FORMATIO | RESSOURCE INFORMATIQUE BUREAUTIQUE

LES CÂBLES SOUS-MARINS

JP Bonneau
Mars 2021

Menu

- Réseau mondial, un aperçu
- Qui pose ces câbles
- Un système en câble typique
- Avantages / Inconvénients
- L’explosion Internet

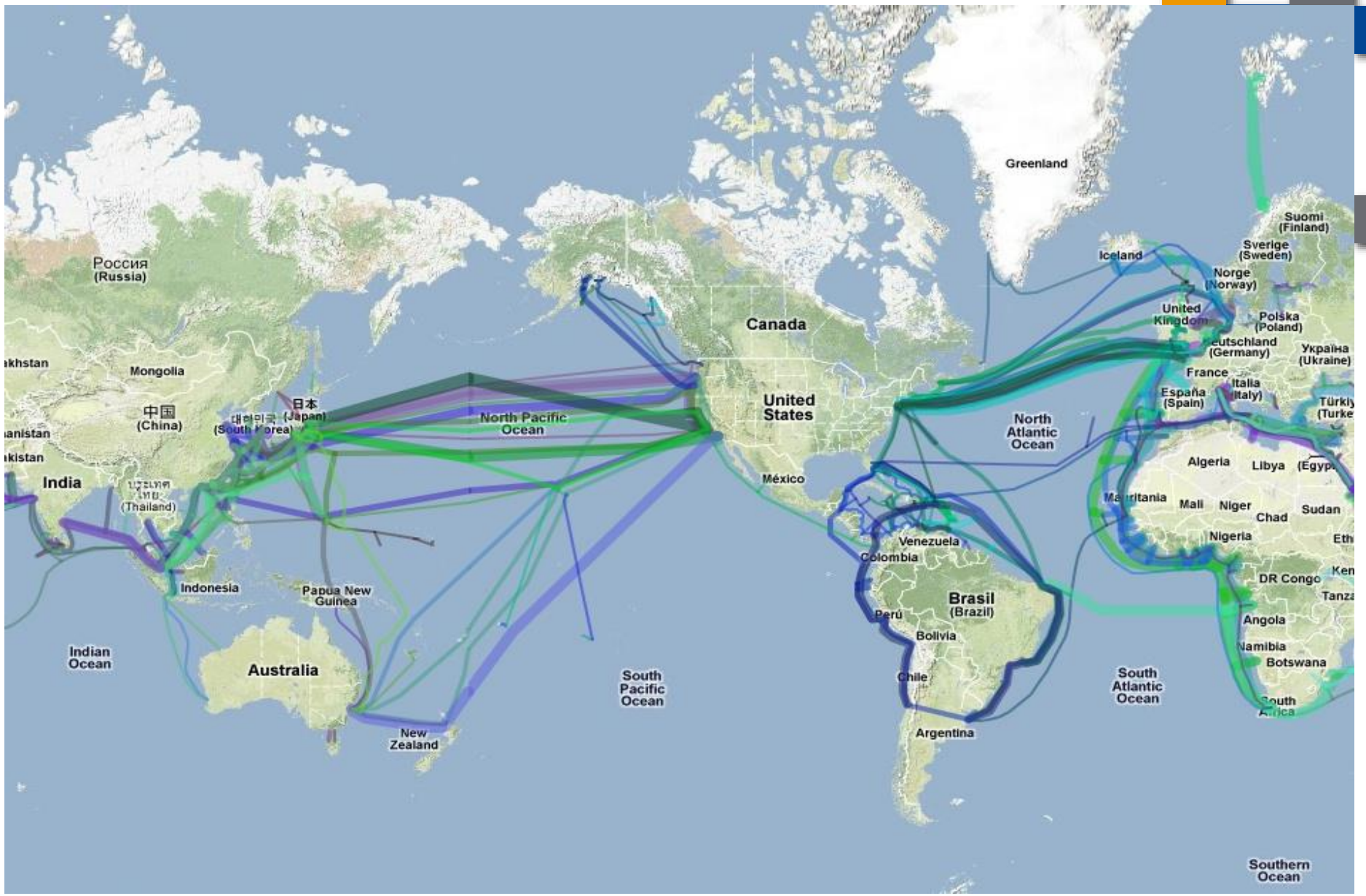
Réseau Mondial

Un aperçu

