

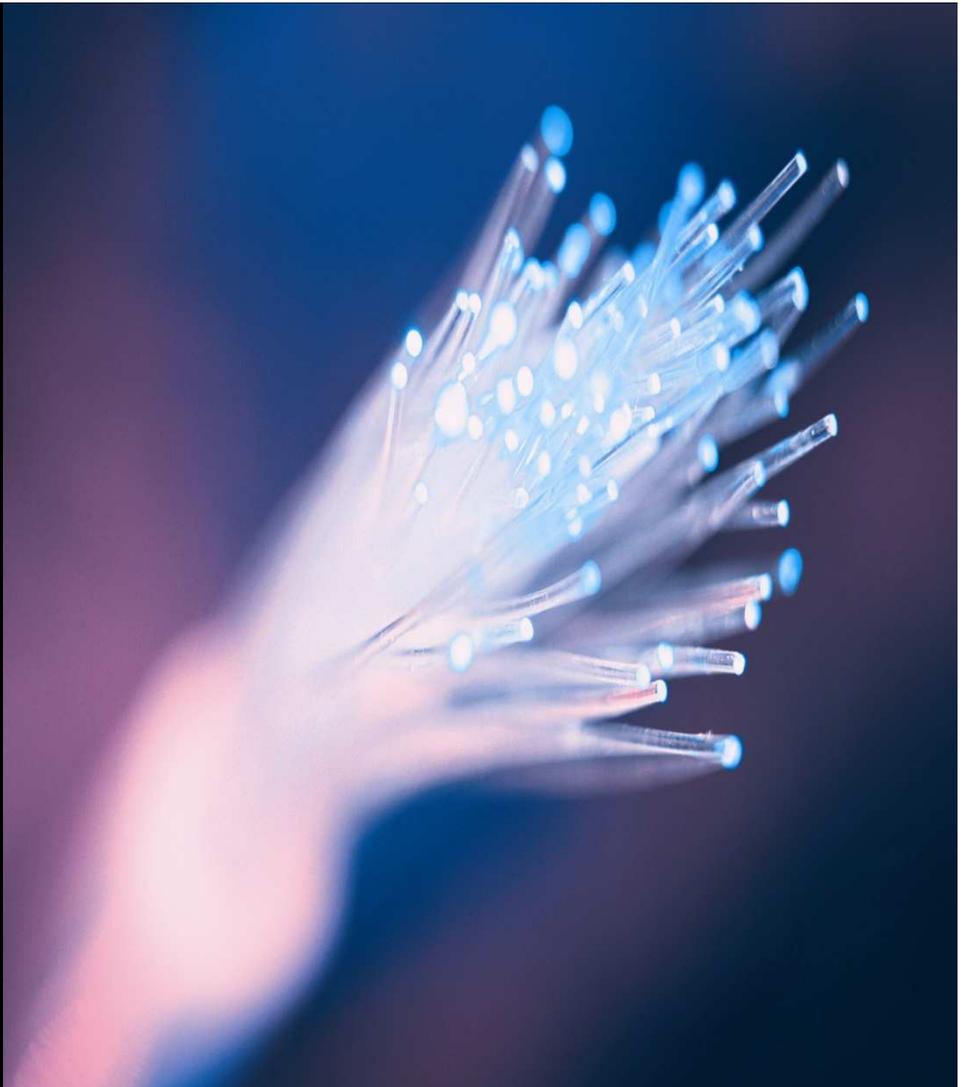
Orange

**Liaisons sur fibres
à très haut débit
Le cas des réseaux
sous-marins**

1 décembre 2016



**Nicolas Brochier
Orange Labs Networks**



Liaisons sur fibres à très haut débit

Le cas des réseaux sous-marins

1. Les réseaux sous-marins

2. Les principaux enjeux pour les années à venir

- l'augmentation de la capacité**
- des systèmes propriétaires aux systèmes ouverts**

