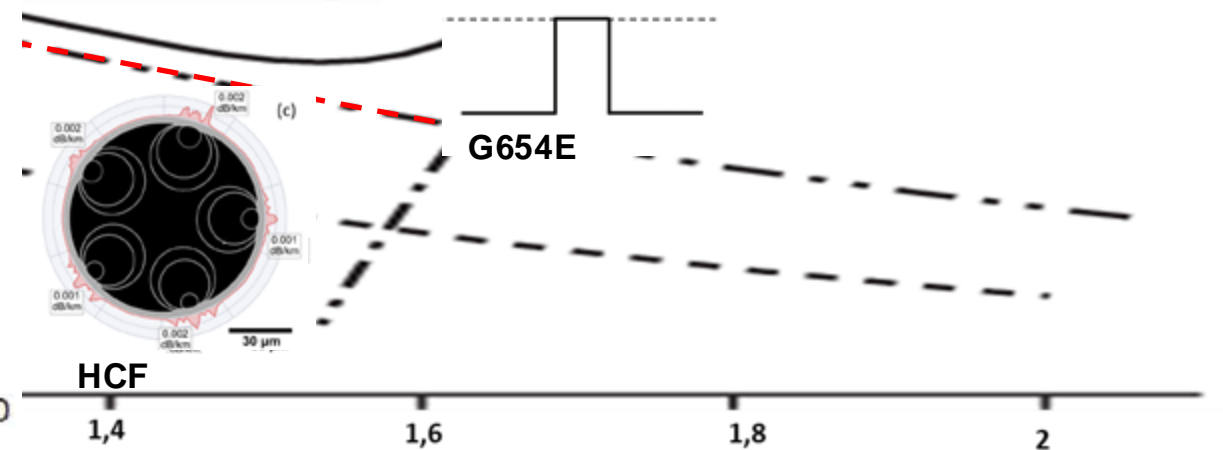
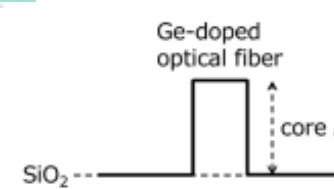
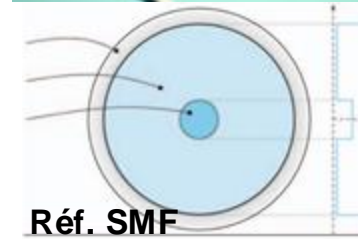
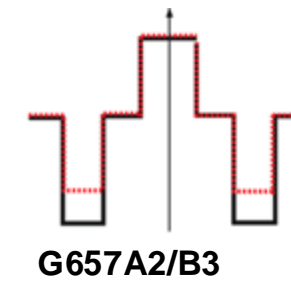
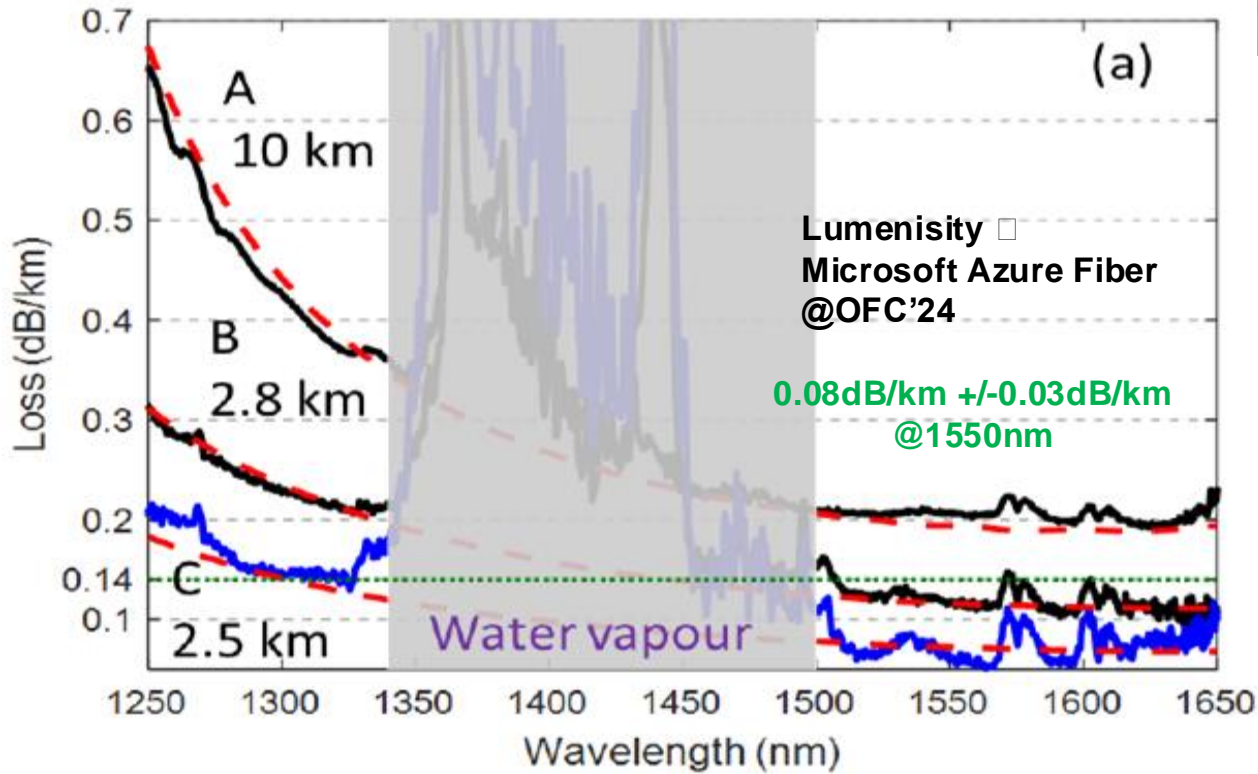


- **Capacité**
 - ↑ Bande Passante et débit
 - ↓ Encombrement (et CO₂)



Les fibres d'avenir

□ Comment répondre aux besoins technologiques des réseaux Télécoms?



Les fibres d'avenir

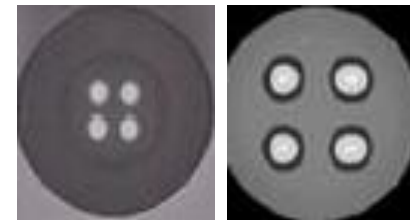
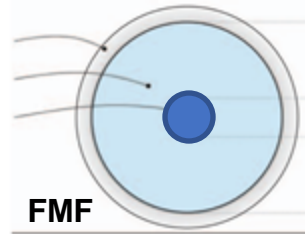
? Une dynamique continue d'innovations pour répondre aux besoins technologiques des réseaux Télécoms

Les fibres d'avenir seront

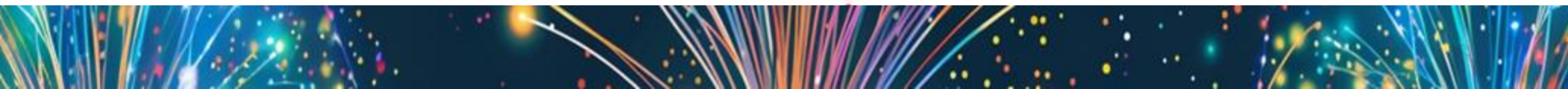
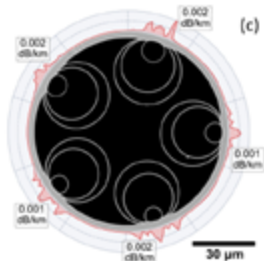
- Avec de nouvelles figures de mérite
 - Gbit/s /mm² / ... à inventer
- Plus petites ? 160µm ? ? 130µm ?
- Avec plus de cœurs et/ou plus de modes de transmission
- Avec un signal optique mieux protégé et des atténuations plus faibles
- A faible latence
- A faible empreinte environnementale

Mais aussi

- ✓ Devront être mise en câbles pour être protégées, dans des conditions qui garantissent l'intégrité du signal pendant >20 ans... dans toutes les conditions environnementales possibles!!!!
- ✓ Devront être connectorisables, soudables, mesurables...
- ✓ Plus recyclables?



SM-MCF





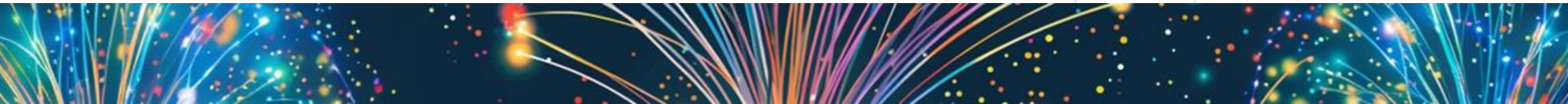
Participez
Slido.com
Code : #30ans



« Quelle(s) fibre(s) optique(s) demain ? »

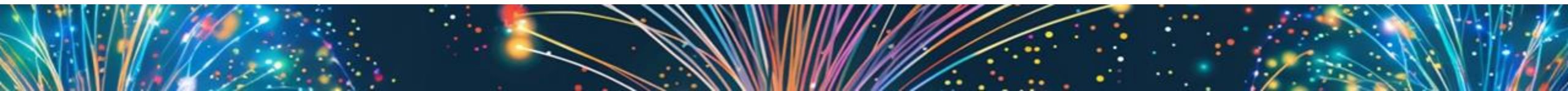
→ **Mieux comprendre les normes**

Chérif Salhi
Key Account Manager
Corning



Importance des normes internationales dans le secteur des Technologies de l'Information et de la Communication (TIC)

Chérif Salhi
Key Account Manager
Corning

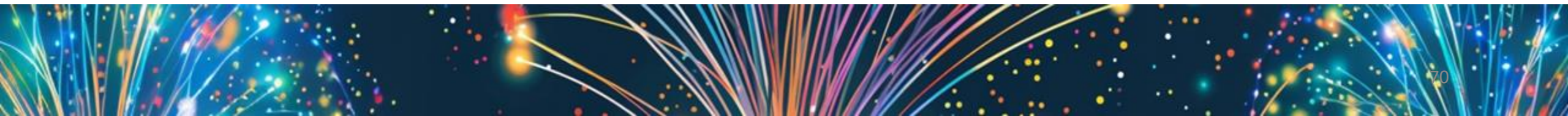


AGENDA



- Définitions, catégories de normes
- Avantages de l'application des normes
- Normes versus réglementations
- Normes internationales versus normes nationales ou régionales
- Rôle des normes TIC et des principaux organismes de normalisation TIC
- Comment les normes sont-elles créées : principes d'élaboration des normes
- Comment les normes s'intègrent-elles dans le réseau – exemple des normes UIT-T

Que sont les normes ?



Les normes sont



- Accords publiés qui décrivent les exigences techniques, les spécifications et les caractéristiques à respecter par
 - Les matériaux, les produits
 - Les systèmes, les processus
 - Les services.
- Largement adoptés par
 - Les fabricants
 - Les organisations professionnelles
 - Les acheteurs
 - Les consommateurs
 - Les laboratoires d'essais
 - Les gouvernements et régulateurs.

Telles que définies par le ISO/CEI et le CEI

- Selon le Guide ISO/IEC 2:2004, une norme est :
«Un document, établi par consensus et approuvé par un organisme reconnu, qui fournit, pour un usage courant et répété, des règles, lignes directrices ou caractéristiques d'activités ou de leurs résultats, visant à l'atteinte du degré d'ordre optimal dans un contexte donné» [2]
«Remarque : les normes doivent être basées sur les résultats consolidés de la science, de la technologie et de l'expérience, et ont pour objectif de promouvoir des avantages optimaux pour la communauté» [2]
- <https://www.iso.org/standards.html>
«Lorsque les choses ne fonctionnent pas comme elles le devraient, cela signifie souvent que les normes sont absentes»
- <https://iec.ch/understanding-standards>
«Une norme est une manière convenue de faire quelque chose de manière cohérente et reproductible»
«Les normes fixent des exigences minimales en termes de sécurité, de fiabilité, d'efficacité et de confiance»

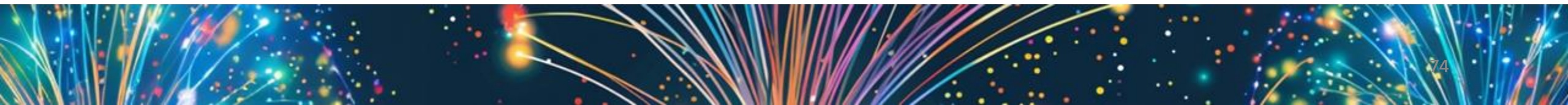
Les types courants de normes sont

- Normes de vocabulaire
 - ✓ Contiennent des glossaires et des définitions de termes
- Normes de mesures
 - ✓ Abordent les définitions de la mesure, y compris les normes de base sur le Système International d'Unités
- Normes de sécurité
 - ✓ Assurent la sécurité des produits, des activités ou des processus
- Normes de gestion
 - ✓ Décrivez la meilleure façon de gérer par exemple une production, un processus qualité, un inventaire, un service
- Normes de produits
 - ✓ Spécifier les exigences d'un matériau ou d'un produit, y compris les performances et les méthodes de test
- Normes techniques
 - ✓ Spécifient les exigences des systèmes techniques, la manière dont les technologies interagissent les unes avec les autres et fonctionnent ensemble. Ils assurent la compatibilité et l'interopérabilité
 - ✓ Sont les normes les plus courantes dans le secteur des Technologies de l'Information et de la Communication (TIC)

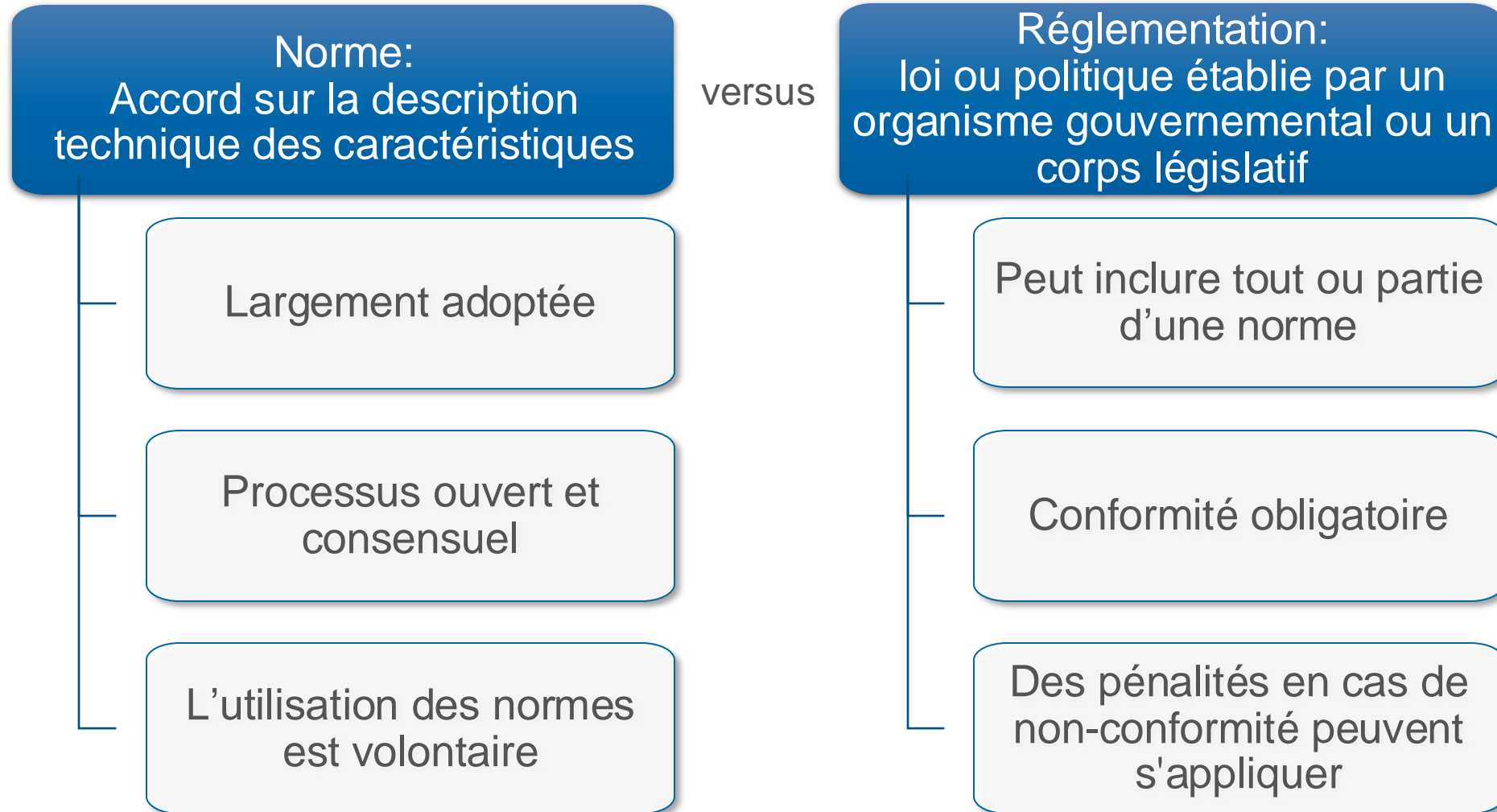
Avantages généraux de l'application des normes



- Améliorer l'accès au marché
- Faciliter le respect des réglementations techniques
- Améliorer l'adéquation des produits, des processus et des services à leur objectif prévu
- Servir à améliorer la qualité
- Promouvoir la compréhension de la technologie en fournissant des informations
- Empêcher les barrières techniques au commerce
- Faciliter la coopération technologique

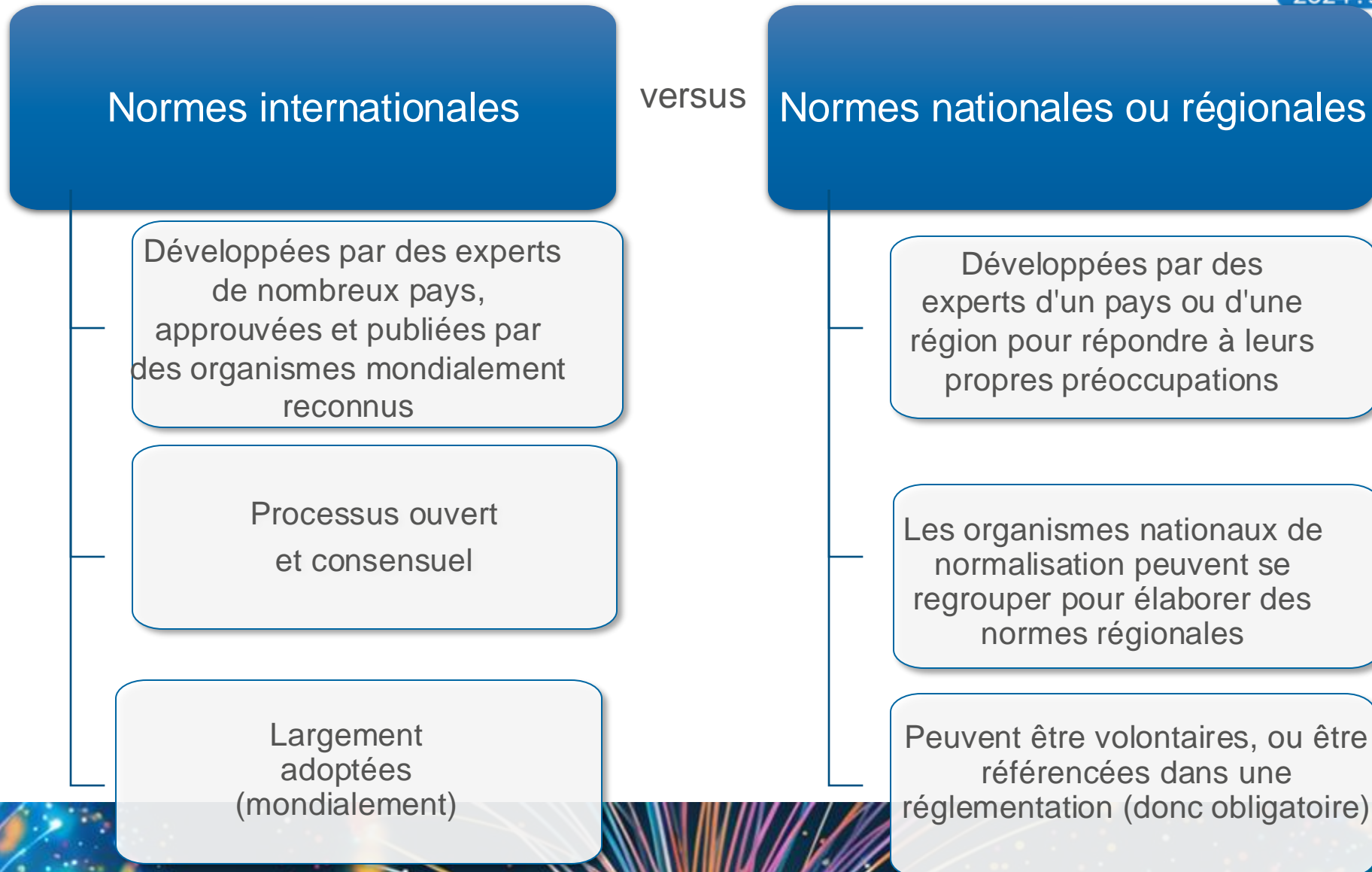


Normes versus réglementations



Normes internationales versus normes nationales ou régionales

2024 : 30 ANS !