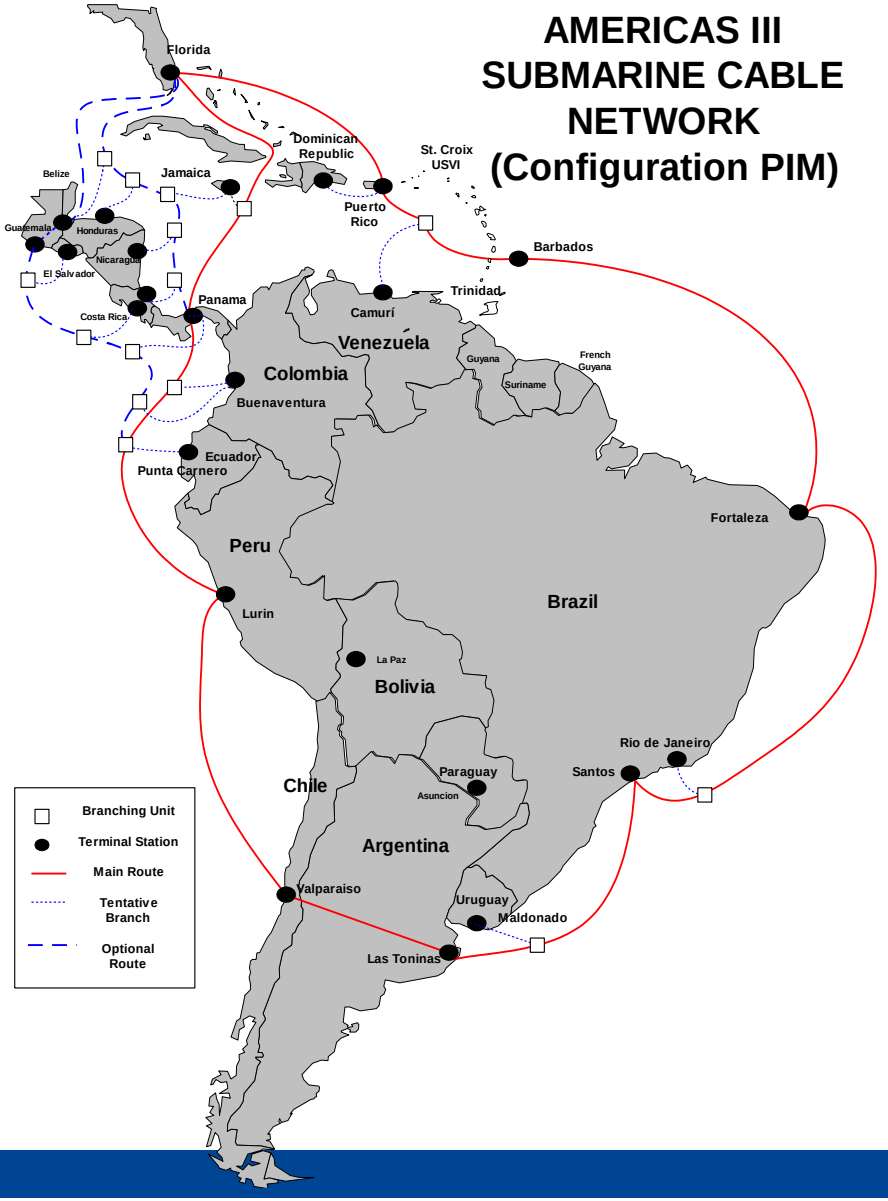
Un réseau mondial de câbles ss-marins

- Wikipedia dénombrait environ 300 cables en service en 2018,
- Essentiellement pour répondre à la demande du trafic internet
- 99 % du trafic est de l'internet
- La voix voyage souvent «emmagasinée» dans l'internet.