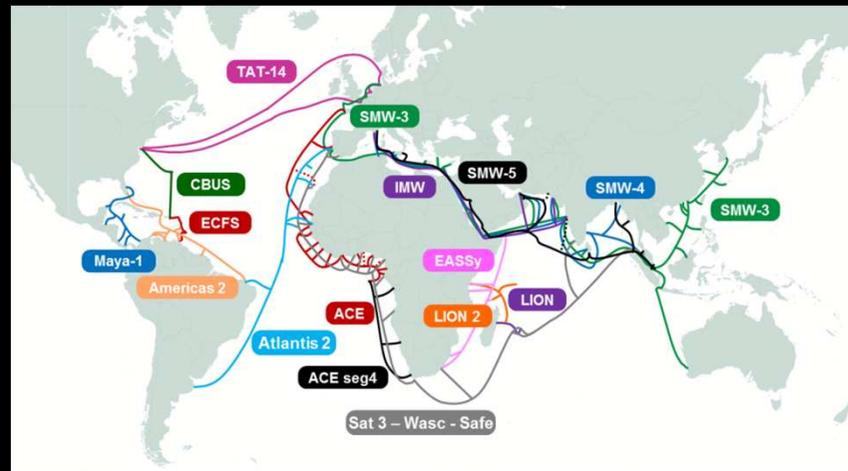
1. Les réseaux sous-marins



Les réseaux sous-marins à Orange

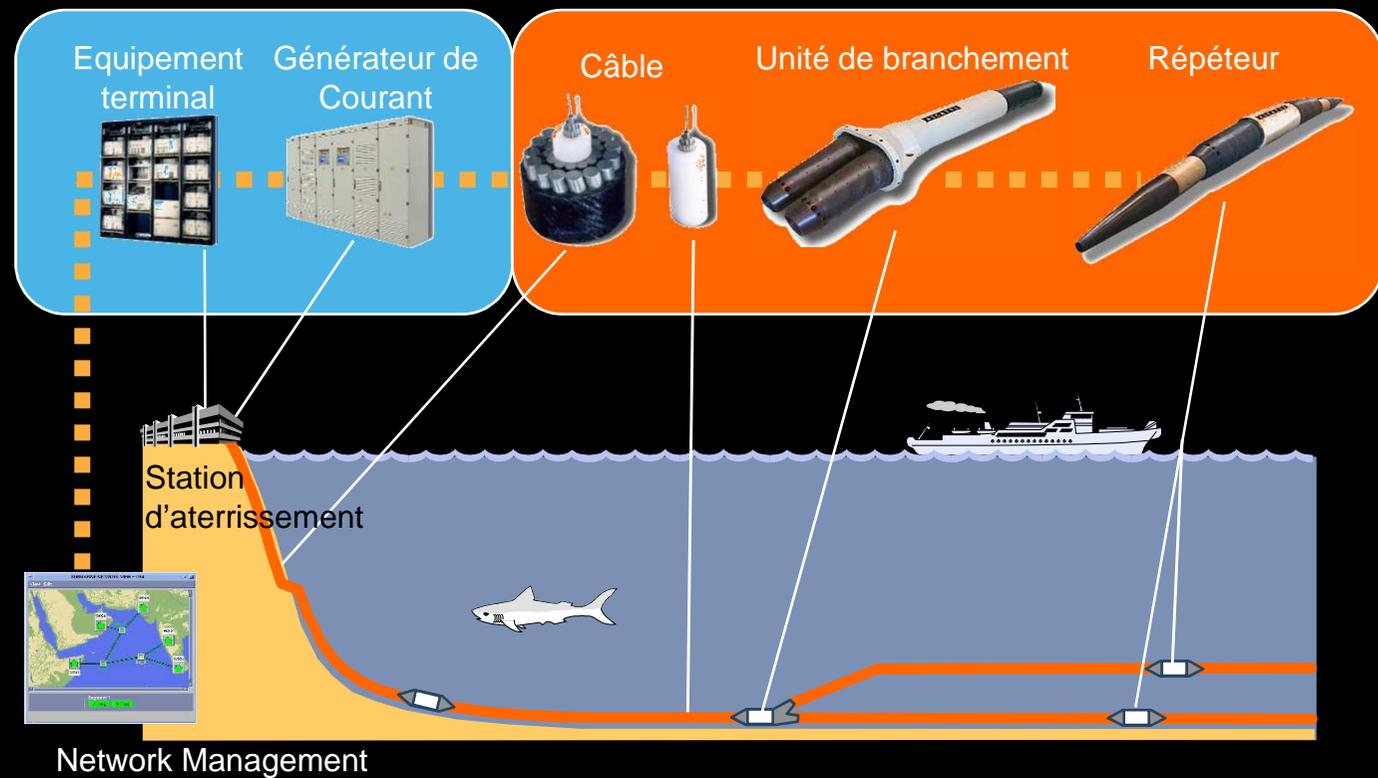
- Orange est un des acteurs majeurs dans le domaine des réseaux sous-marins, avec une participation dans plus de **40 câbles** et dans les principaux consortiums.
 - représente environ **450 000 km de câbles sous-marins** (la plupart en consortium)
 - transporte **plus de 1 Tbit/s** de données

- Environ **~99%** du trafic intercontinental est transporté par des câbles sous-marins