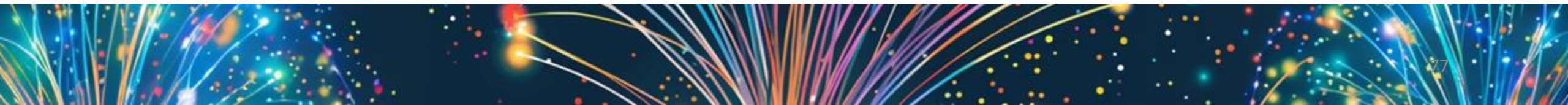


Normes TIC



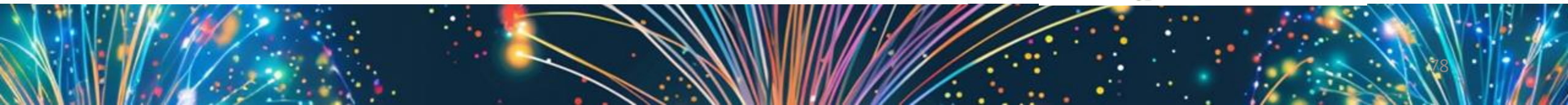
- Décrire l'architecture fonctionnelle et les systèmes des réseaux, y compris les fonctionnalités d'exploitation et de maintenance.
- Soutenir l'interconnexion entre les réseaux nationaux des différentes régions
- Fournir des options de déploiement, améliorer la disponibilité des produits et prendre en charge l'interopérabilité entre les fournisseurs
- Sont nécessaires au bon fonctionnement des opérations, au commerce, au déploiement rapide des produits sur un marché plus large, à la prévisibilité des services et des produits
- Encourager la concurrence et l'innovation
- Sont une aide essentielle aux pays en développement pour construire leurs infrastructures et encourager le développement économique

*Le monde est devenu un lieu connecté où les normes ne sont plus une option
mais une nécessité.*



Rôle des normes TIC et des principaux organismes de normalisation TIC




Nombreux organismes de normalisation



Rôle des normes TIC et des principaux organismes de normalisation TIC

Principaux organismes de normalisation des TIC




Norme		Domaines de couverture
<p>UIT-T Secteur de la normalisation des télécommunications de l'Union internationale des télécommunications (Agence des Nations Unies pour les TIC) <i>Commission d'études 15: Normalisation des technologies et infrastructures des réseaux de transport, d'accès et domestiques</i></p>		<ul style="list-style-type: none">• Produits, tests et applications réseau• Adhésion de 193 États membres, plus de 800 membres du secteur privé, plus de 150 universitaires• Les normes de l'UIT sont appelées Recommandations, elles sont gratuitement disponibles
<p>CEI Commission Electrotechnique Internationale <i>Comité technique 86 - sous-comité 86A: Normalisation des Fibres et câbles optiques</i></p>		<ul style="list-style-type: none">• Produits et tests• 20 000 experts issus de l'industrie, du commerce, des gouvernements, des laboratoires d'essais et de recherche, du monde universitaire et des groupes de consommateurs
<p>ISO Organisation internationale de normalisation (International Organisation for Standardization)</p>		<ul style="list-style-type: none">• Produits et tests• Organisation internationale regroupant 164 organismes nationaux de normalisation



Rôle des normes TIC et des principaux organismes de normalisation TIC

Principaux organismes de normalisation des TIC



Norme		Domaines de couverture
<p>IEEE Institut des ingénieurs électriciens et électroniciens</p> <p>IEEE 802.3: Groupe de travail Ethernet</p> <p>IEEE 802.11: Normes des réseaux sans fil locaux (le Wi-Fi)</p>		<ul style="list-style-type: none">• Applications réseaux, optoélectronique• Communauté mondiale pour innover pour un avenir meilleur avec 423 000 membres dans plus de 160 pays
<p>Plusieurs autres organismes de normalisation, forums et consortiums élaborent des normes TIC, par exemple:</p>		<ul style="list-style-type: none">• IETF (Internet Engineering Task Force)• OIF (Optical Internetworking Forum)• MEF (Metro Ethernet Forum)• Broadband Forum• 3GPP (3rd Generation Partnership Project)• OpenROADM MSA (Open Reconfigurable Optical Add-Drop Multiplexer Multi-Source Agreement)

Collaboration de haut niveau entre ces organismes de normalisation des TIC



Principes d'élaboration des normes

Consensus

Processus inclusif, les points de vue de toutes les parties prenantes sont pris en compte

Transparence

Informations accessibles à tous les participants à chaque étape

Équilibre

Les intérêts des parties prenantes ont le même poids

Procédure formelle

Mécanismes pour garantir un processus équitable

Ouverture

Facilement accessible à toutes les étapes pour toutes les parties prenantes

Impartialité

Veiller à ce que les normes ne favorisent aucune entreprise, marché ou région en particulier

Efficacité et pertinence

Répondre aux demandes de normes techniques motivées par les avancées technologiques, les besoins réglementaires et les besoins du marché

Cohérence

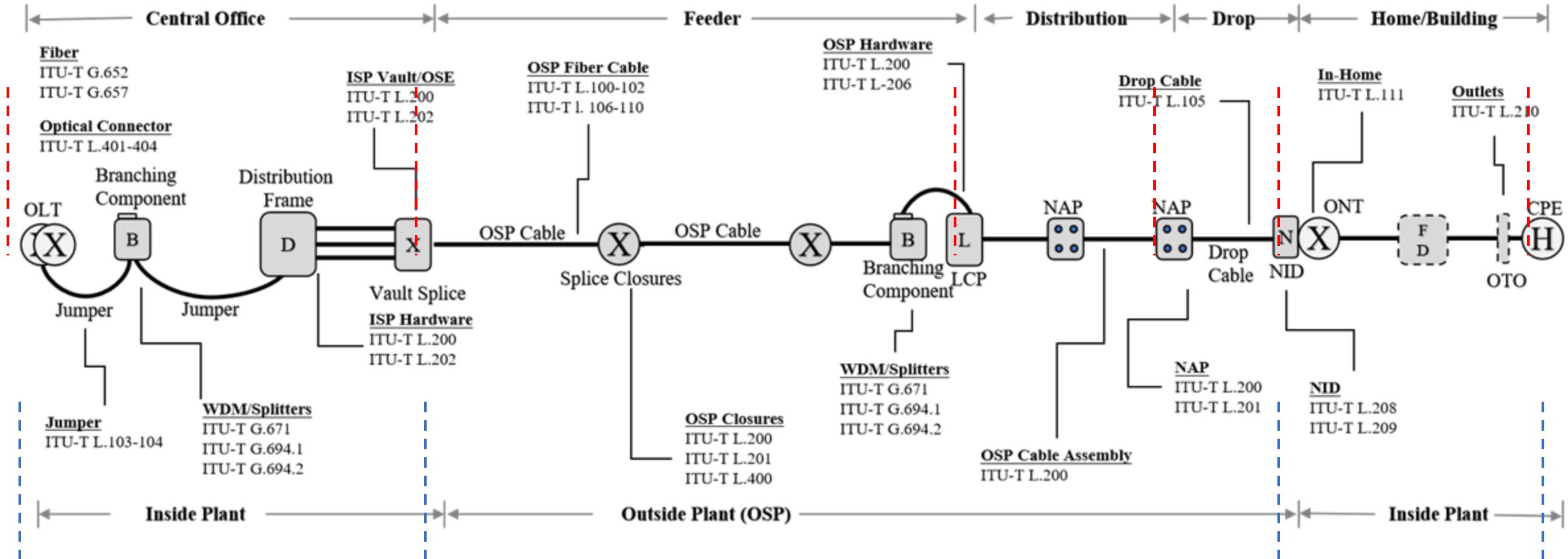
Coopération et coordination entre les organismes internationaux de normalisation pour éviter les conflits, les duplications ou les chevauchements

Considérer les pays en développement

Refléter les besoins de toutes les régions et encourager les pays en développement à participer au processus

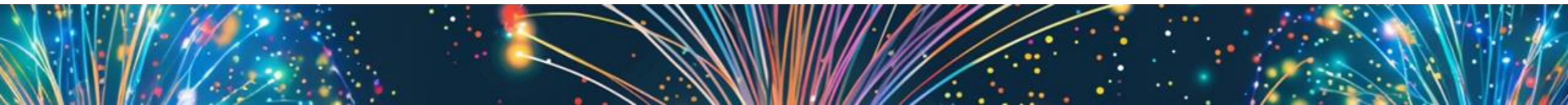
Comment les normes s'intègrent-elles dans le réseau – exemple des normes UIT-T

Normes UIT-T (Recommandations) du réseau d'accès



Merci

CORNING



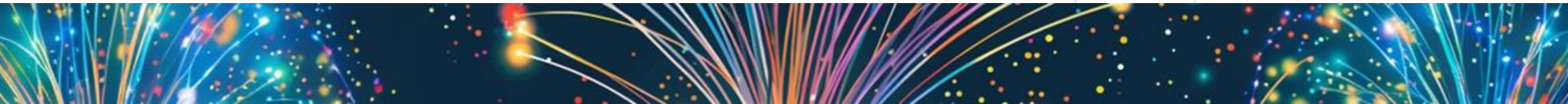


Participez
Slido.com
Code : #30ans



« Le challenge des mesures sur les fibres creuses »

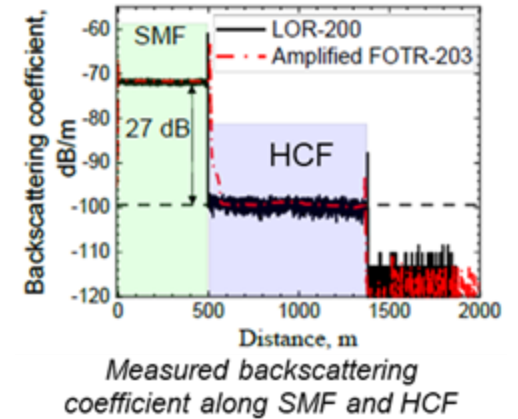
Grégory Lietaert
Product Line Director
Viavi Solutions



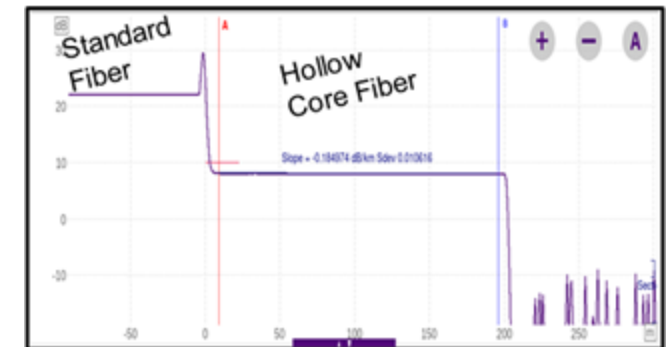
La Fibre Creuse (Hollowcore Fiber - HCF)

Quelques particularités actuelles connues

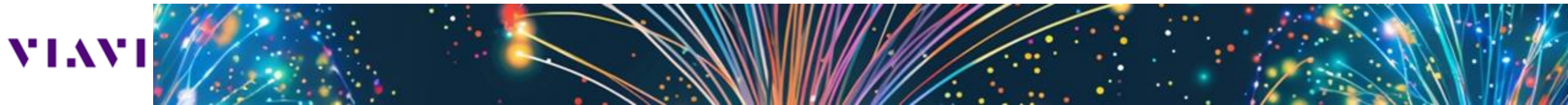
- Fenêtres de transmission multiples
 - Quelle longueur d'onde de test vs. classique 1310/1550nm
- Transition verre/air en ligne
 - Nécessaire pour connexion aux équipements
 - Non present sur réseaux actuels: mesure sur verre de bout en bout
- Coefficient de retrodiffusion
 - Environ 30dB plus bas que la fibre standard
 - $K_{SMF} = -82\text{dB}$, $K_{HCF} = -112\text{dB}$
- Sensibilité aux contraintes
 - Utilisation d'une fibre témoin pour les mesurer?
- Autres
 - Indice refraction =1: mesure de distance précise
 - Dispersion chromatique négligeable (contraintes fibre ITU-T G653 et DWDM)
 - PMD négligeable



SMF fibers may be used for strain monitoring in cables to avoid any impact on HCF



Non-standard OTDR response

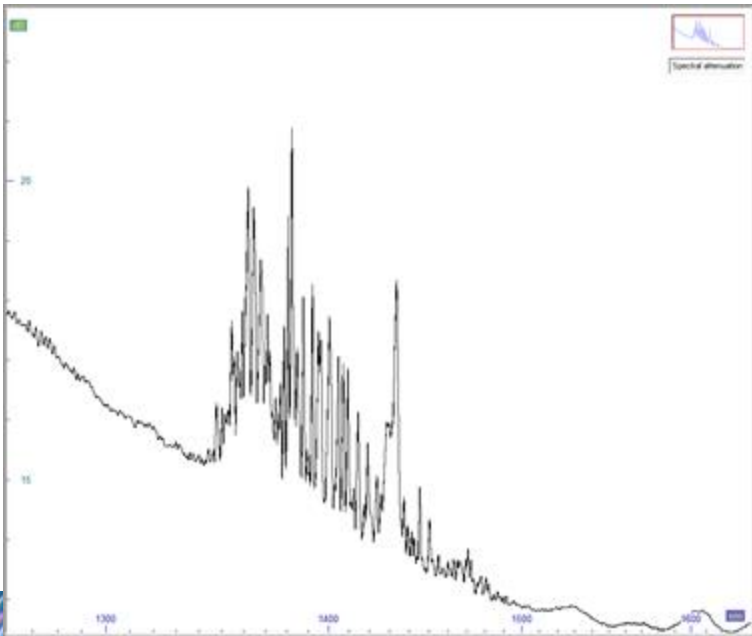


Fenêtres de transmission multiples

Mesure d'atténuation spectrale

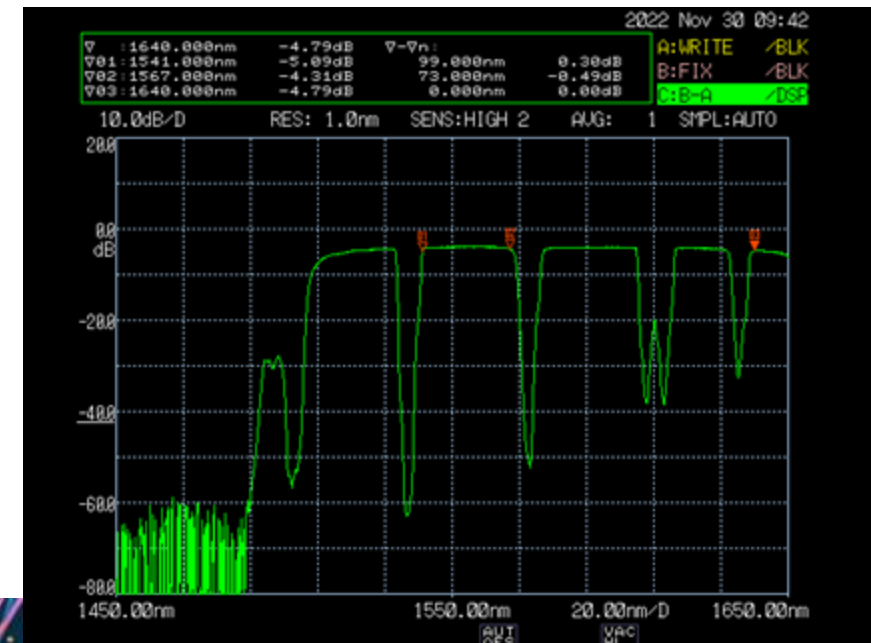
Fibre A (IL~12dB)

- Spectre d'atténuation continu excepté les pics d'absorption de vapeur d'eau de 1350nm à 1480-1500nm
- On remarque quelques ondulations <0.4dB dans la fenêtre 1550+/-20nm