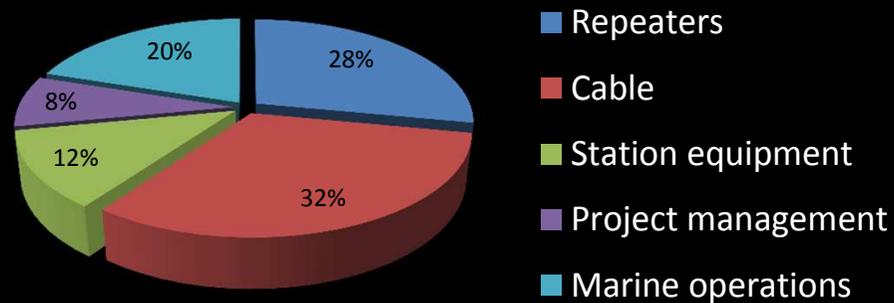


Les réseaux sous-marins

- Financement par des **consortium d'opérateurs**
- Durée de vie garantie **25 ans**



Structure de coût typique d'un câble sous-marin



- **~80% partie immergée**

- répéteurs
- câbles
- installation de la partie immergée

- **~ 20% partie terrestre**

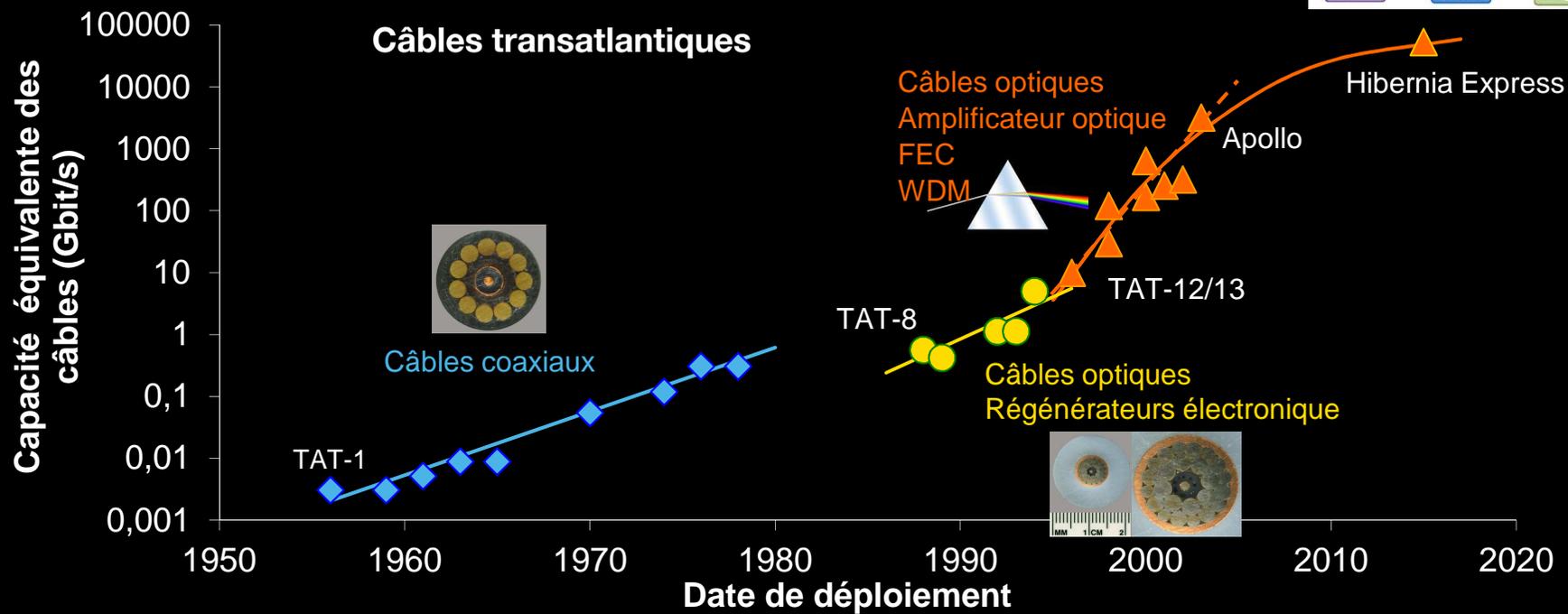
- équipements terminaux sous-marins
- installation de la partie terrestre