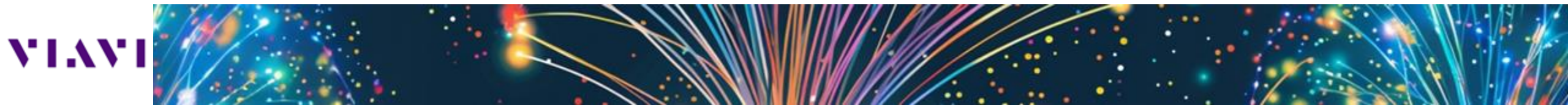
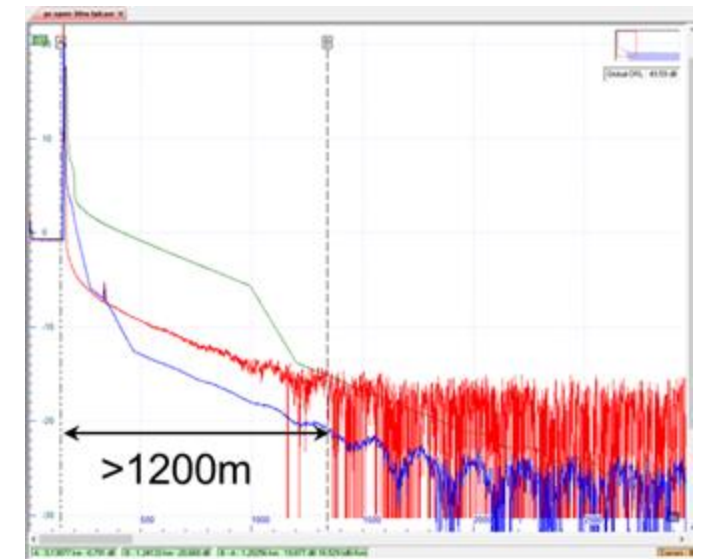
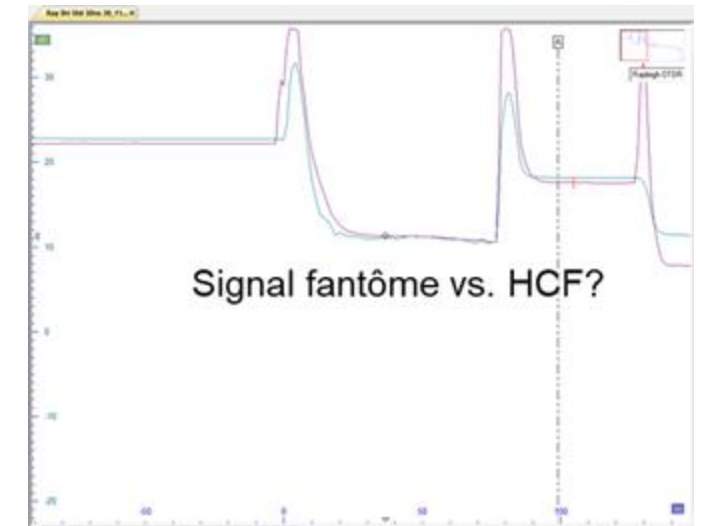
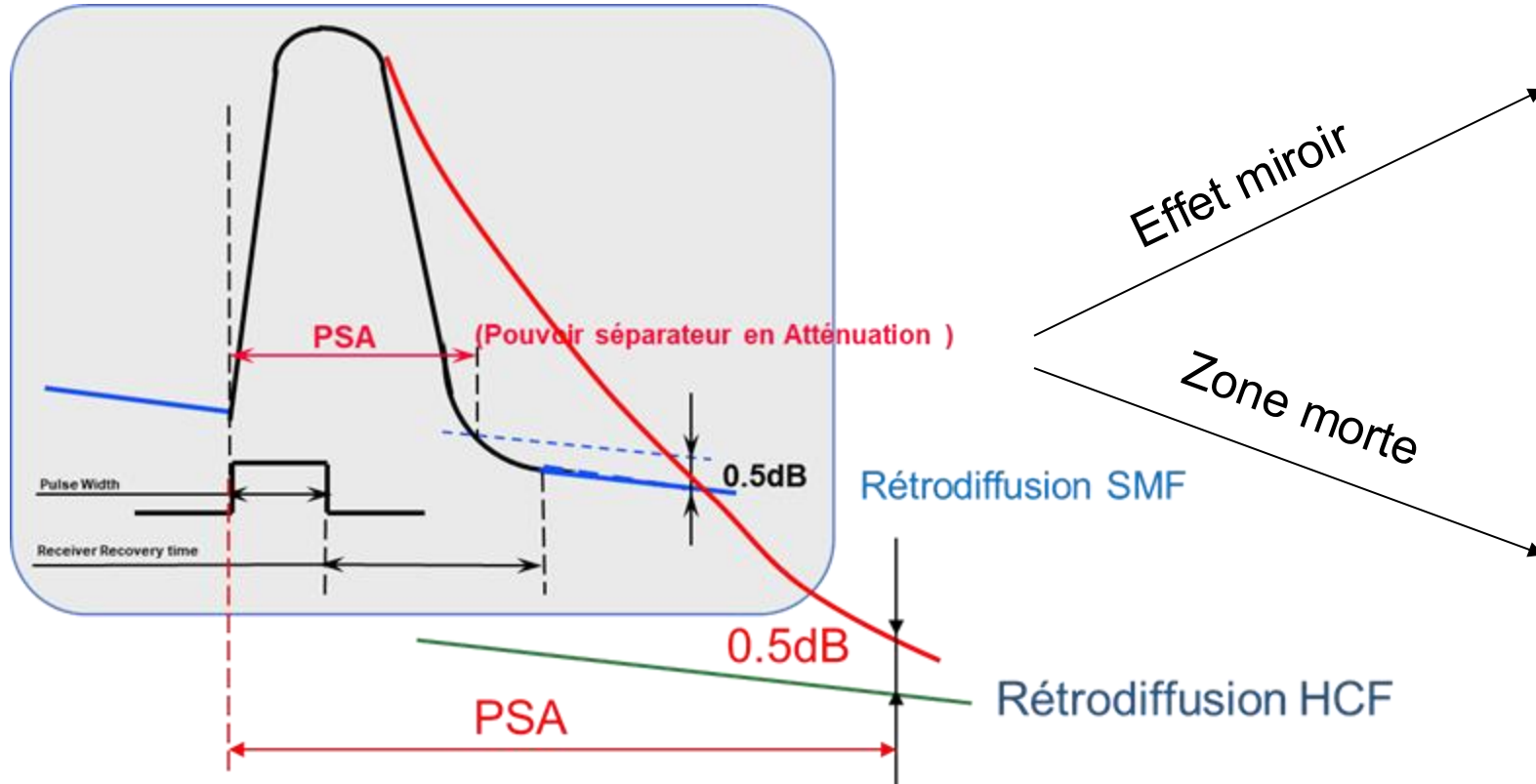
Fibre B (IL~4dB)

- Présence de fenêtres de 20-30nm chacune
- Mesurées avec une source large bande (1250-1650nm)
- Pas de transmission de signal <1500nm



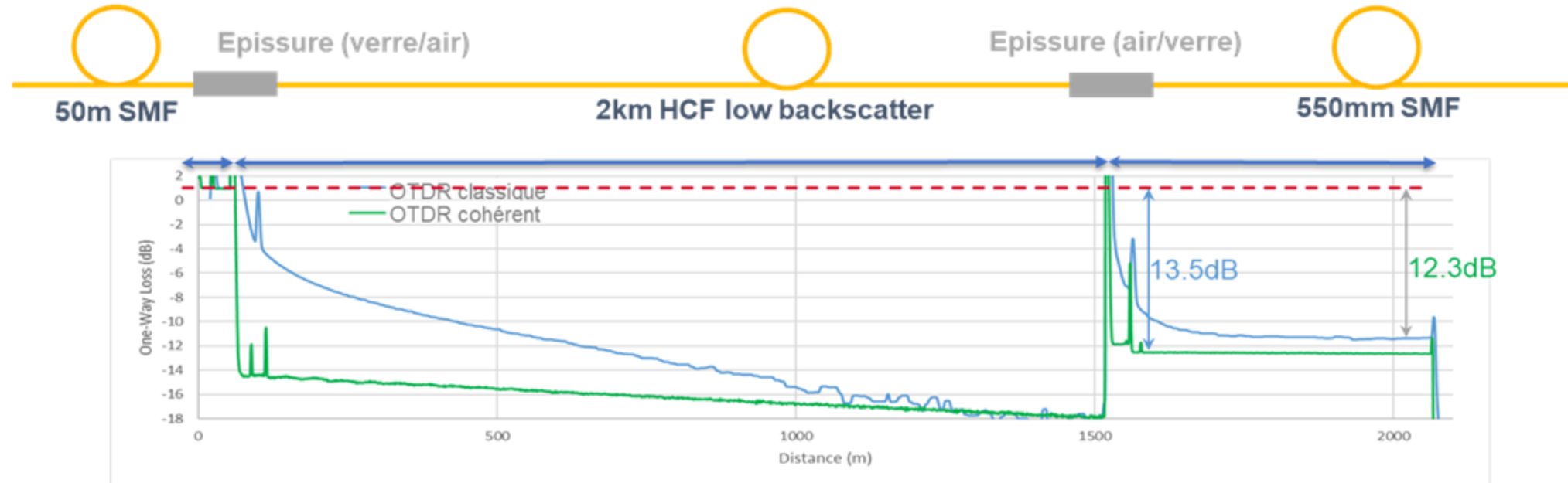
Transition verre/air en ligne

Impacts sur la réflectométrie



Premiers essais terrain

Réponse de deux types de réflectomètres optiques



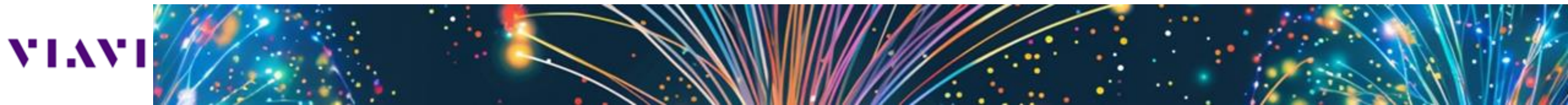
Mesure de la section HCF après l'interface verre-air (~-14dB reflectance)

OTDR standard (>45dB): trainage important (pulse:100ns) – combinaison forte réflectance du connecteur et très faible niveau de rétrodiffusion -> [mesure d'atténuation linéique incorrecte](#)

Une technique différente peut offrir une solution plus appropriée (détection cohérente) – [niveau de rétrodiffusion mesurable](#)

Mesure de perte totale

1.2dB d'écart entre OTDR classique ([13.5dB](#)) et cohérent ([12.3dB](#)) attribué au trainage sur la seconde fibre SMF



Quel futur pour les mesures terrain sur fibres creuses?

- La mesure de perte d'insertion est déjà possible à l'aide d'une source et d'un puissance mètre (attention à la fenêtre spectrale pouvant nécessiter une source spécifique CWDM/DWDM)
- La mesure d'atténuation spectrale dépendra de l'évolution des fibres creuses. Importante pour qualifier les fenêtres de transmission. Utilisation d'une source large bande et d'un analyseur de spectre
- L'évolution de la qualité des transitions verre-air permettra de déterminer la performance nécessaire pour effectuer des mesures de réflectométrie précises (zone morte, atténuation linéique)
 - Réduction de l'écart entre la réflectance et le niveau de rétrodiffusion de la fibre creuse
 - Réduction de la zone morte
 - Réduction des événements fantômes





Participez
Slido.com
Code : #30ans



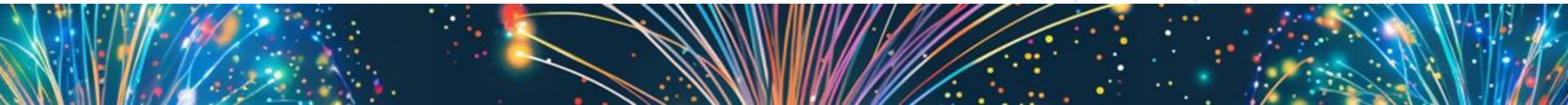
« Les avancées futures avec la fibre optique »

→ **Poursuivre la montée en capacité sur les infrastructures
existantes avec la transmission WDM multi-bandes**

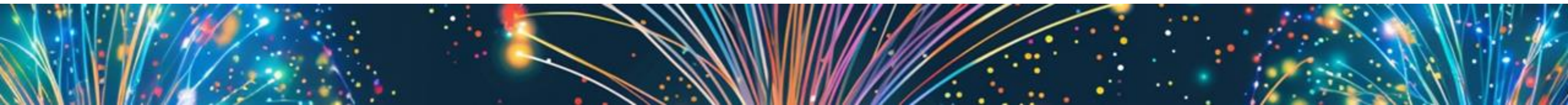
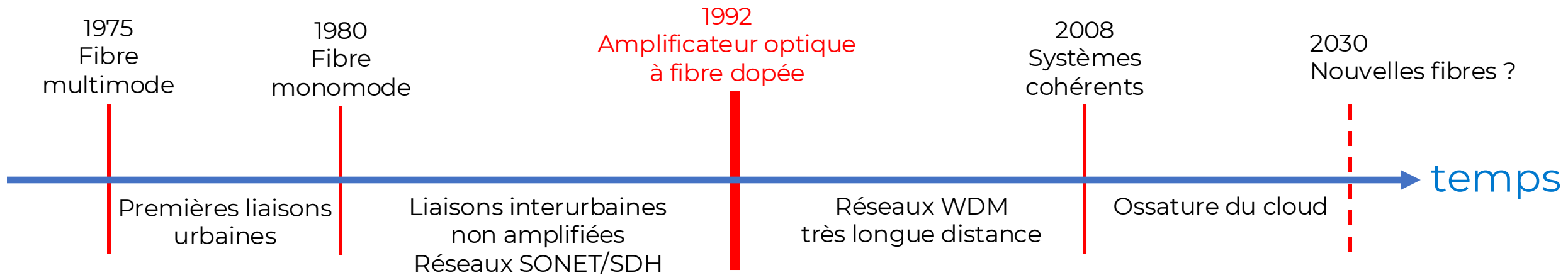
Michel Morvan

Chercheur expert et co-Directeur

Lab'Optic (IMT Atlantique – Orange)



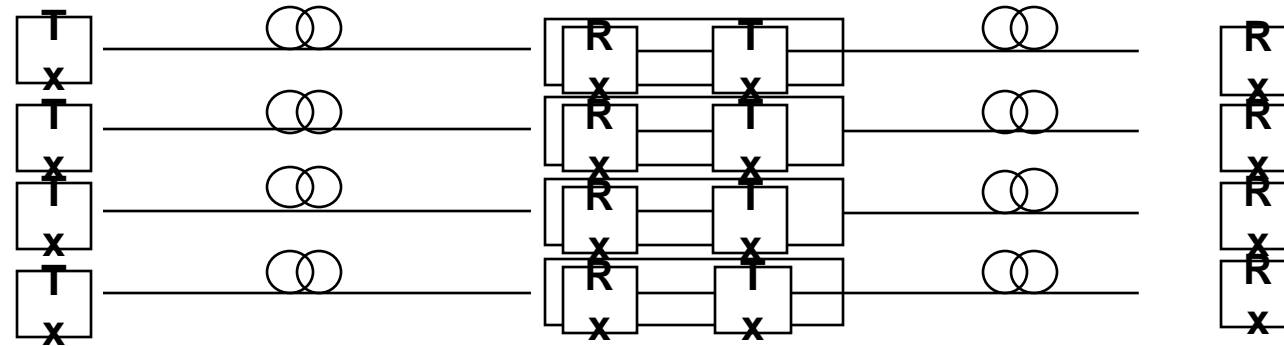
Les systèmes de transmission sur fibre optique



Il y a 30 ans : la transmission optique WDM

SDM

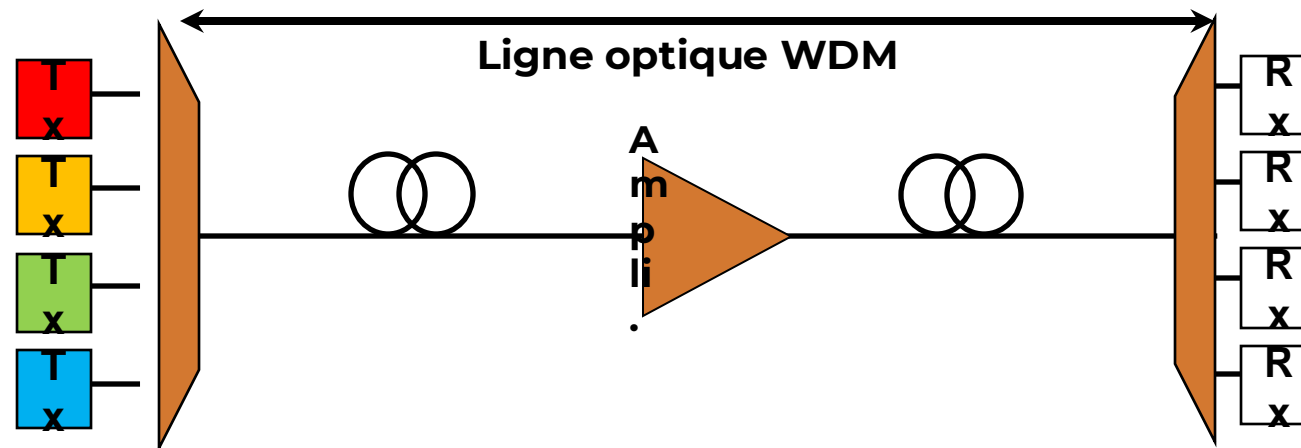
Space Division
Multiplexing



SDM → Une ligne par canal

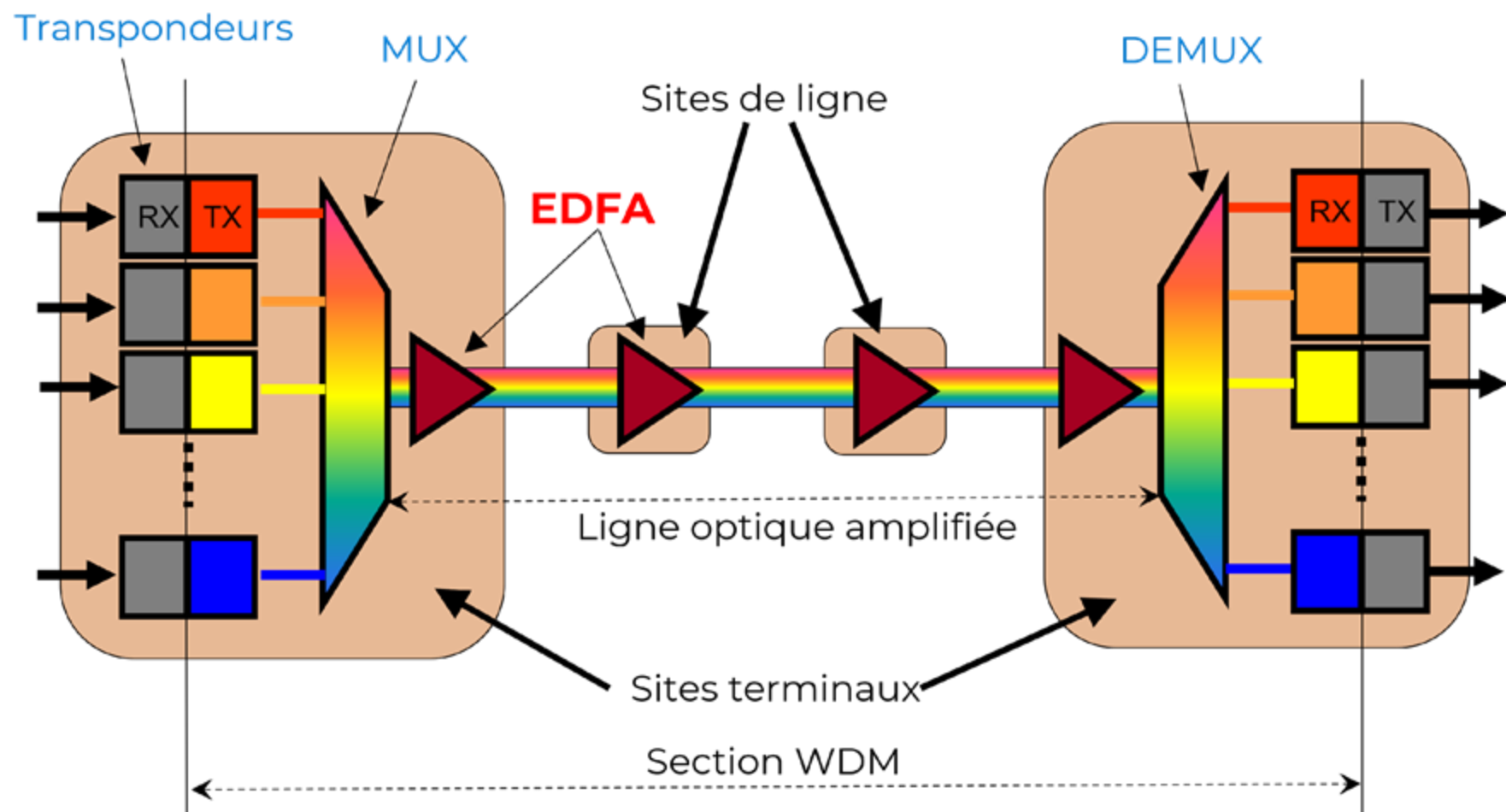
WDM

Wavelength Division
Multiplexing

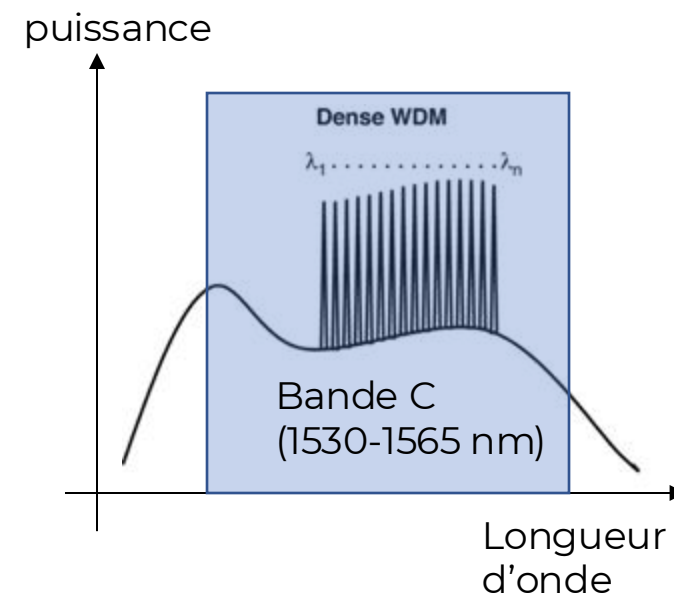


WDM → Une seule ligne amplifiée pour tous les canaux : gain sur les infrastructures

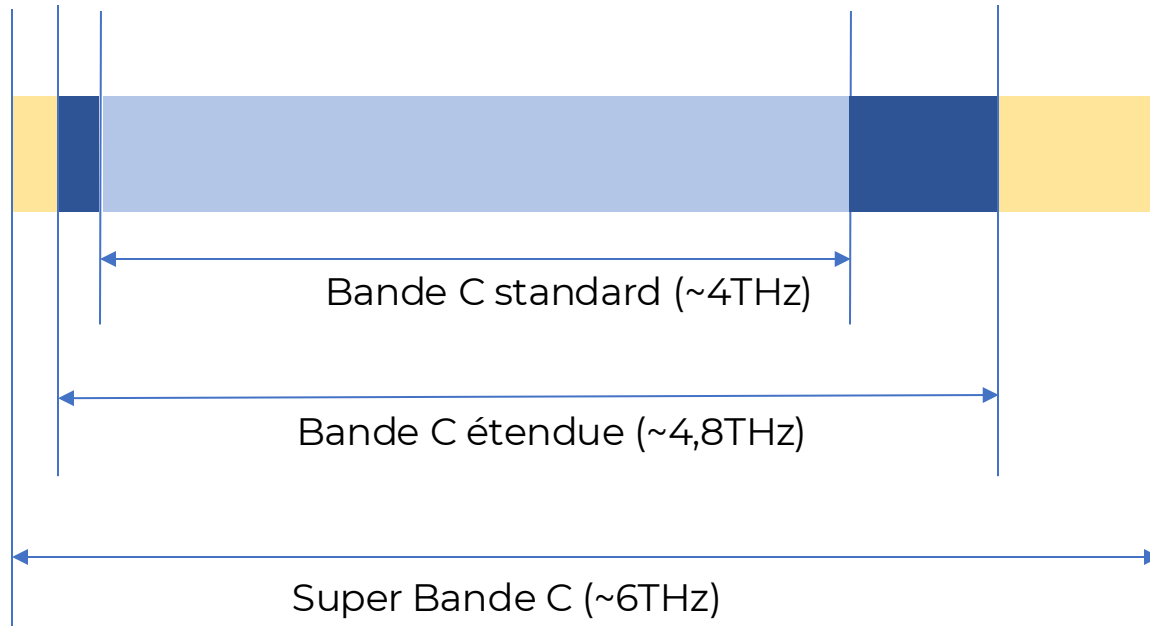
Système WDM point à point traditionnel



Courbe de gain de l'amplificateur
à fibre dopée Erbium (EDFA)



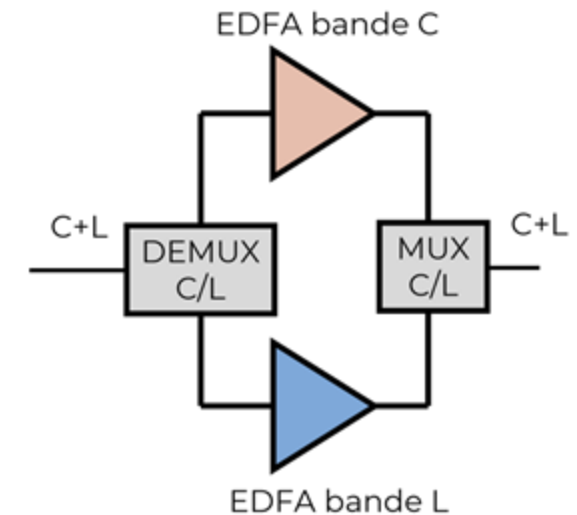
Étendre la bande d'amplification des EDFA



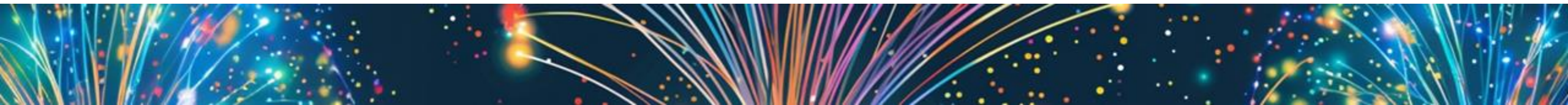
Bande C standard	: de 1529 à 1560 nm
Bande C étendue	: de 1527 à 1567 nm (+20%)
Super Bande C	: de 1524 à 1572 nm (+50%)

L'erbium permet d'amplifier sur une bande de longueurs d'ondes supérieure (bande L) mais avec une composition de fibre dopée différente

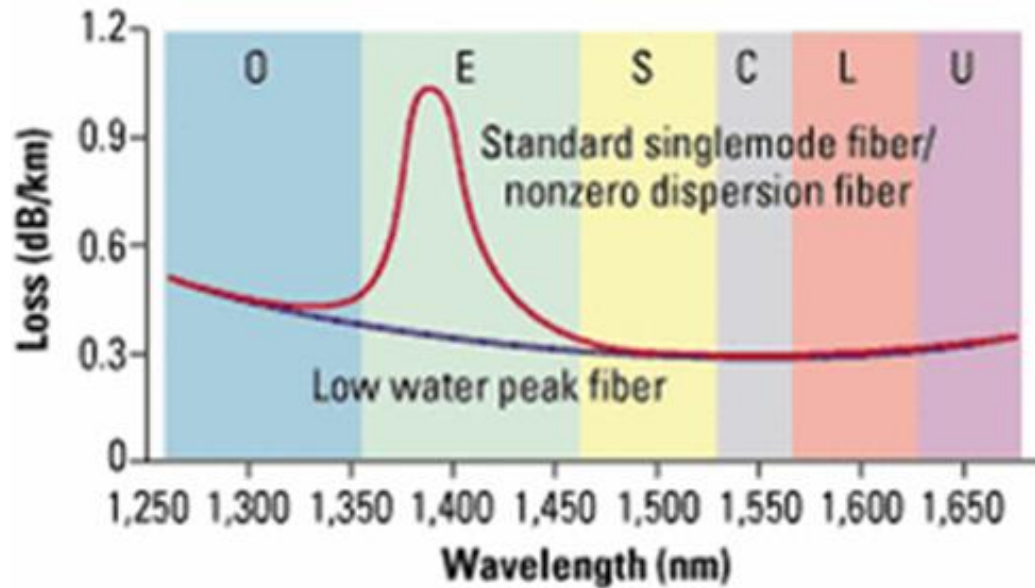
⇒ 2 EDFAs distincts



Bande C (Conventional): 1530/1565 nm
+
Bande L (Long): 1570/1610 nm
=
bande totale supérieure à 70 nm !



Un spectre étendu encore à exploiter...



Au-delà de la bande L, les bandes S et U de la large fenêtre 1,5 μm de la fibre constituent un gisement de bande passante.

La bandes O et E (pour les fibres sans pic OH) offrent une bande équivalente dans la fenêtre 1,3 μm .

TDFA: Thulium Doped Fiber Amplifier

	Band	Start wavelength (nm)	End wavelength (nm)	Bandwidth (THz)
	O	1260	1360	17,5
	E	1360	1460	15,1
TDFA	S	1470	1520	6,7
EDFA	Standard C	1530	1560	3,8
EDFA	Extended C	1530	1567	4,6
EDFA	L	1560	1610	6,0
	U	1625	1675	5,5

**Metro/Régional
DCI**

Cœur/Régional

Bande totale S+C+L avec amplis à fibre dopée: 17.3 THz

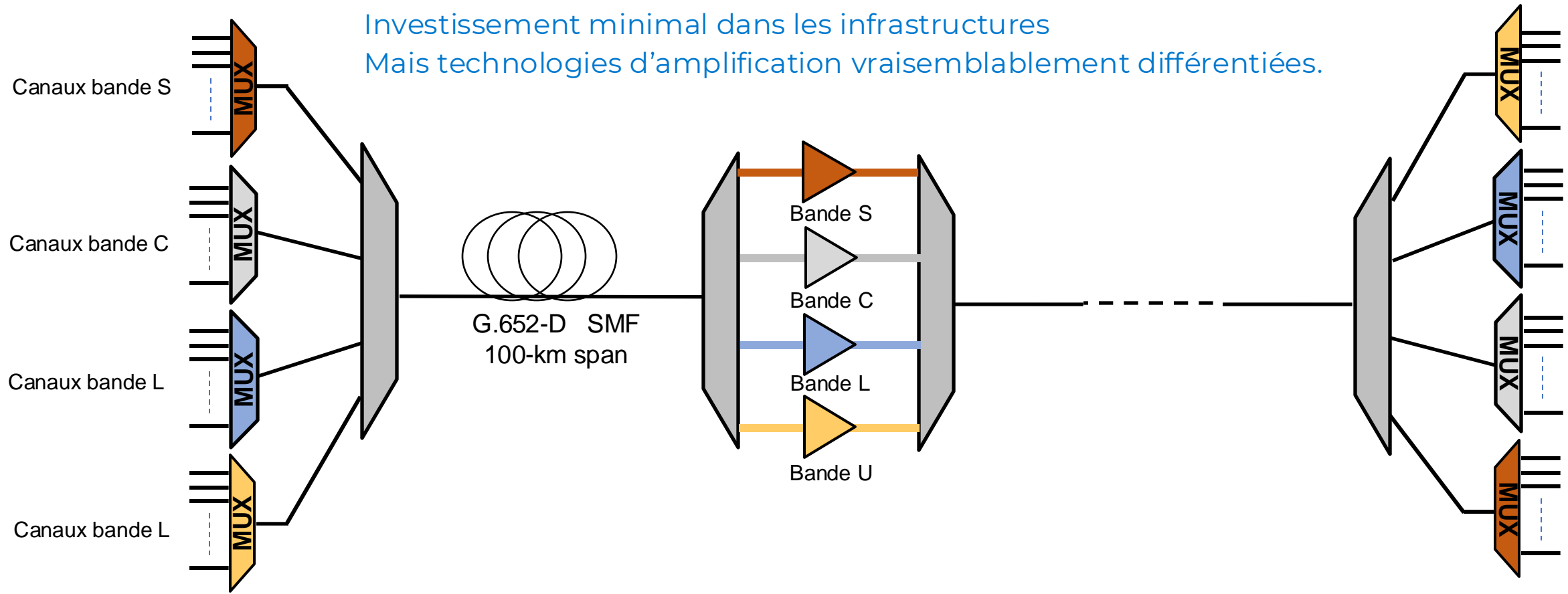
Transmission WDM multi-bandes idéale

Double multiplexage en cascade.

Architecture WDM Multi-bande modulaire par construction.

Investissement minimal dans les infrastructures

Mais technologies d'amplification vraisemblablement différenciées.



Capacité : pas uniquement une question de bande

Formule de Shannon :

$$C_{max}(bit/s) = B \cdot \log_2(1 + OSNR)$$

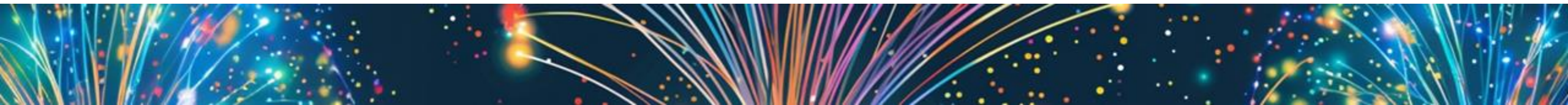
En WDM, étendre la bande optique pour transmettre davantage de canaux mais

- Quelles bandes optiques privilégier et pour quel usage?
- Quelles technologies d'amplification ?

Augmenter la bande

- Diminuer le bruit apporté par la ligne optique.
- Augmenter la résistance au bruit par l'usage de FECs performants

Augmenter l'efficacité spectrale



Formats de modulation, OSNR et spectre

Modulation format	Net bit rate (Gbit/s)	Symbol rate (Gbaud)	Bandwidth (GHz)	Grid (GHz)	Net Spectral Efficiency (bit/s/Hz)	OSNR BER=10 ⁻³	S-band capacity (Tbit/s)	C-band capacity (Tbit/s)	L-band capacity (Tbit/s)	C+L capacity (Tbit/s)	S+C+L capacity (Tbit/s)
PDM-QPSK	100	28	56	50	2	12	13,4	9,2	11,9	21,1	34,5
PDM-QPSK	100	32	35	50	2	12,6	13,4	9,2	11,9	21,1	34,5
PDM-QPSK	200	56	112	100	2	15	13,4	9,2	11,8	21,0	34,4
PDM-QPSK	200	64	75	75	2,66	15,6	17,8	12,2	15,8	28,0	45,8
PDM-8QAM	100	18,7	37,3	50	2	13,8	13,4	9,2	11,9	21,1	34,5
PDM-8QAM	100	21,3	23,4	25	4	14,3	26,8	18,5	23,8	42,3	69,1
PDM-8QAM	200	37,3	74,6	100	2	16,8	13,4	9,2	11,8	21,0	34,4
PDM-8QAM	200	42,7	47	50	4	17,4	26,8	18,4	23,8	42,2	69,0
PDM-16QAM	100	16	17,6	25	4	16,2	26,8	18,5	23,8	42,3	69,1
PDM-16QAM	200	32	35,2	50	4	19,2	26,8	18,4	23,8	42,2	69,0
PDM-16QAM	400	64	70,4	75	5,33	22,2	35,6	24,4	31,6	56,0	91,6
PDM-64QAM	200	21,3	23,4	25	8	23,4	53,6	37,0	47,6	84,6	138,2
PDM-64QAM	400	42,7	47	50	8	26,4	53,6	36,8	47,6	84,4	138,0

3 domaines de valeurs d'OSNR :

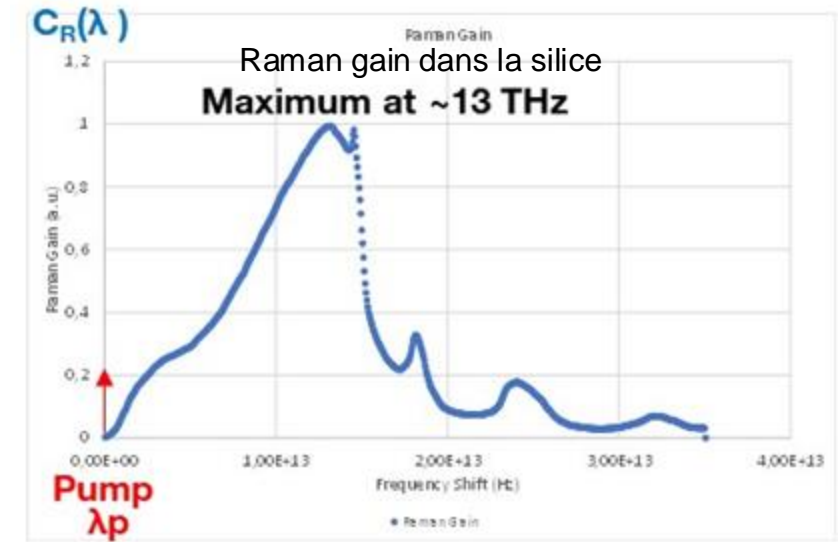
- Basse : en dessous de 14 dB
pour SE=2
- Moyenne : de 15 à 20 dB
pour SE=4
- Haute : au dessus de 22 dB
pour SE>4

D'après Technology Options for 400G Implementation, OIF-Tech-Options-400G-01.0, July 2011

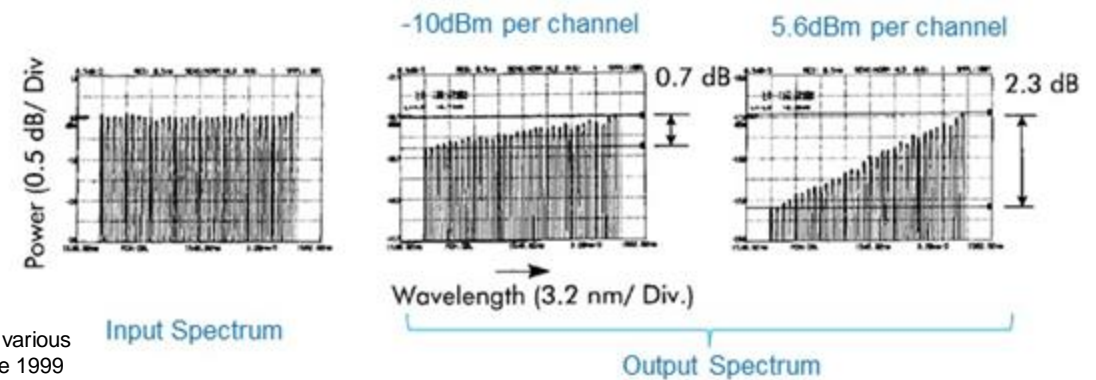


La diffusion Raman stimulée

- La diffusion Raman stimulée opère un transfert de puissance des longueurs d'ondes courtes vers les longueurs d'onde longues durant la propagation.
- Utile pour amplifier en ligne (amplification distribuée Raman) : transfert pompe vers signal.
 - Bande d'amplification sur mesure (choix du nombre de pompes et de leurs longueurs d'onde)
 - Bidirectionnel (pompage co et/ou contra propagatif)
 - Faible bruit ajouté
- Il cause également une déplétion de la puissance des canaux WDM du bas du spectre en longueur d'onde.



Impact sur 100 km fibre NZDSF du gain Raman sur un multiplex WDM de 32 canaux



Experimental Investigation of Stimulated Raman Scattering Limitation on WDM Transmission over various types of fiber infrastructures, S. Bigo et al, IEEE Photonics Technology Letters, vol. 11, no. 6, June 1999

Le projet EMBRACE

EMBRA^{CE}
EFFICIENT MULTI-BAND NETWORK ARCHITECTURE
AND COMPONENTS FOR PETABIT/S ELASTIC NETWORKS



bpi france

PSPC

CELTIC-NEXT

CRED
2024 : 30 ANS !

- Le projet EMBRACE se concentre sur la transmission Ultra Large Bande (UWB) afin d'augmenter la capacité des fibres installées.
- Le passage à la transmission sur trois (S+C+L) puis quatre bandes (S+C+L+U) est envisagé pour le segment métro /régional.
- Un lien expérimental de 4 bonds de 100 km est en cours de réalisation en laboratoire.

ALPHA
Rlh.
ROUTE DES LASERS &
DES HYPERFREQUENCES

ir
images &
réseaux

IMT Atlantique
Bretagne-Pays de la Loire
École Mines-Télécom

MPB
MPB Communications Inc.