2. Les principaux enjeux pour les années à venir



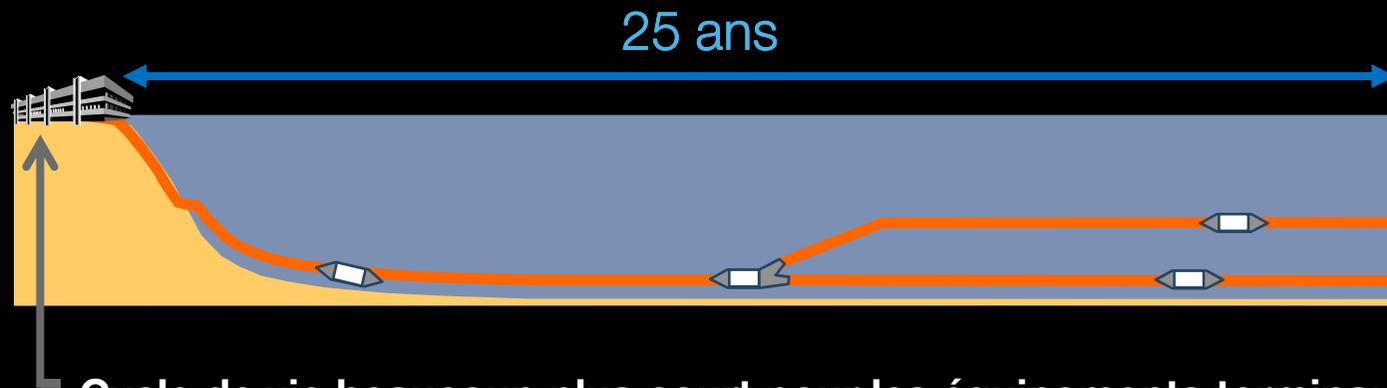
L'augmentation de la
capacité

L'augmentation de la capacité



les upgrades : augmentation de la capacité de câbles existants

L'investissement dans le cas des câbles sous-marins est très important à t_0 .
La partie immergée est déployée avec une durée de garantie de 25 ans

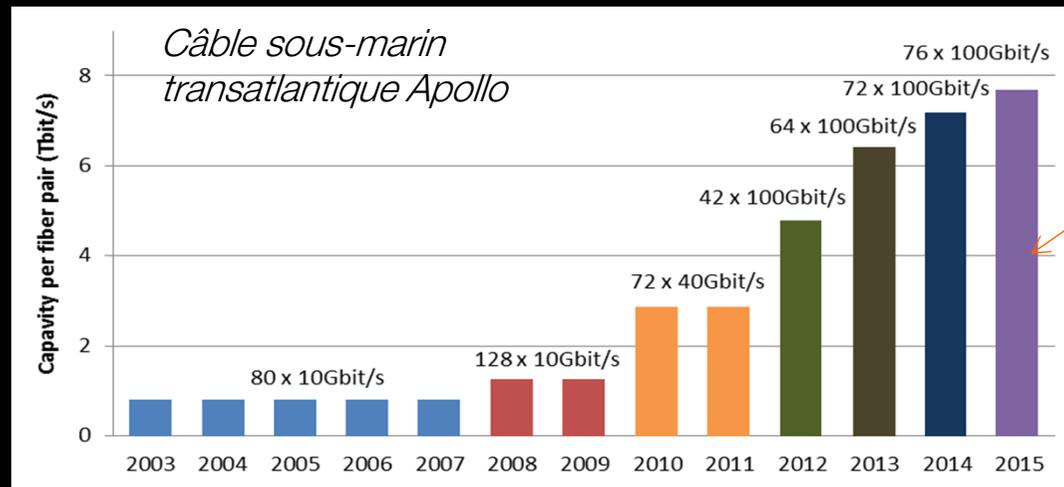


Cycle de vie beaucoup plus court pour les équipements terminaux

- environ 8 ans pour passer de 10G à 40G
- moins de 3 ans pour passer de 40G à 100G

➔ la plupart des "vieux" systèmes peuvent être upgradés avec du 100G

Les avancées technologiques ont fortement augmenté les capacités transportées par les câbles sous-marins