Région
BRETAGNE

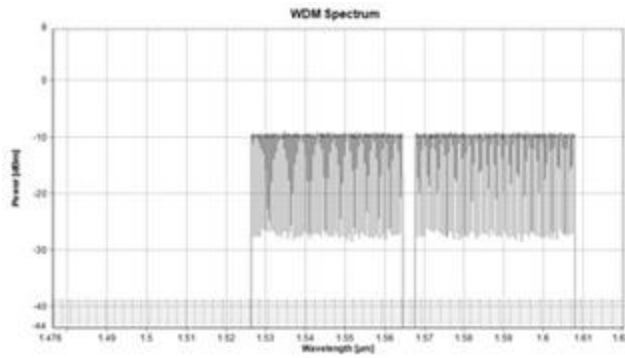
Lannion-Trégor
COMMUNAUTÉ
Lannuon-Treger Kumuniezh

Canada
NRC-CMRC

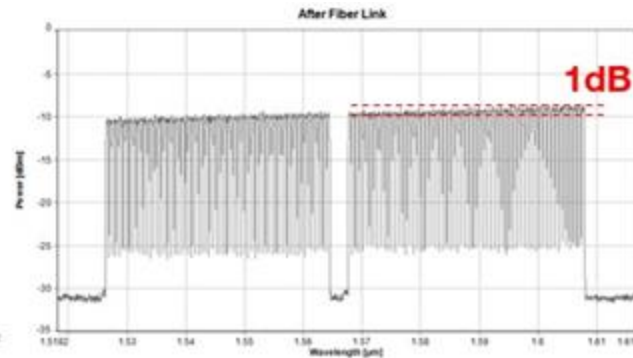
ekinops. exail

orange™

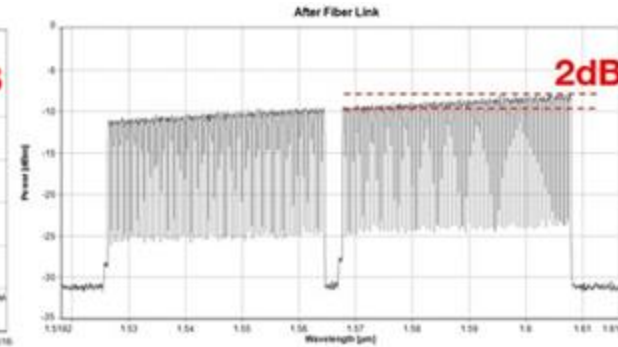
Influence du SRS en transmission C+L



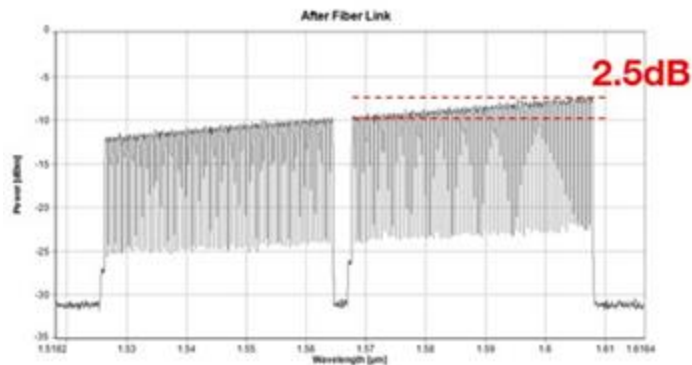
Spectre WDM en entrée



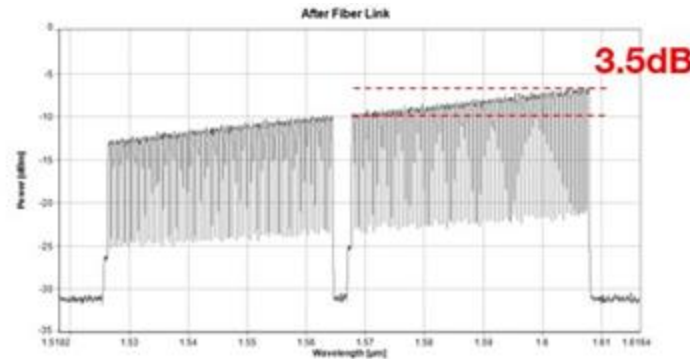
Après 100 km



Après 200 km



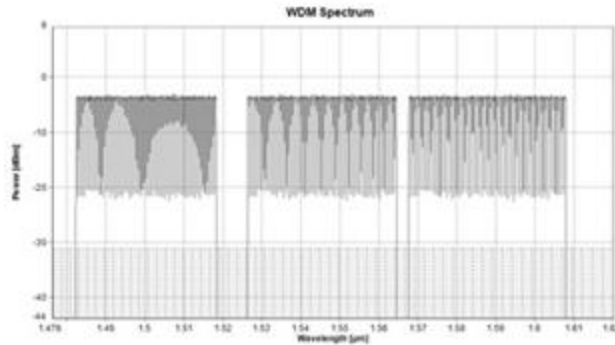
Après 300 km



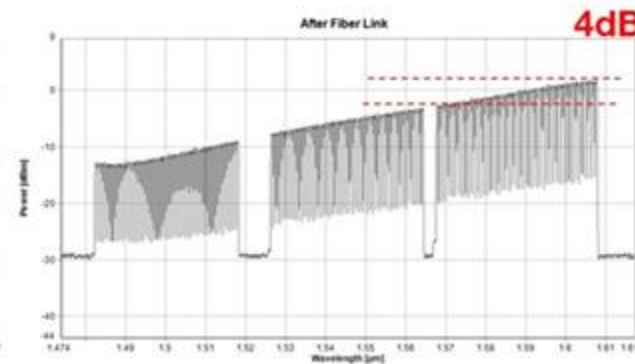
Après 400 km

- Résultats de simulation (Orange) avec $-3\text{dBm}/\text{canal}$ et 64 canaux par bande.
- L'écart de puissance sur le multiplex complet du au SRS atteint **7 dB** après 400 km

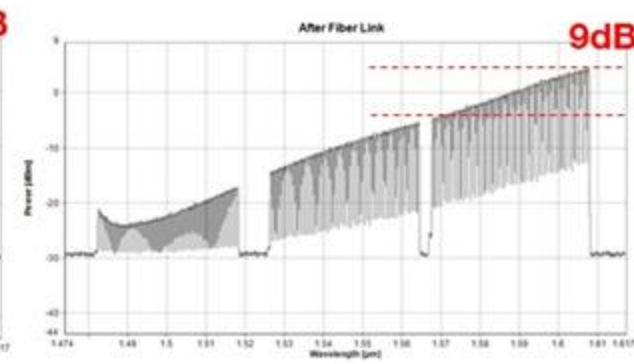
Et en configuration S+C+L



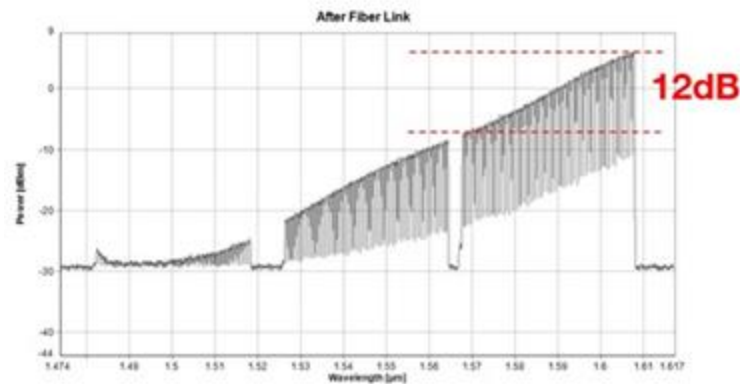
Spectre WDM en entrée



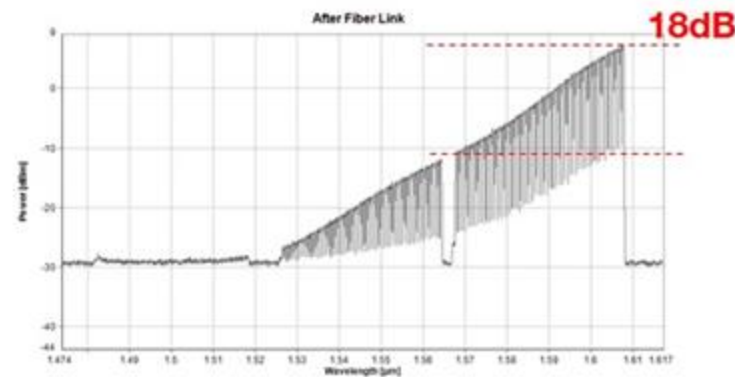
Après 100 km



Après 200 km



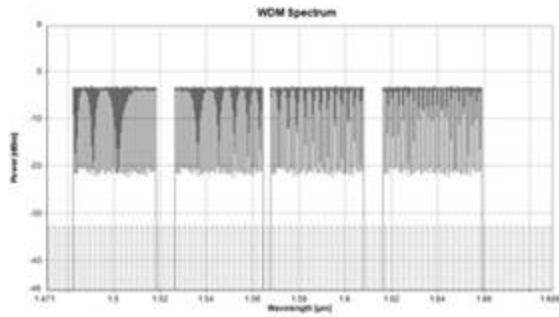
Après 300 km



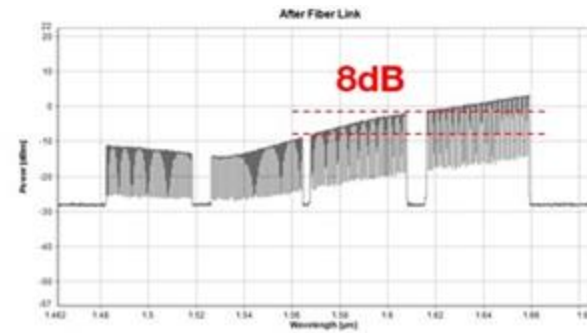
Après 400 km

- Résultats de simulation (Orange) avec 3 bandes et 3 dBm/canal, l'écart de puissance est encore accru.
- La bande S est complètement déplétée au profit de la bande L, l'écart de fréquence correspondant au pic de gain Raman ~ 13 THz.

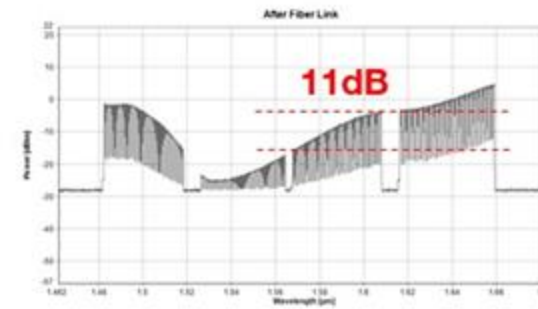
Et enfin en configuration S+C+L+U



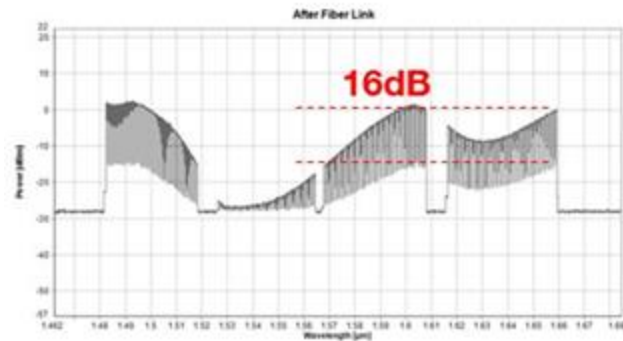
Spectre WDM en entrée



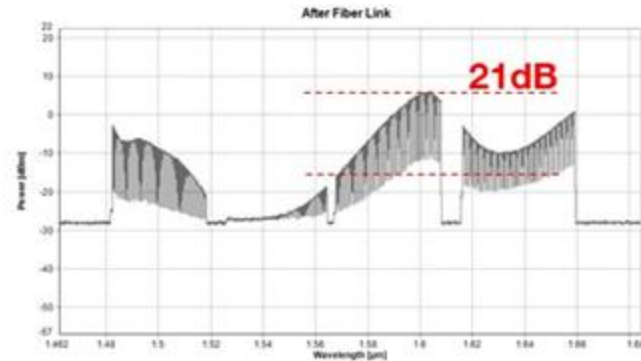
Après 100 km



Après 200 km



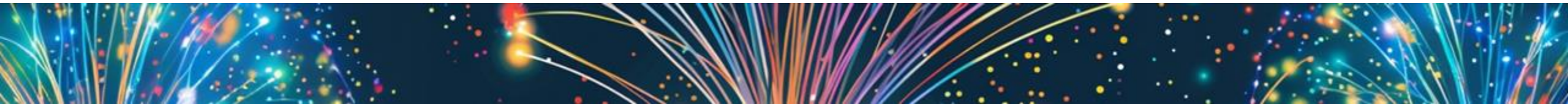
Après 300 km



Après 400 km

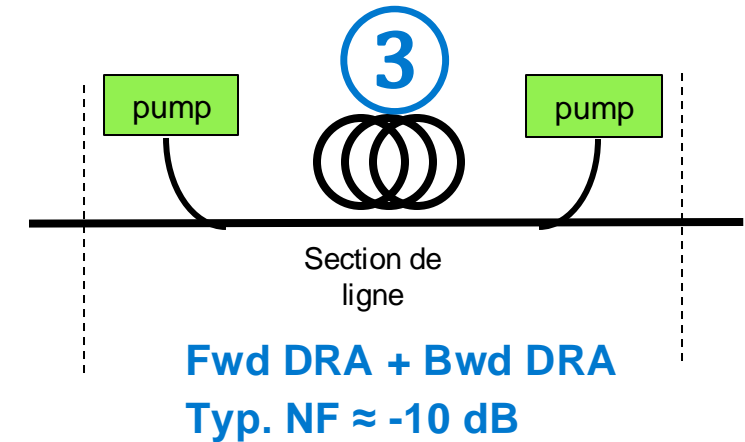
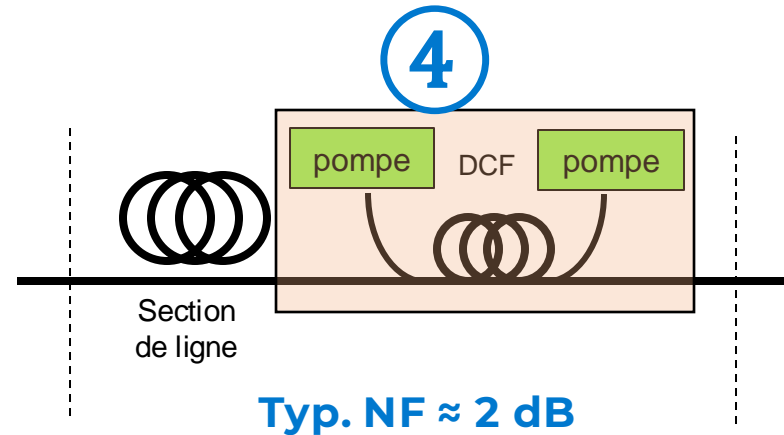
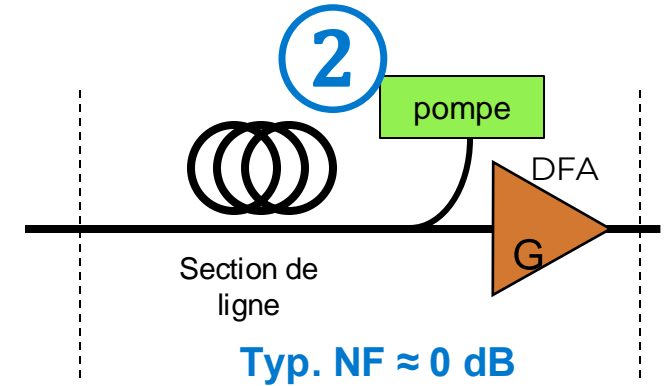
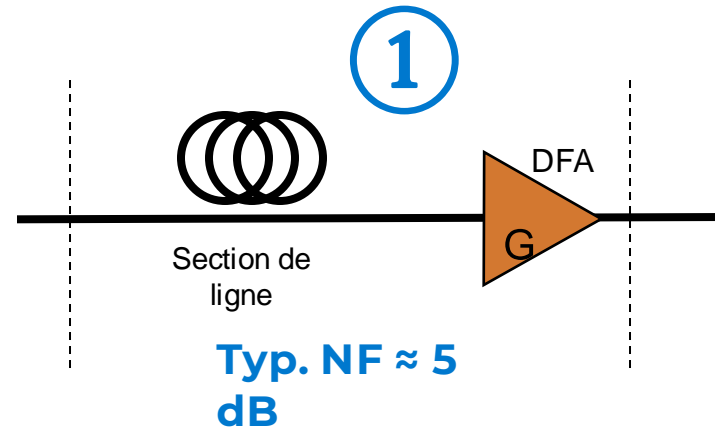
- Cette configuration (S+C+L+U) avec 3 dBm/canal fait apparaître la courbe de gain Raman.
- La conception d'un système multi-bande S+C+L+U sera délicate au vu du déséquilibre de puissance après 200 km.

Résultats de simulation : Orange

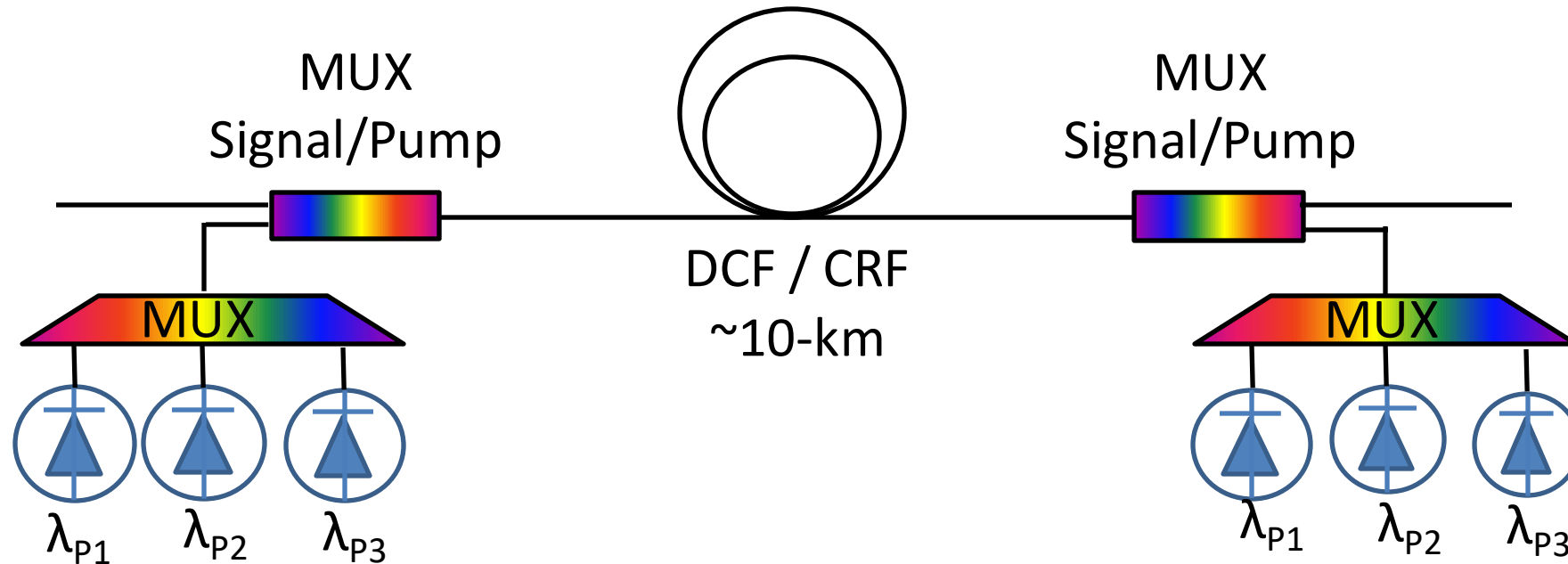


Les configurations d'amplification optique possibles

DFA : Doped Fiber Amplifier
DRA : Distributed Raman Amplifier
LRA : Lumped Raman Amplifier



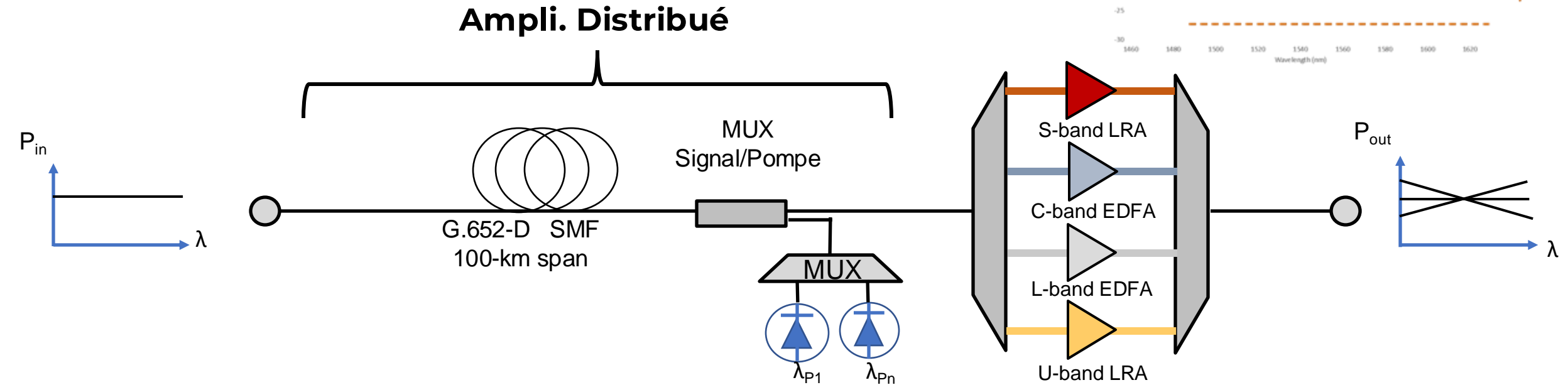
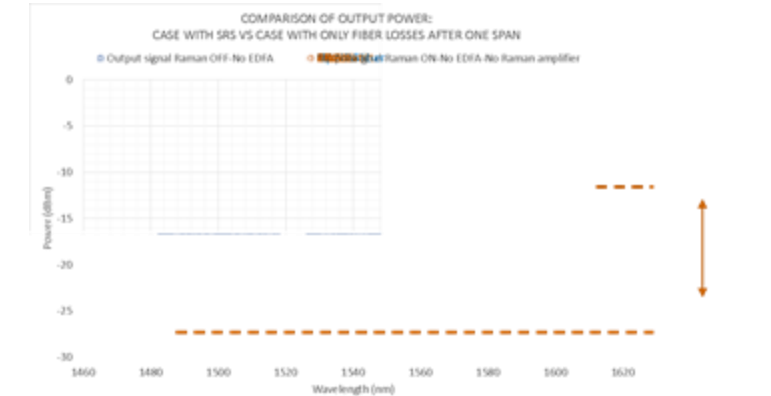
Amplificateur Raman localisé (LRA)



- Pompage Raman co et contra propagatif
- 10 km DCF/CRF
- Objectif: $G_{\text{on/off}}$ = pertes du bond SMF + pertes DCF/CRF
- Deux ou trois pompes Raman (LD ou laser à fibre) à différentes longueurs d'onde
 - égalisation de gain et/ou compensation périodique du SRS

Amplification hybride distribuée+localisée

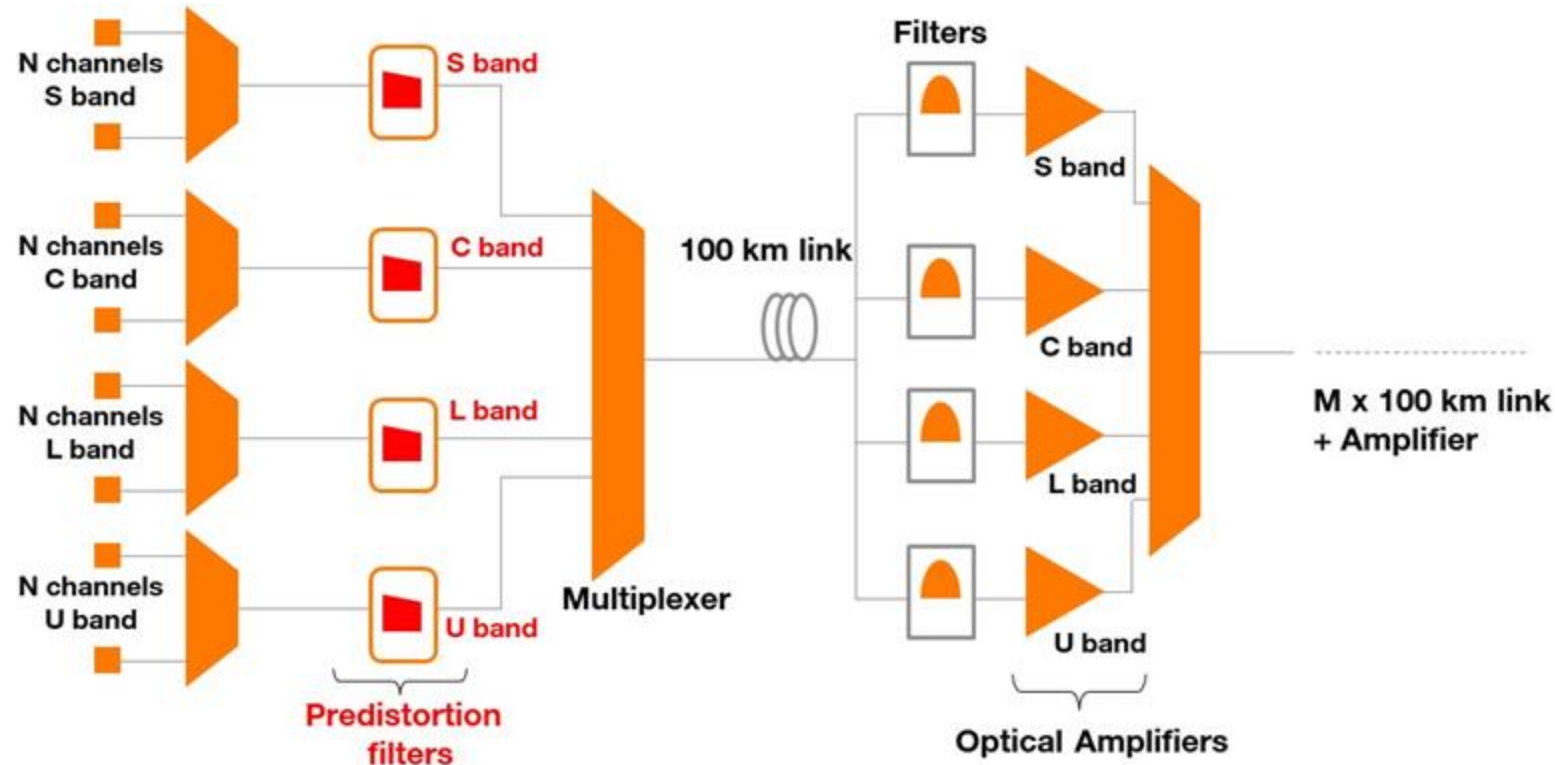
**L'amplification Raman distribuée doit atténuer l'effet du SRS.
Choix judicieux des longueurs et puissance de pompe.**



Le réglage fin des puissances de pompe des amplificateurs Raman contribue à atténuer la diffusion Raman stimulée (SRS).

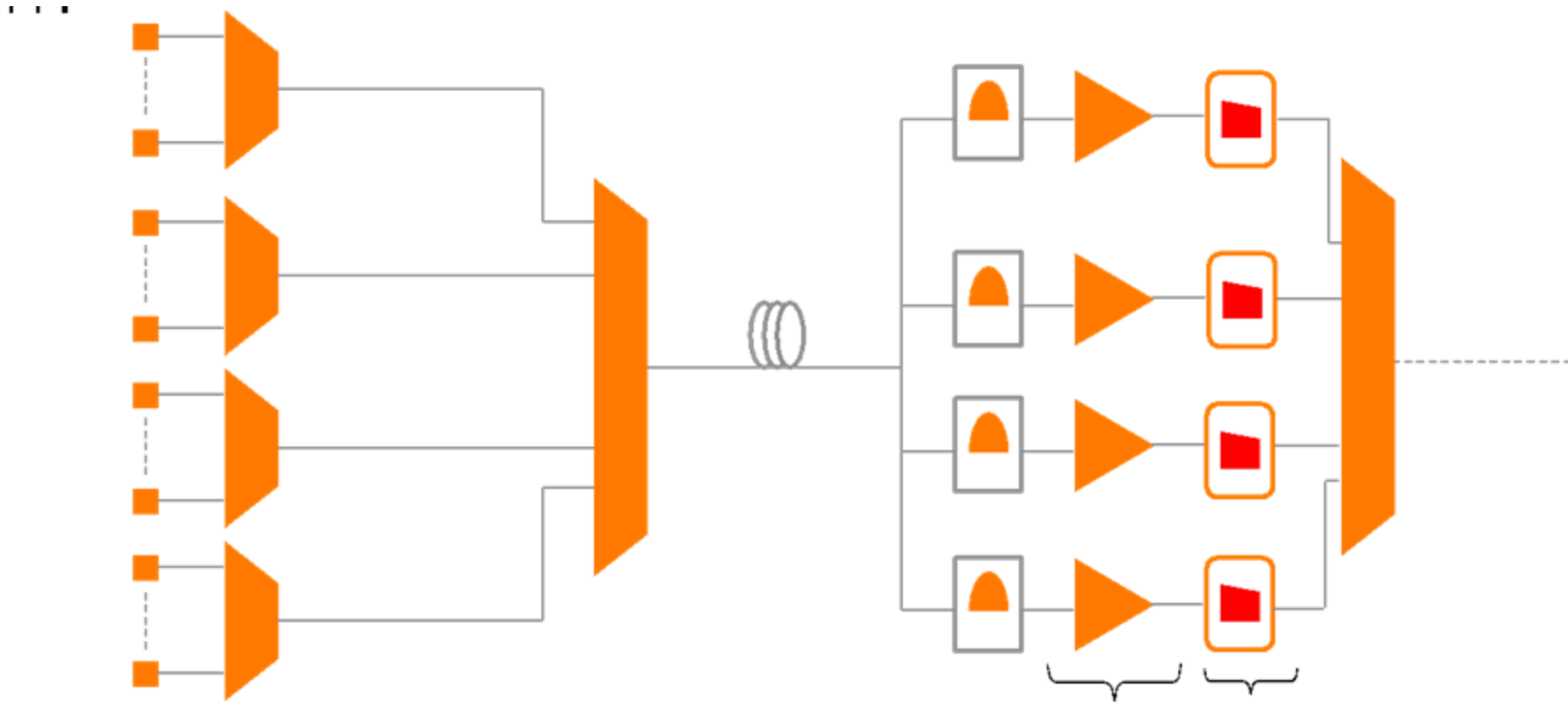
Stratégie de pré-distorsion à l'émission

L'ajout de filtres de pré-distorsion pour chaque bande à l'émission contribue à réduire l'écart de puissance dû au SRS après propagation.

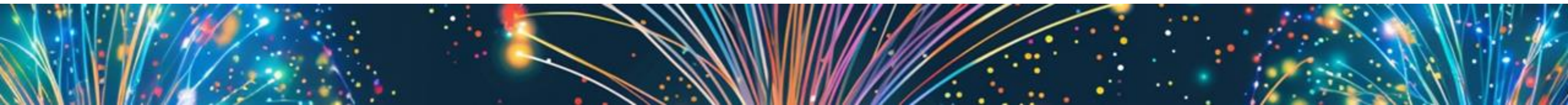


Compensation périodique de gain

- Ajout de filtres compensateurs de gain (GCF) pour chaque band à chaque site d'amplification



- La transmission C+L est gérable en longue distance : aujourd'hui déployée sur les réseaux terrestres voire en liaison sous-marines comme Pacific Light Cable Network PLCN (12800 km de long)
- Au-delà de la configuration C+L, la transmission multi-bandes implique une revisite des architectures d'amplification optique.
- La diffusion Raman stimulée est un obstacle majeur en longue distance.
- Egalisation de gain et pré distorsion constituent des solutions efficaces mais difficulté à conserver des OSNR élevés (>23 dB)
 - Nécessité de rechercher d'autres stratégies,
 - Confirmation du créneau métro/régional
- Réglage fin des pompes Raman (par IA/ML?)
- Au niveau réseau: la bande est une nouvelle dimension à prendre en compte pour la gestion des ressources.





Participez
Slido.com
Code : #30ans



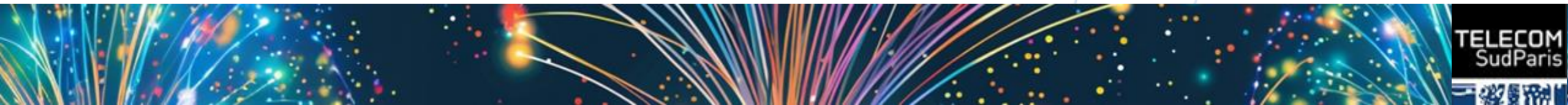
« Les avancées futures avec la fibre optique »

→ Intelligence artificielle

Apprentissage automatique appliqué aux réseaux optiques

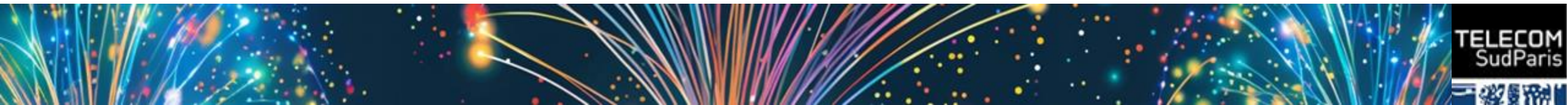
Catherine Lepers
Professeure

Institut Polytechnique de Paris / Télécom SudParis



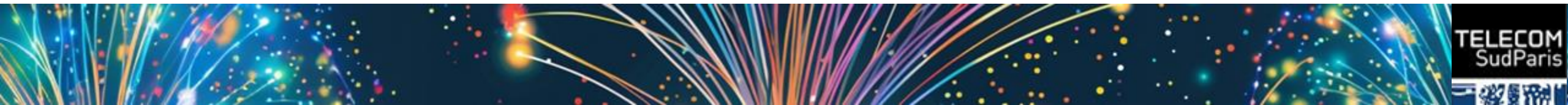
Intelligence artificielle

- Années 1950, intelligence artificielle = comprendre la nature de l'intelligence humaine en essayant de l'imiter sur ordinateur
- Années 1980, deux écoles s'affrontent :
 - [Une école soutenue par les informaticiens.](#)
On conçoit des systèmes experts basé sur des moteurs d'inférence écrits dans des langages formels LISP, PROLOG..
 - [Une école soutenue par les physiciens.](#)
On essaie de modéliser l'évolution des systèmes physiques (nuages, flocons de neige, ..) à partir d'un système initial (automates cellulaires, approche connexionniste, réseaux de neurones..).
On s'intéresse aux capacités d'apprentissage d'un réseau cellulaire.



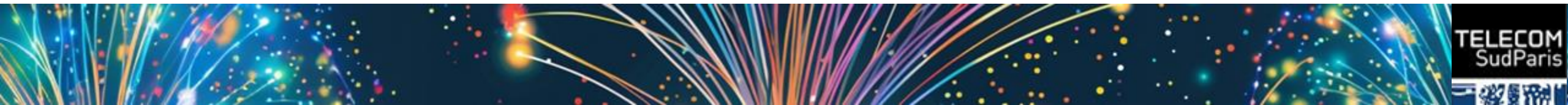
Intelligence artificielle

- Blocage technique: comment faire l'apprentissage multicouche nécessaire pour modéliser des systèmes complexes?
- Années 2000, Geoffrey Hinton trouvent la solution popularisée sous le nom de deep learning.
- En 2012, G. Hinton montre la puissance du deep learning en gagnant un concours de vision par ordinateur et en écrasant l'ensemble de ses concurrents
- En 2013, Google achète la société fondée par G. Hinton puis Deep Mind au prix de 500 milliards de dollars !

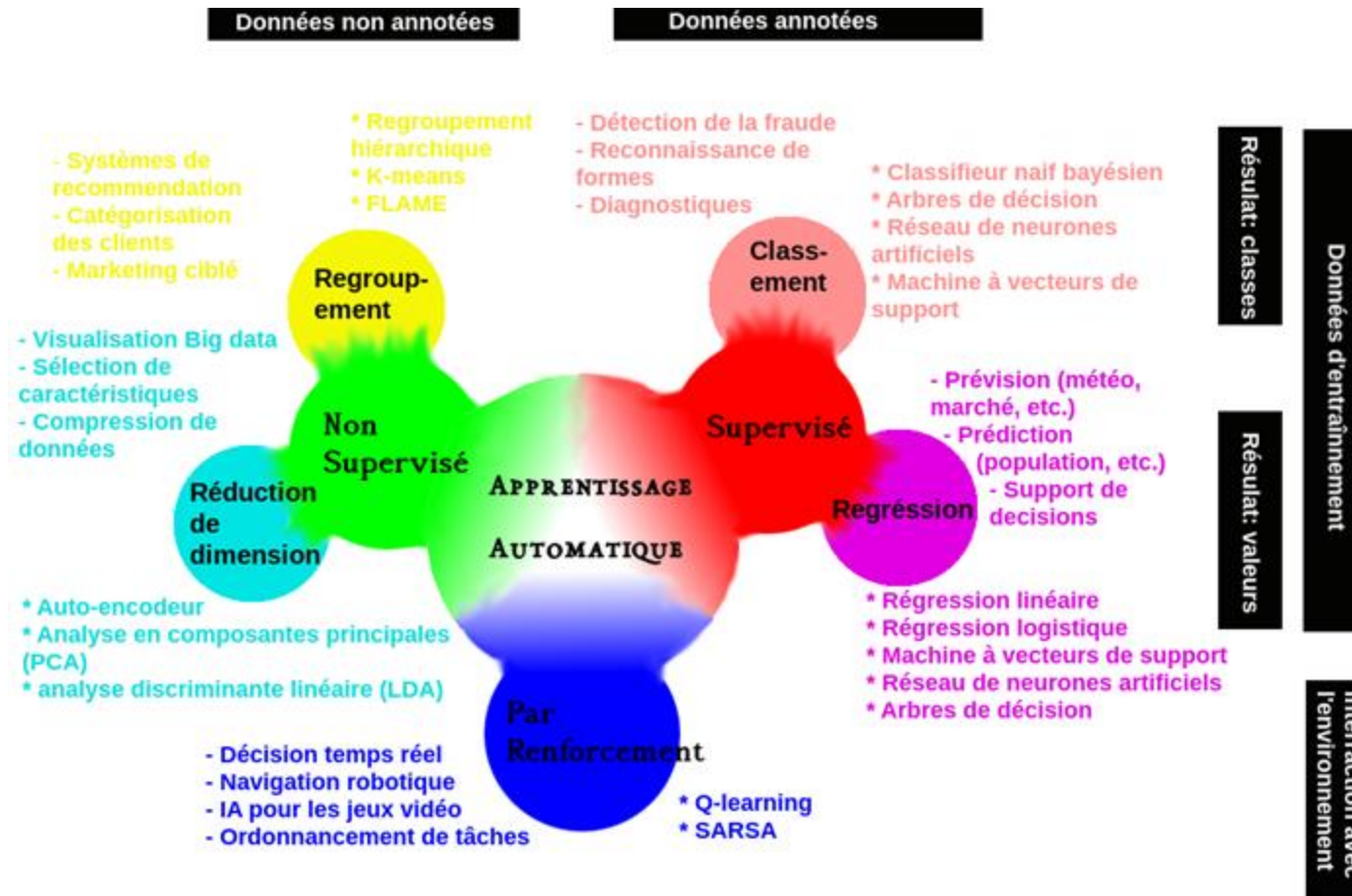


Intelligence artificielle étroite

→ Notion d'intelligence artificielle étroite où les algorithmes utilisent une énorme quantité de données recueillie dans un domaine particulier afin de prendre la meilleure décision par rapport à un but recherché !