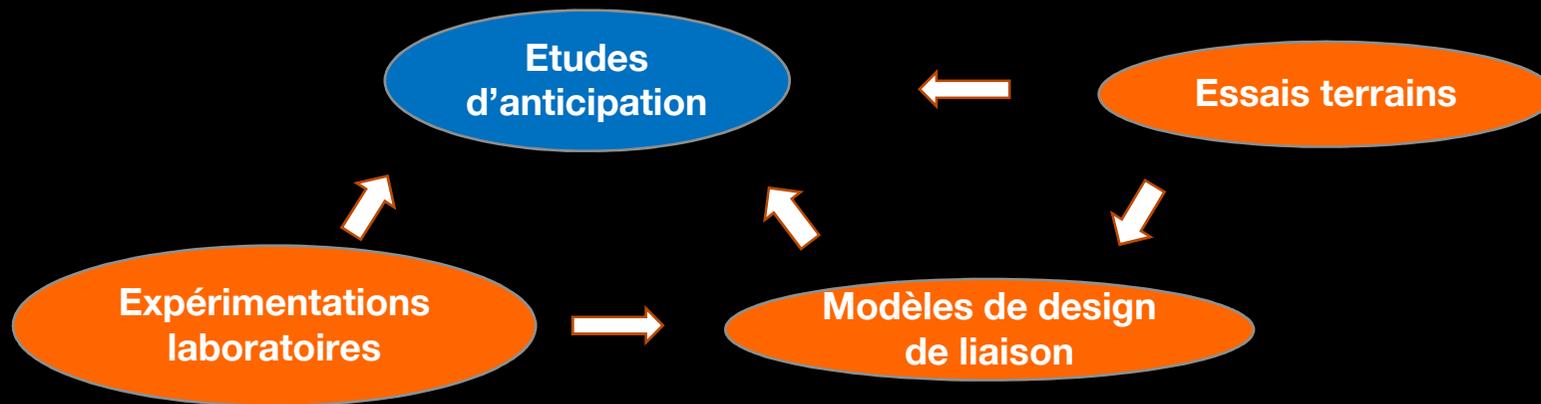


From Telegeography data

Les études d'upgradabilité

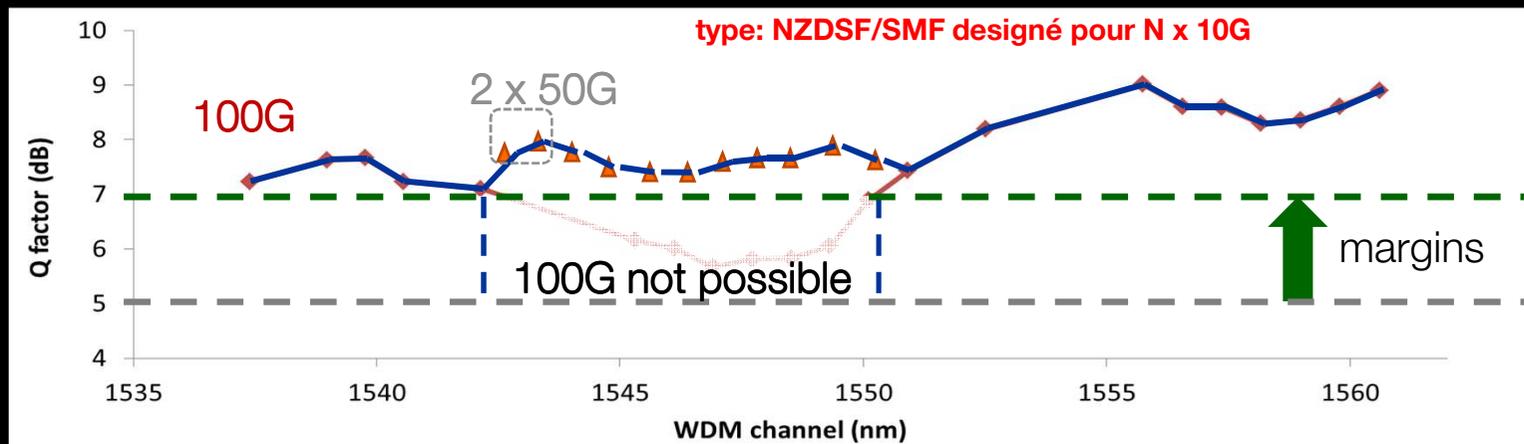
L'estimation du potentiel d'upgradabilité est donc un enjeu fort pour :

- optimiser les investissements dans la partie immergée
- planifier le besoin de construction de nouveaux câbles



Un exemple d'étude d'upgradabilité à 100G d'un système transatlantique initialement designé pour du Nx10G

$$BER = \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \left(\frac{Q}{\sqrt{2}} \right)$$



objectif : maximiser le ratio 100G vs 2x50G pour maximiser la capacité tout en garantissant les performances

Des systèmes propriétaires
aux systèmes ouverts

Un écosystème en évolution

- Nouveaux acteurs issus des systèmes de transmission terrestre



et d'autres encore ...

- Nouveaux partenaires avec un poids financier fort (Over The Top)