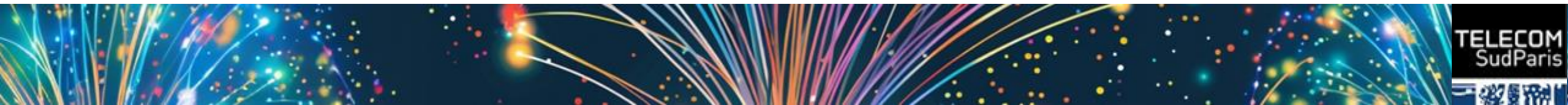
Algorithmes d'apprentissage automatique



Apprentissage automatique appliqué aux réseaux optiques

Cas général	Cas des réseaux optiques
Augmentation du nombre de données disponible	Nombre important de données issues de la surveillance des réseaux
Augmentation de la complexité des systèmes	Vers des réseaux de transport optiques intelligents: Réseaux flexibles, formats de modulation complexes, transpondeurs flexibles, routeurs optiques reconfigurables.. Vers des réseaux d'accès surveillés...
Disponibilité d'outils d'apprentissage automatique (Keras, TensorFlow...)	

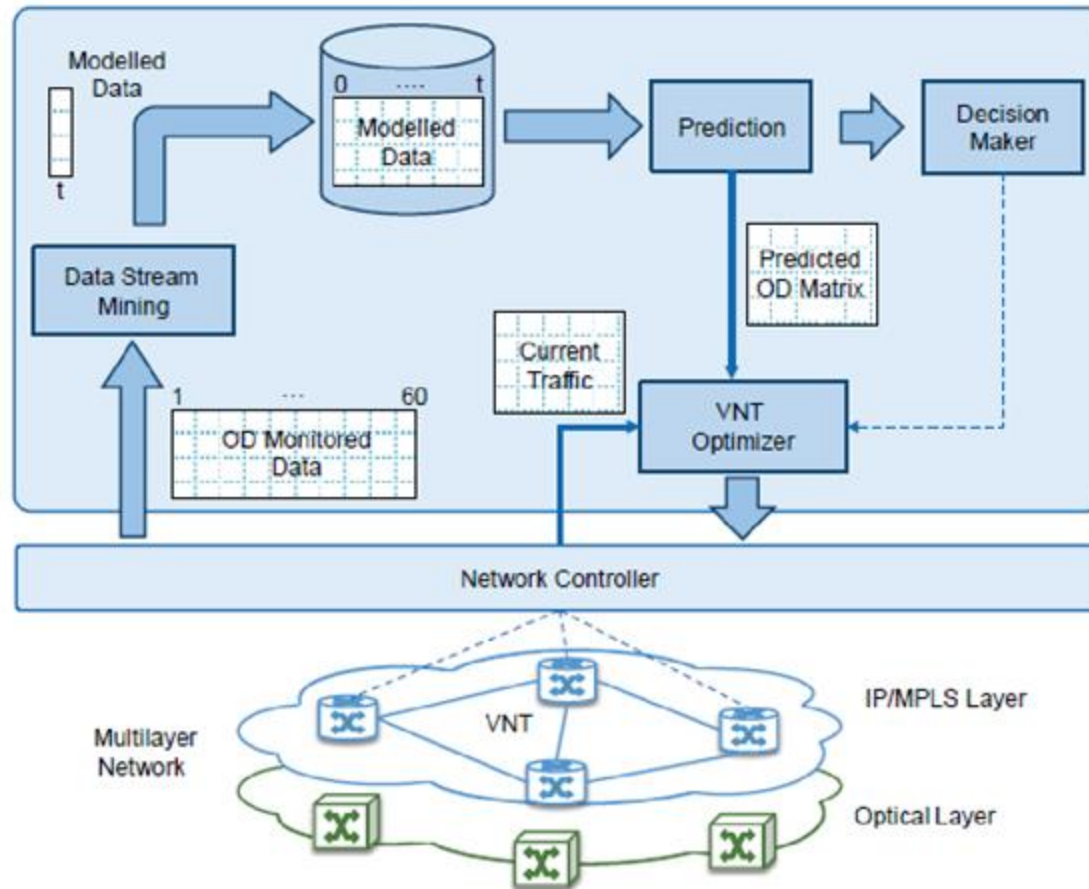
L'apprentissage automatique apporte des solutions à des problèmes complexes



Domaine de la couche réseau

Prédiction de trafic

Design d'une topologie virtuelle



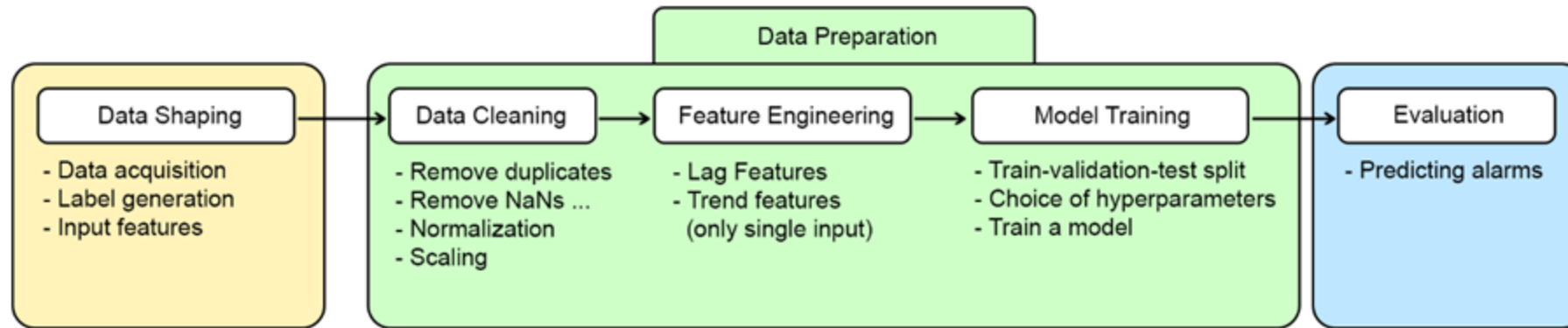
- Données d'entrée: trafic historique
- Données de sortie: trafic bout en bout
- Algorithme: Réseaux neuronaux

- Phase de design: réduire l'over-provisioning
- Phase de fonctionnement : Re-router le trafic

F. Morales, M. Ruiz and L. Velasco, "Virtual network topology reconfiguration based on big data analytics for traffic prediction," *OFC* 2016.

Domaine de la couche réseau

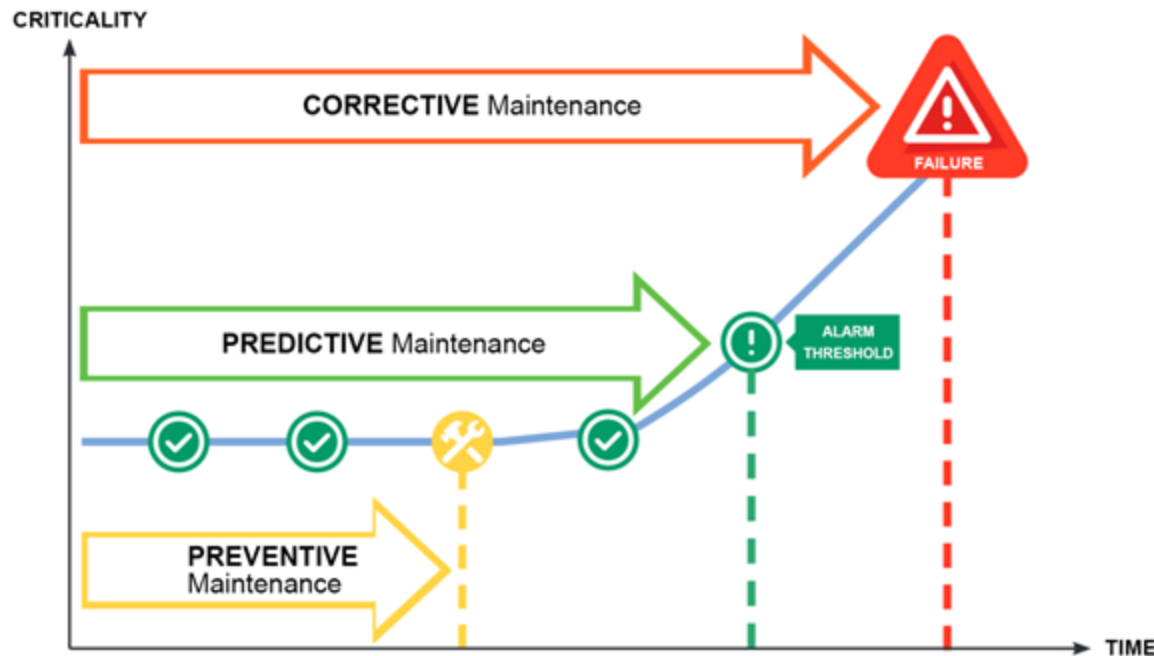
Prédiction d'alarmes dans des équipements (switch, routeurs, firewall,..) de réseaux hétérogènes



- Données d'entrée: traces de surveillance des équipements réseaux
- Données de sortie: deux classes alarme ou non
- Algorithmes: Support Vector Machine (SVM), Random Forest, Neural Network, Adaboost, XGBoost..

➤ Prédire une alarme voire une panne dans un équipement réseau

Contexte des travaux Maintenance prédictive

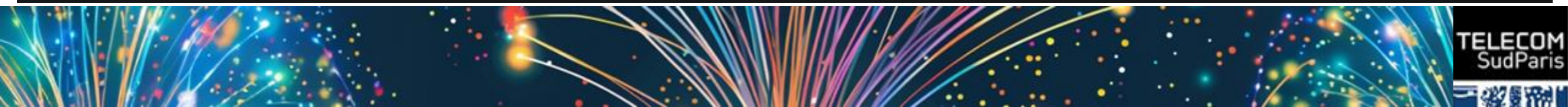


	Customer		SPIE	
	Loss of service	Cost of renewal	Maintenance costs	Urgent planning
Corrective	☹️	😐	☹️	☹️
Preventive	😊	☹️	😊	😊
Predictive	😊	😊	😊	😐

Maintenance des Réseaux FttX, Dossier Technique, Cercle CREDO, 2023
<https://www.cercle-credo.com/dossier-technique-maintenance/>

Acquisition des traces de surveillance des équipements

Alarme



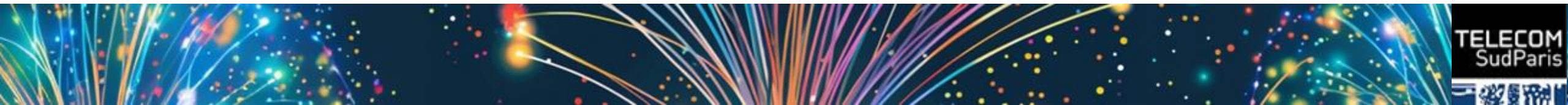
Domaine de la couche physique

- Reconnaissance d'un format de modulation

R. Borkowski, D. Zibar, A. Caballero, V. Arlunno and I. T. Monroy, "Stokes Space-Based Optical Modulation Format Recognition for Digital Coherent Receivers," *IEEE Photonics Technology Letters* 2013.

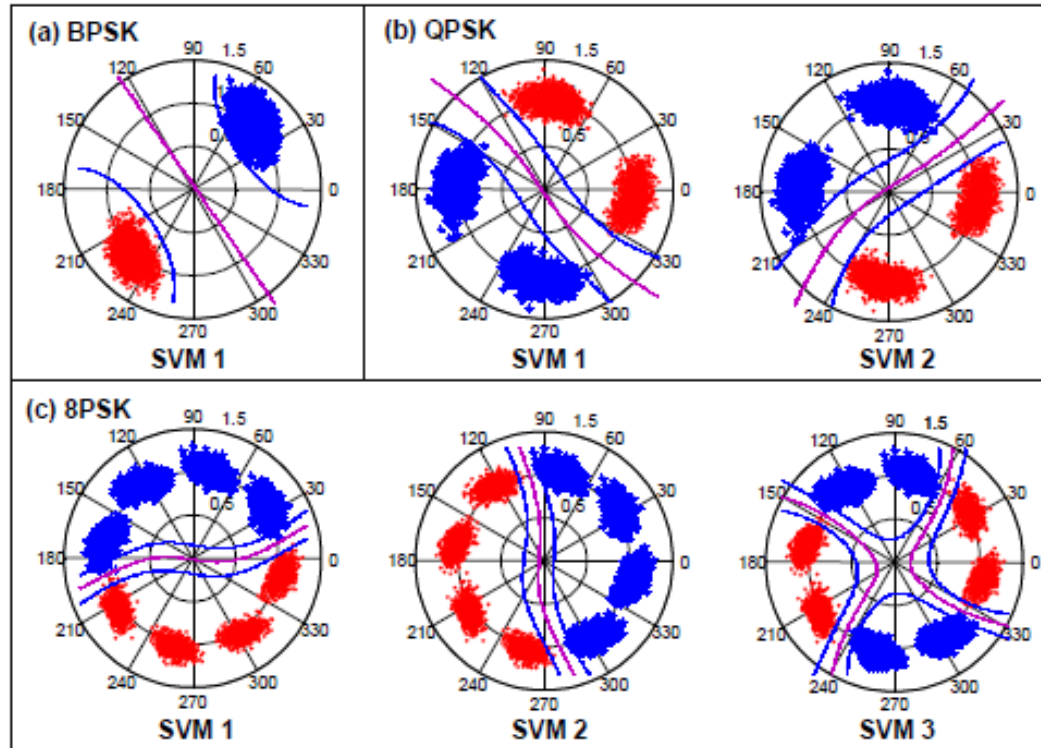
- Données d'entrée: Représentation dans l'espace de Stokes
- Données de sortie: Format de modulation
- Algorithme: Techniques de Bayes variationnelles

➤ Détection dynamique de changements dans le format de modulation



Domaine de la couche physique

- Diminution de l'impact des non linéarités



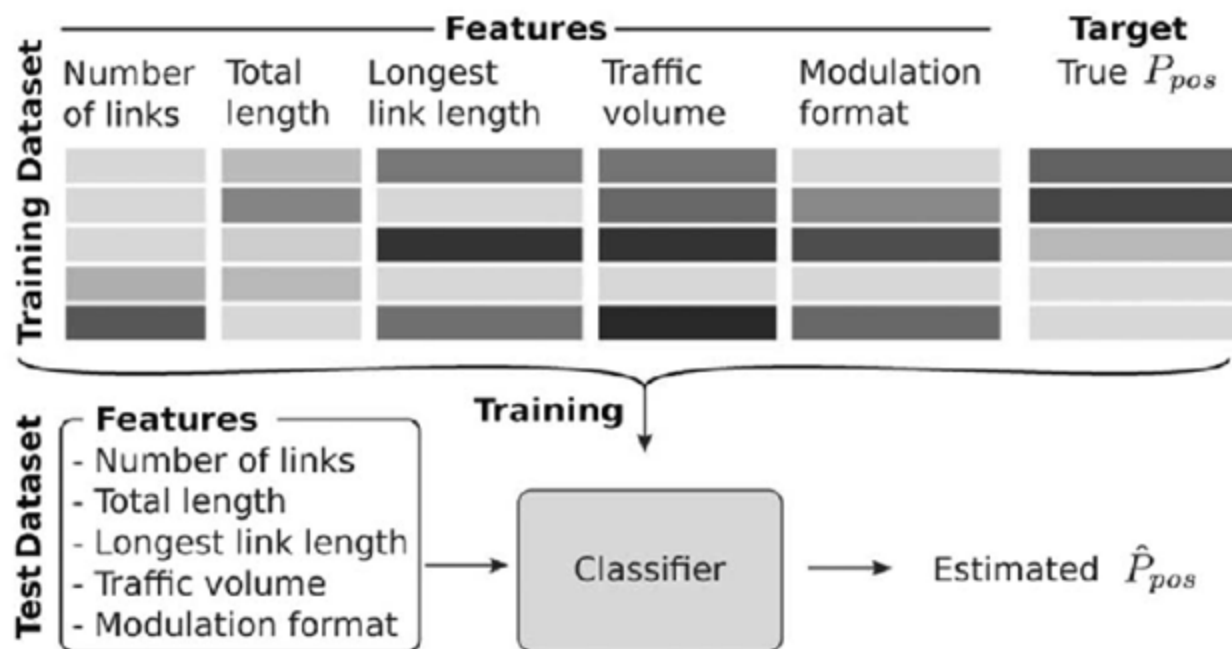
- Données d'entrée: symboles reçus
- Données de sortie: BER
- Algorithme: k plus proches voisins

- Détection de symbole
- Prédistortion

D. Wang *et al.*, "Nonlinear decision boundary created by a machine learning-based classifier to mitigate nonlinear phase noise," *ECOC 2015*

Domaine de la couche physique

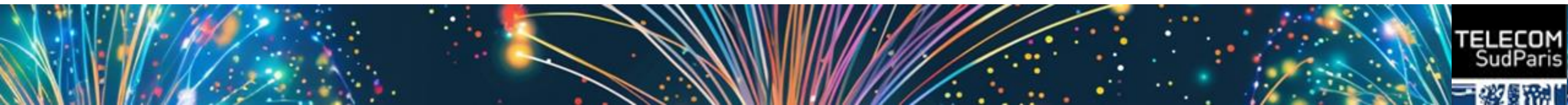
Estimation de la qualité de transmission (QoT)



- Données d'entrée: routage d'un chemin, format de modulation, volume de trafic
- Données de sortie: taux d'erreurs binaires (BER)
- Algorithme: Random Forest

- Chemins non établis: Prédiction
- Chemins établis: contrôle

C. Rottondi, L. Barletta, A. Giusti and M. Tornatore, "Machine-learning method for quality of transmission prediction of unestablished lightpaths," *IEEE Journal of Optical Communications and Networking*, 2018.

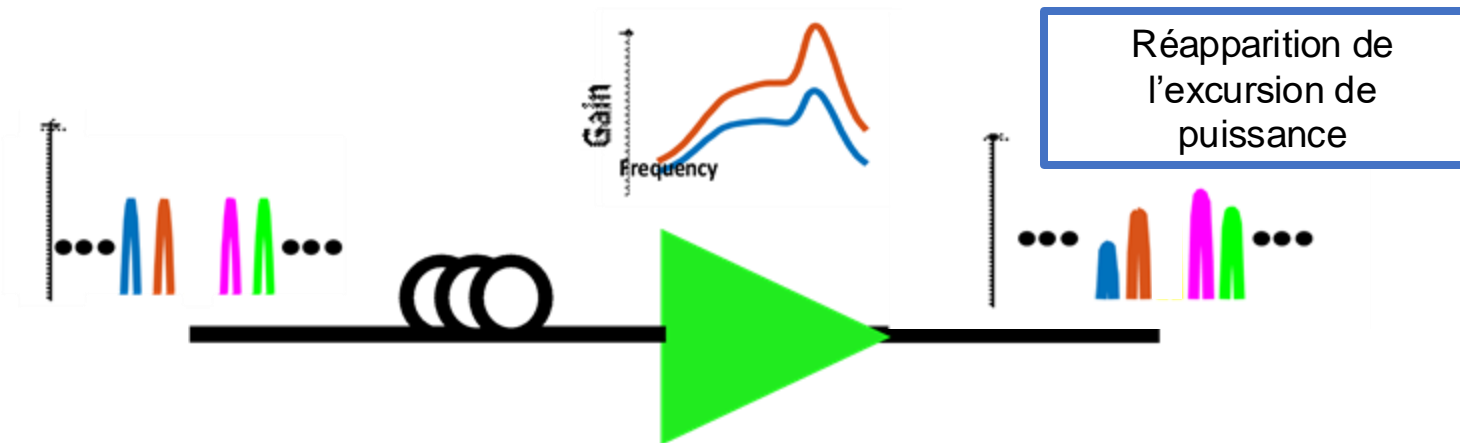


Domaine de la couche physique

Contrôle d'amplificateurs optiques EDFA

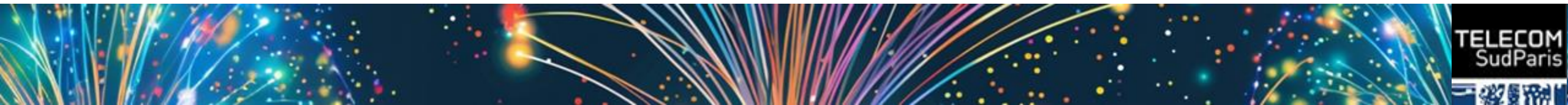
■ Problème identifié : excursion de puissance dans une cascade d'amplificateurs

- AGC mode (Automatic Gain Control) agit sur la puissance optique moyenne et non sur la puissance optique par canal WDM
- Solution la plus utilisée: Techniques "égaliseur de gain" sensibles au changement des points de fonctionnement des amplis



- Données d'entrée: puissance optique d'entrée par canal WDM
- Données de sortie: puissance optique de sortie par canal WDM
- Algorithme: Réseaux neuronaux

→ Prédiction de l'excursion de puissance dans une configuration donnée des canaux en entrée



Acquisition des données synthétiques par simulations du système WDM

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	...	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79
0	0.0	1.0	1.0	0.0	1.0	0.0	0.0	1.0	1.0	0.0	...	1.0	1.0	1.0	0.0	1.0	1.0	1.0	0.0	1.0	1.0
1	1.0	1.0	1.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	...	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0	0.0	0.0
2	1.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	1.0	1.0	1.0	1.0	...	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	1.0
3	1.0	1.0	0.0	1.0	1.0	1.0	0.0	1.0	0.0	0.0	...	1.0	1.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	1.0	1.0	1.0	0.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.0	...	1.0	1.0	1.0	0.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

1 si le canal d'entrée est activé

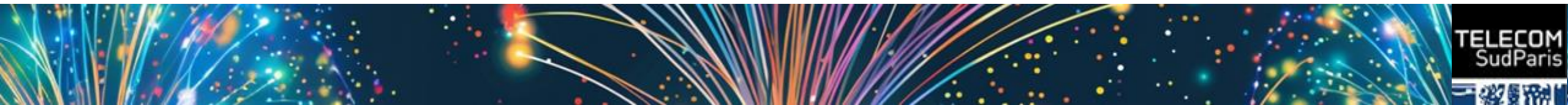
0 si le canal d'entrée est éteint

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	...
0	0.031227	0.381522	0.400294	0.069707	0.411748	0.037314	0.042382	0.515707	0.534360	0.090670	...
1	0.403364	0.461470	0.447966	0.078109	0.462367	0.041847	0.001073	0.049994	0.555833	0.102407	...
2	0.378265	0.034374	0.039893	0.445414	0.040513	0.046271	0.565826	0.642746	0.672298	0.642084	...
3	0.430161	0.452729	0.078757	0.509757	0.583703	0.566013	0.097849	0.574082	0.051910	0.001228	...
4	0.373972	0.428122	0.417812	0.072452	0.466908	0.534079	0.561698	0.585945	0.561922	0.095114	...