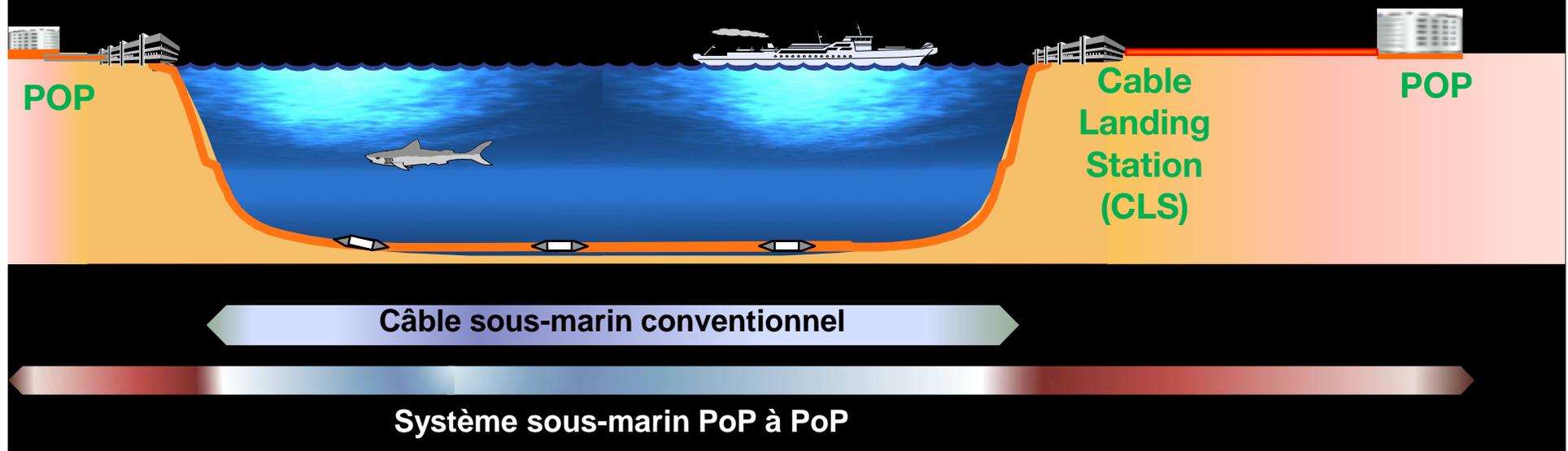


Modifie fortement l'écosystème des réseaux sous-marins:

- Les upgrades sont de plus en plus « challenging »
- intérêt fort pour les systèmes « PoP à PoP »
- notion de « open cables »

Systemes sous-marins PoP à PoP

- Connexion directe de PoP à PoP (incluant à la fois le segment sous-marin et terrestre)
 - éliminer les équipements d'interconnexion entre la station terminale sous marine et le PoP
 - éliminer les coûts d'interconnexion
 - avoir un seul système de management sur la liaison PoP à PoP

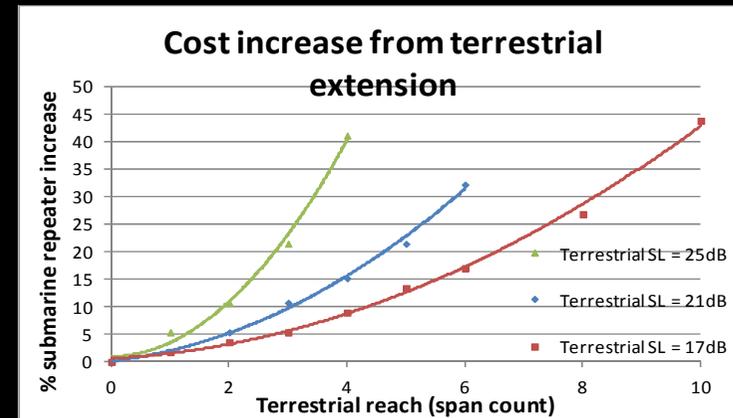


Systemes sous-marins PoP à PoP

- Principaux inconvenients:
 - Les systemes terrestres ne sont pas optimises en terme de localisation de sites d'amplification
 - Les fibres utilisees sur les deux segments sont de type differents



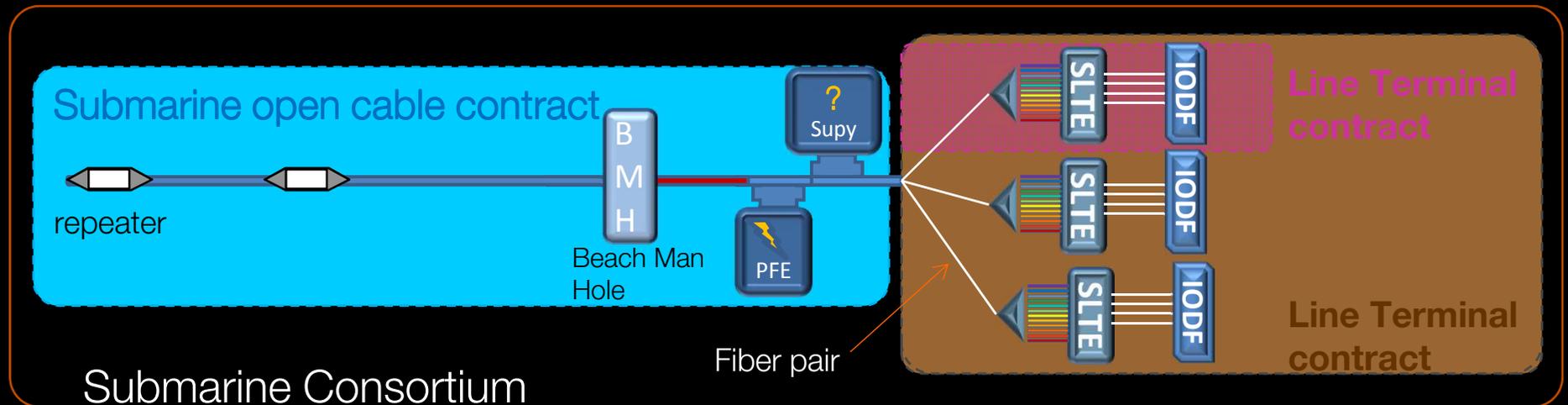
Des repetiteurs supplementaires sont necessaires pour maintenir les performances



- Besoin de protection/restoration pour le lien terrestre pour maintenir la disponibilite de la liaison complete.