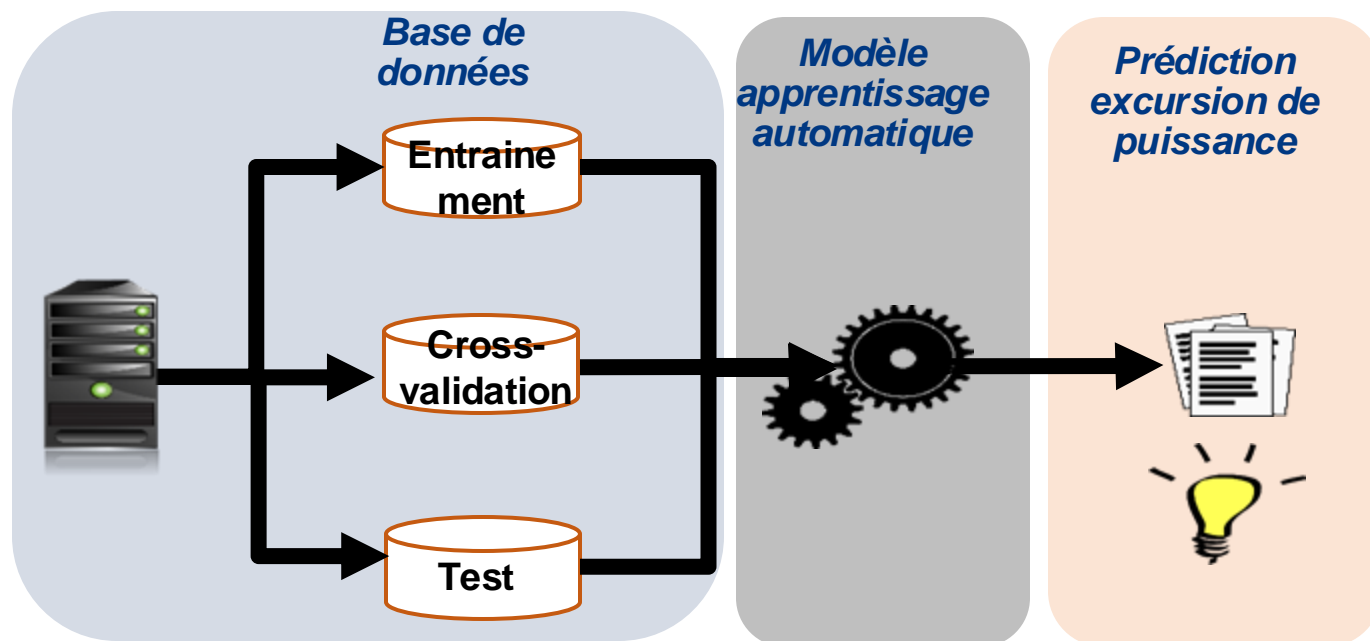
80 canaux en abscisse

300 simulations en ordonnée pour un amplificateur dans le système WDM

104 simulations en ordonnée pour une cascade de 5 ampli dans le système WDM



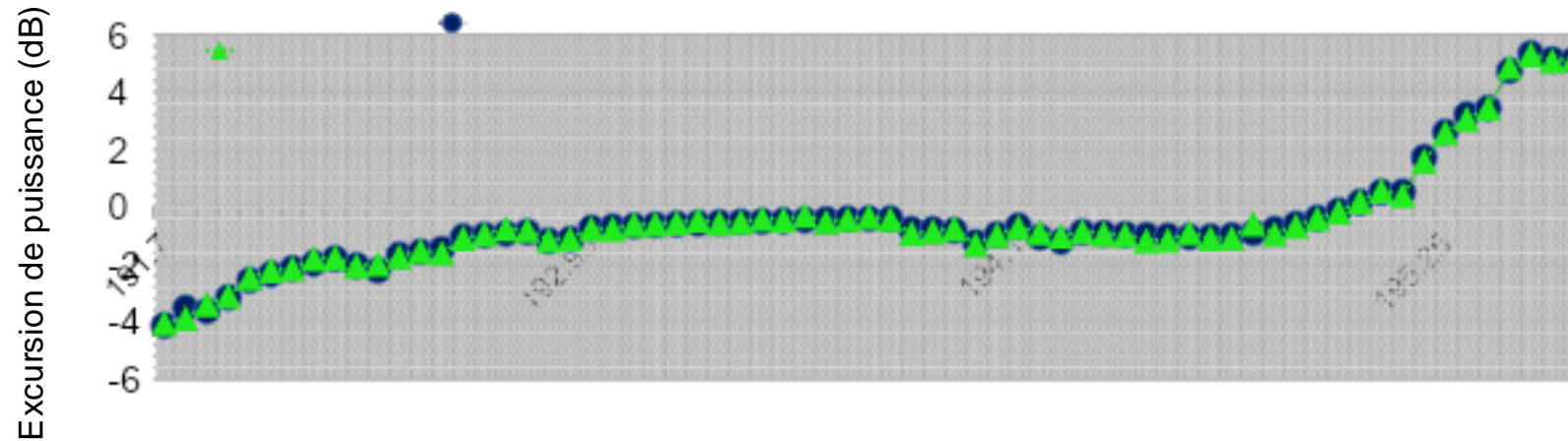
Application du modèle d'apprentissage aux données acquises



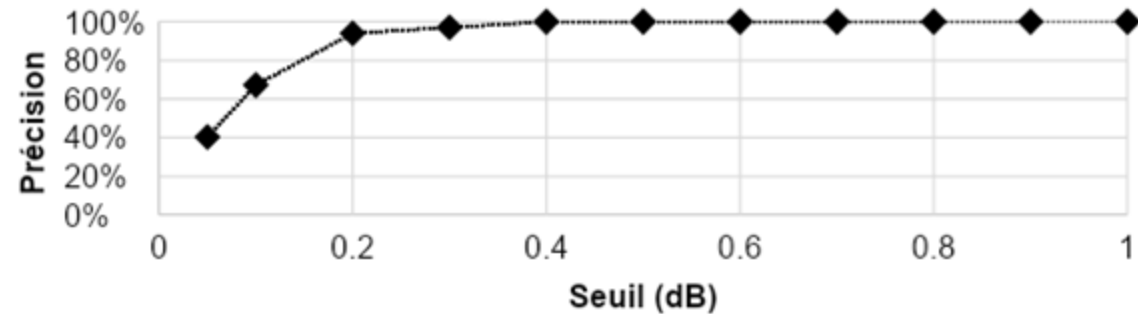
- Entrainement et cross-validation du module d'apprentissage automatique
- Test de la prédiction de l'excursion de puissance optique

M.Freire et al., Predicting Optical Power Excursions in Erbium Doped Fiber Amplifiers using Neural Networks, ACP2018

Prédiction de l'excursion de puissance dans un système WDM



- Précision du test en fonction de la différence minimale acceptable entre les valeurs prédites et les valeurs synthétiques obtenues par simulation
- 90% de précision pour un seuil de 0.2 dB



Conclusions

Comment exploiter les données synthétiques ou réelles des réseaux optiques pour atteindre un objectif bien précis:

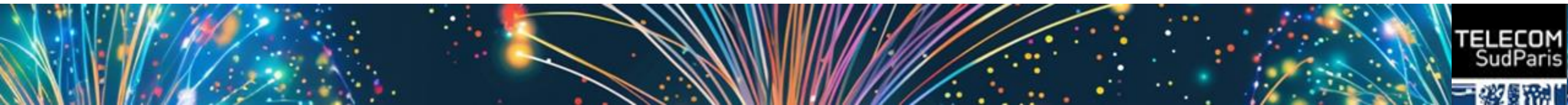
- Prédire des pannes dans les équipements réseaux
- Prédire l'excursion de puissance due aux amplificateurs optiques EDFA
- Prédire la qualité de transmission des systèmes optiques
- Reconnaître les formats de modulation utilisés lors d'une transmission optique
- Minimiser l'impact des non linéarités dans les systèmes WDM
- Calculer les meilleurs chemins nœuds source-destination dans les réseaux en fonction de la portée, de l'OSNR à atteindre

Et ensuite, appliquer des techniques complémentaires comme l'apprentissage par renforcement pour :

- Mettre en place des techniques de précompensation afin de corriger les problèmes identifiés
- Mettre en place une maintenance prédictive (mid-term entre une maintenance préventive et une maintenance corrective)

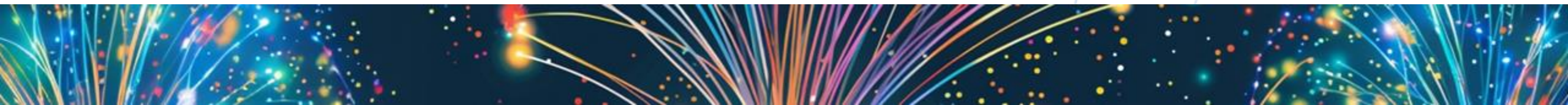
Pour y arriver:

- Trois ingrédients à mobiliser : des tonnes de données, des grandes capacités de calcul et l'effort d'ingénieurs compétents dans leur domaine d'application



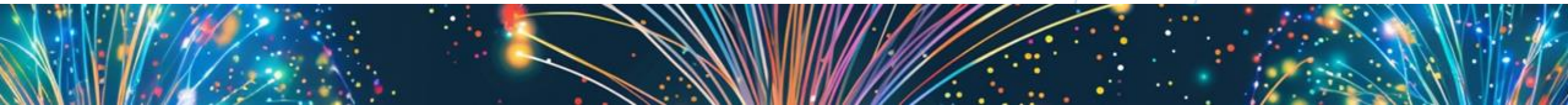
18h20

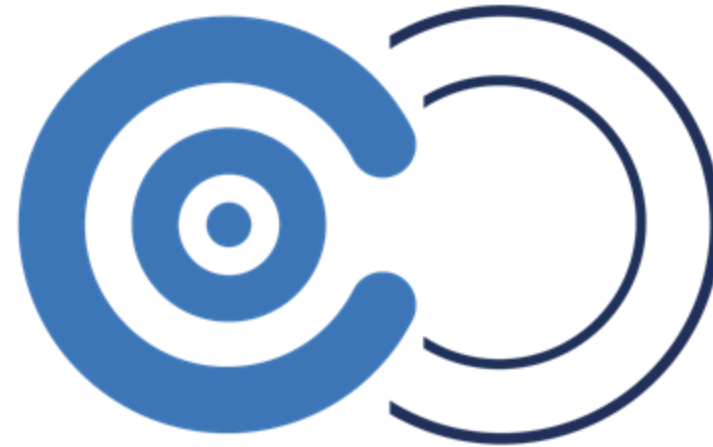
« Le futur du Cercle CREDO »



Présentation de la nouvelle marque

Jacques Poléni
Délégué Général
Cercle CREDO





CERCLE
CREDO

L'ASSOCIATION DES EXPERTS ET DES ACTEURS
DE LA FIBRE OPTIQUE



CERCLE
CREDO



Les perspectives 2025-2030 de l'association

Jacques Poléni

Délégué Général
Cercle CREDO

Vincent Roger-Machart

Chargé de missions **Cercle CREDO**
Président **Cogicom**

Plan stratégique 2025-2030



Opérationnel



Plan d'actions basé / 3 piliers

➤ Observation, Développement, Innovation

Fonctionnel



Plan d'actions / 3 axes

➤ Échanges, Événements, Positionnement



Plan d'action basé sur nos valeurs et principes :

- Savoir-faire et expertise technique
- Indépendance
- Intérêt général



2025-2030 : Stratégie opérationnelle



Observations

Panorama des **technologies de connectivité** alternatives au FttH

La **convergence** des réseaux

Le rôle des **GAFAM**

Les **réseaux de collecte** fibre optique dans les **réseaux sans fil**

Impact de la **5G / 6G** sur les réseaux fibre optique

Sécurité des réseaux, Cybersécurité



2025-2030 : Stratégie opérationnelle



Développements

Nouveaux **composants** / Nouveaux **réseaux**

Fin du cuivre

Exploitation, **maintenance, qualité et résilience** des réseaux

Formation, labellisation, bonnes pratiques

Enjeux **environnementaux**

La fibre dans les **datacenters**

2025-2030 : Stratégie opérationnelle



Innovation

Réseaux en partie privée

Nouvelles technologies **PON**

Usages de la fibre optique

Protéger l'environnement

IA, ML, SDN, virtualisation des réseaux

Communications **quantiques**

2025-2030 : Stratégie fonctionnelle



Echanges - Évènements

Poursuite des **groupes de travail**

Développement de **nouveaux** groupes

Publications nouvelles : fiches, dossiers et guides

Renforcement des **ateliers**

Développement de nos événements : **RDV de la fibre, afterwork**

Événements communs avec partenaires (colloques, salons...)

2025-2030 : Stratégie fonctionnelle



Positionnement

Demeurer un **référént** du domaine de la fibre optique

Partager le **savoir-faire** et les règles de l'art

Renforcer les **contributions** avec les institutions

Pérenniser les **partenariats** actuels, les actions communes

Partager nos compétences techniques et technologiques avec les organisations professionnelles

Participer de manière collective **avec nos membres** à des salons/événements.





Nos membres

Acnet
Syndicat Professionnel

ACOME

PHIBER

Alpa Mayo

ALTEIS



A.N.T.
CONSEIL

axians

axione

BANQUE des
TERRITOIRES

CACIS

cailabs
SINCE 1997

CERENE

CEV

circet
CRÉATEUR DE RÉSEAU

ciril
GROUP

COGICOM
VOS FORMATIONS TELECOMS

CONSUL-TEL

CORNING

COVAGE

dbéeSet
TECHNOLOGY

deepomatic

Edgar Cases
Expertise et Conseil

dotic

DoubS

DRIVOPTIC
Qualité d'Infrastructures

eight
CONSEILS & SOLUTIONS INNOVANTES POUR TOUTES VOS
ACTIVITÉS & SOLUTIONS CONNECTÉES

enedis
L'ÉLECTRICITÉ EN RÉSEAU

ESIGELEC
BRIEFING - École Supérieure d'Ingénierie

EXFO

FIBAPT

FIRALP

FNCCR
SERVICES PUBLICS LOCAUX
DE L'ÉNERGIE, DE L'EAU,
DE L'ENVIRONNEMENT ET
DES É-COMMUNICATIONS

FOLAN
INFRASTRUCTURE MOBILE & TELECOM

FORMA
2000+

FORTEL
Fibres Optiques
pour Réseaux de
Télécommunications

gabocom

Hi
HAPPY
INDUSTRIE
INNOVATION DESIGN

ideaoptical
ACOME GROUP

iellid

IFOTEC

Infractive
Visualisez votre réseau

INSIDEX
Telecoms
St-Malo

Netceed

NGE
INFRANET

NOVEA
Nouvelles Opérations de
Vieilles Énergies

ON-X
GROUPE

Pine
Networks

Ducretet
Pour se former, c'est du concret

Rte

Groupe Setics

SERFIM T.I.C.

SIQA

SKYLANE
OPTICS
Les solutions lumineuses

SOCOTEC

Solutions30
Solutions for New Technologies

SPIE

Strategic
Scout

SUDALYS
SUDALYS

suez
Consulting

SWP
Smart World Partners

TACTIS

tdf

#Telencostore

tpo

VIAMI

XpFibre

VIVAX
METROTECH



Nos partenaires





CERCLE
CREDO

MERCI À TOUS !

 **ACOME**

 **altitude Infra.**
Investir | Construire | Exploiter

 **BANQUE des**
TERRITOIRES
GROUPE CAISSE DES DÉPÔTS

 **circet**
CRÉATEUR DE RÉSEAUX

CORNING

VIavi



CÉRÉMONIE

DU 30^{ÈME} ANNIVERSAIRE



ALLOCUTION

Laure de La RAUDIÈRE
Présidente de l'**ARCEP**

ALLOCUTION

Patrick CHAIZE

Sénateur de l'Ain, Président de l'**Avicca**

Vice-Président de la **FNCCR**



BANQUE des
TERRITOIRES
GROUPE CAISSE DES DÉPÔTS

ALLOCUTION

Antoine DARODES

Directeur Investissements Transition Numérique
Caisse des Dépôts - Banque des Territoires

INTERVENTION DES MEMBRES FONDATEURS

Sébastien SIHLÉ

Directeur général délégué

Circet

Message de Sébastien SIHLÉ

Directeur général délégué **Circet**

« Circet et le CREDO c'est une histoire bâtie solidement depuis sa création.

Dans les phases de déploiement, d'exploitation et de maintenance des réseaux de télécommunication en France, les échanges ont toujours été nourris au sein du CREDO, nos experts ont eu plaisir à participer, et nous en avons toujours retiré d'utiles réflexions tout comme nous espérons avoir apporté notre pierre au CREDO. Ces échanges ont nourri notre expertise que nous proposons à nos clients. Après la France, Circet a pu se développer et offrir ses services dans 13 pays en Europe, en Afrique du Nord et en Amérique. Et cela a apporté autant de comparaisons de modèles, d'échanges, toujours avec le but d'apporter expertise et satisfaction à nos clients.

Je suis justement à l'étranger et ne peut être avec vous ce soir,
Alors belle soirée à vous tous ! »



INTERVENTION DES MEMBRES FONDATEURS

Jacques de HEERE

Président d'**Acome**

Vice-Président du **CSF numérique**

INTERVENTION DES MEMBRES FONDATEURS

Laurent URBANO

Key account manager

Corning