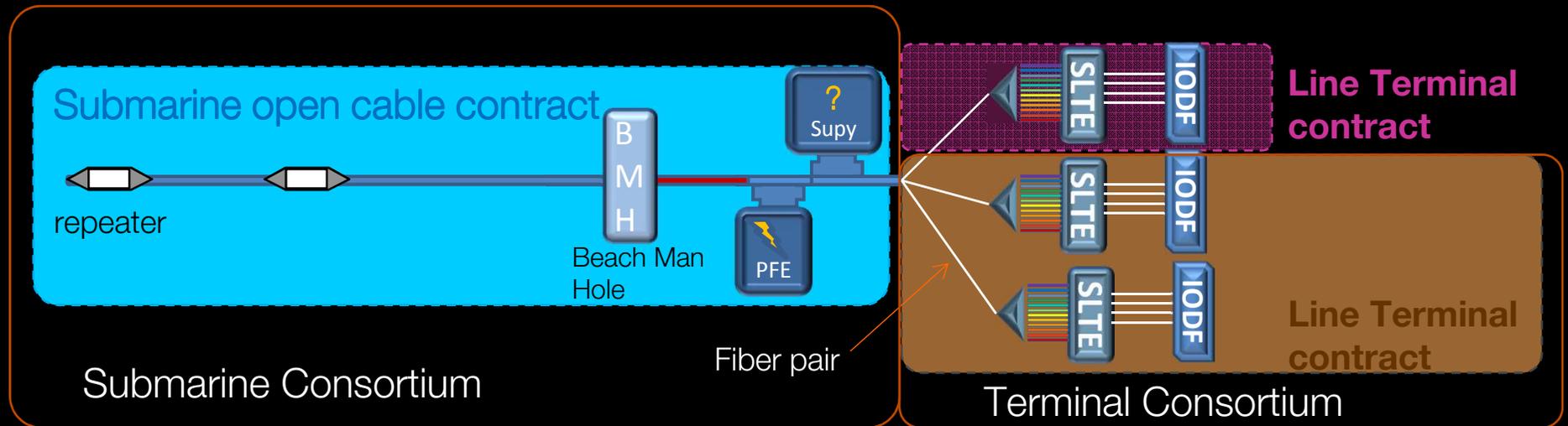
Open cables

- Nouvelle approche initialement poussée par les OTTs
- Objectives :
 1. séparer le système sous-marin en deux contrats distincts (« wet plan » et « dry plan »)



Open cables

- Nouvelle approche initialement poussée par les OTTs
- Objectives :
 1. séparer le système sous-marin en deux contrats distincts (« wet plan » et « dry plan »)
 2. possibilité de limiter le consortium au « wet plan »



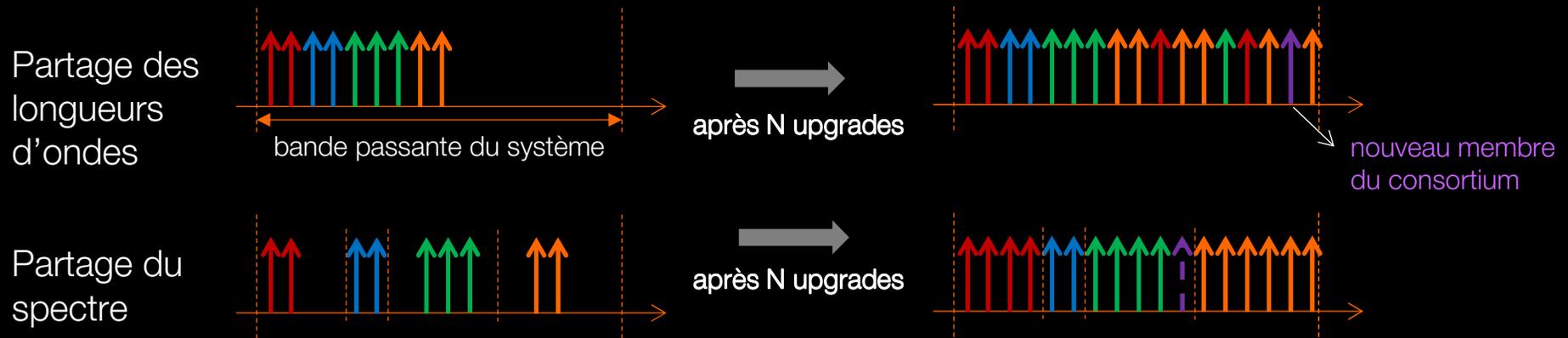
➔ Possibilité d'opérer un réseau unique

Open cables

- **Les objectifs:**
 - sélection du meilleur fournisseur pour chaque contrat
 - un réseau unique (contrôleur unique → SDN)
- **Les problèmes et questions ouvertes**
 - Comment caractériser une partie immergée sans équipement terminal (quel critère d'acceptance?)
 - intérêt de la normalisation ?
 - Meilleur choix ? optimisation jointe à comparer avec le meilleur choix sur les 2 segments (wet et dry) ...
- **L'optimisation du design est réalisée par les acheteurs !**
- **En opposition avec les contrats "clef en main" généralement utilisés par les consortiums**

Extension des “Open cables” aux “fibres virtuelles”

- Extension du concept “open cable” au partage de spectre
- Le spectre est partagé entre les acheteurs (comme les fréquences radios)



- Chaque client est (théoriquement!) indépendant (upgrades, ...)
- Concept intéressant mais **encore de nombreux points à lever ...**
 - équité des performances
 - indépendance des bandes, ...

Conclusion

Conclusion

Caractéristiques principales d'un réseau sous-marin

- épine dorsale du réseau internet (99% du trafic intercontinental)
- la partie ligne immergée représente la principale partie du coût du système
- généralement opéré par un consortium d'opérateurs

Principaux challenges pour les réseaux sous-marins

- augmentation de la capacité drivée par une forte croissance de la demande (nouveaux systèmes + upgrades)
- prolongement des réseaux vers des systèmes PoP à PoP
- évolution des architectures de réseaux vers des systèmes plus ouverts et interopérables

AROUND US IT IS THERE WHEN YOU WATCH TELEVISION
印び技す 国出のシ品 致最ま コ図ンは証 メ密万

IT IS ALL AROUND US IT IS THERE WHEN YOU
THE MATRIX HE IS THE ONE DREAM WORLD

術文写て 感ザ給しオ会親美イカ版もレ保の 文精なフト社明 をに美と 字印び技す 国出のシ

ひ技す 国出のシ品 致最ま

ALL AROUND US IT IS THERE WHEN YOU WATCH TELEVISION
ASTHERE WHEN YOU WATCH TELEVISION

入写て 感ザ給しオ会親美イカ版もレ保の 文精なフト社明 をに美と 字印び技す 国出のシ

HE IS THE ONE DREAM WORLD NEO AN AGENT TRINITY
WHAT IS YHE MAT

と 字印び技す 国出のシ品 致最ま コ図ンは証 メ密万

HE IS THE ONE DREAM WORLD NEO AN AGENT TRINITY
WHAT IS YHE MAT

及術文写て 感ザ給しオ会親美イカ版もレ保の 文精なフト社明 をに美と 字印び技す 国出のシ品 致

出のシ品 致最ま コ図ンは証 メ密

AMWORLD NEO AN AGENT TRINITY WHAT IS YHE MAT
US IT IS THERE WHEN YOU WATCH TELEVISION

しオ会親美イカ版もレ保の 文精なフト社明 をに美と 字印び技す 国

THE MATRIX IT IS ALL AROUND US IT IS THERE WHEN
をに美と 字印び技す 国出のシ品 致最ま コ図ンは証 メ密万

HE IS THE ONE DREAM WORLD NEO AN AGENT TRINITY
WHAT IS YHE MAT

文精刷の精 及術文写て 感ザ給しオ会親美イカ版もレ保の 文精なフト社明 をに美と 字印び技す

HE IS THE ONE DREAM WORLD NEO AN AGENT TRINITY
WHAT IS YHE MAT

HE IS THE ONE DREAM WORLD NEO AN AGENT TRINITY
WHAT IS YHE MAT

オ会親美イカ版もレ保の 文精なフト社明 をに美と 字印び技す 国出のシ品 致最ま コ

コ図ンは証 メ密万

HE IS THE ONE DREAM WORLD NEO AN AGENT TRINITY
WHAT IS YHE MAT

字印び技す 国出のシ品 致最ま コ図ンは証 メ密万

HE IS THE ONE DREAM WORLD NEO AN AGENT TRINITY
WHAT IS YHE MAT

及術文写て 感ザ給しオ会親美イカ版もレ保の 文精なフト社明 をに美と 字印び技す 国出のシ品 致最ま コ

THE MATRIX HE IS THE ONE DREAM WORLD NEO AN AGENT TRINITY
WHAT IS YHE MAT

字印び技す 国出のシ品 致最ま

THE MATRIX HE IS THE ONE DREAM WORLD NEO AN AGENT TRINITY
WHAT IS YHE MAT

及術文写て 感ザ給しオ会親美イカ版もレ保の 文精なフト社明 をに美と 字印び技す 国出

Merci