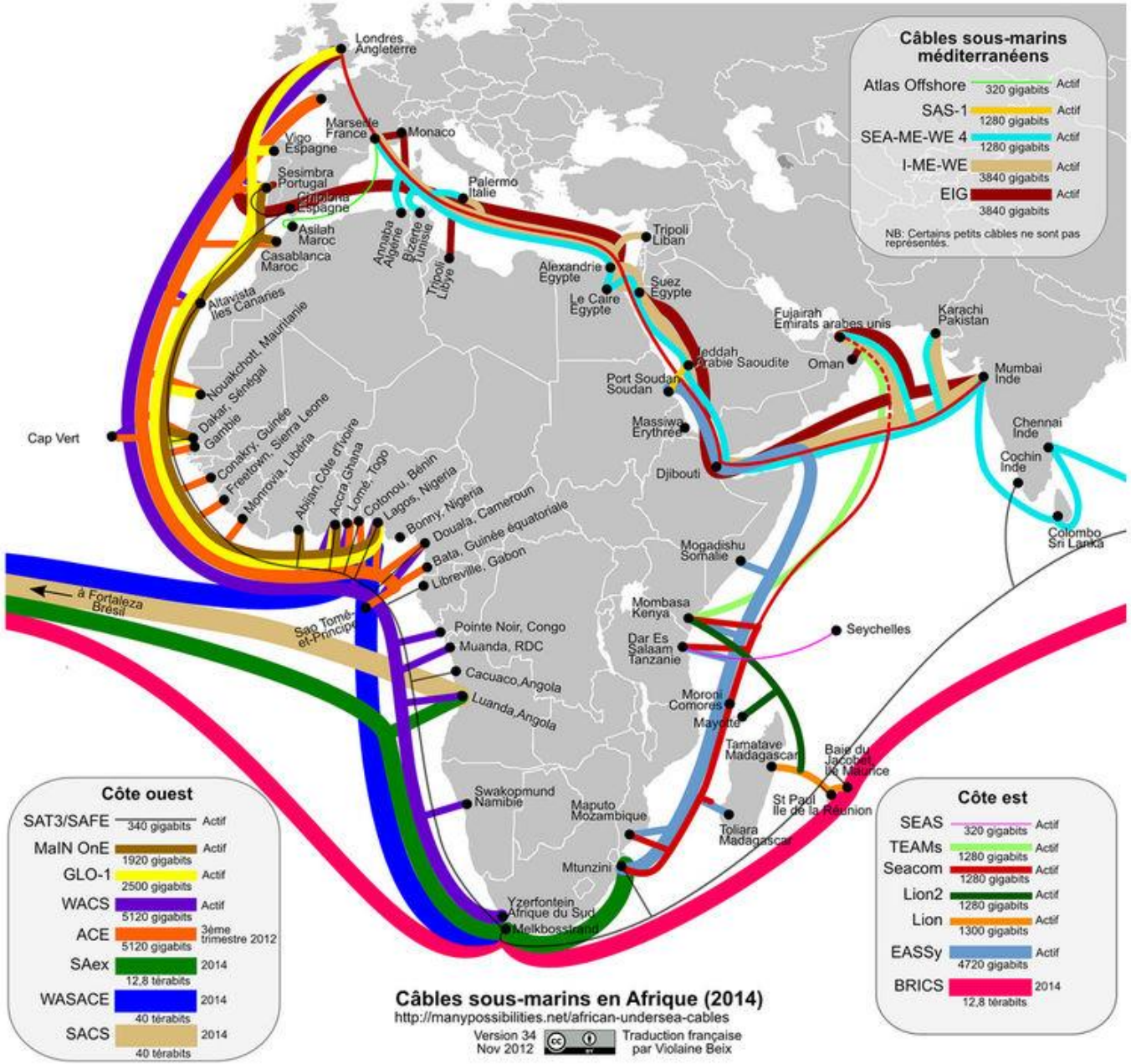
FORMATIO | RESSOURCE INFORMATIQUE BUREAUTIQUE



AMERICAS-III CONFIGURATION



L'Afrique


Câbles sous-marins méditerranéens
Atlas Offshore 320 gigabits Actif
SAS-1 1280 gigabits Actif
SEA-ME-WE 4 1280 gigabits Actif
I-ME-WE 3840 gigabits Actif
EIG 3840 gigabits Actif
NB: Certains petits câbles ne sont pas représentés.
Londres Angleterre
Marseille France
Monaco
Vigo Espagne
Sesimbra Portugal
Chipiona Espagne
Asilah Maroc
Casablanca Maroc
Palermo Italie
Annaba Algérie
Bizerte Tunisie
Tripoli Libye
Tripoli Liban
Alexandrie Egypte
Le Caire Egypte
Suez Egypte
Fujairah Emirats arabes unis
Karachi Pakistan
Jeddah Arabie Saoudite
Oman
Port Soudan Soudan
Mumbai Inde
Massiwa Erythrée
Chennai Inde
Cochin Inde
Djibouti
Colombo Sri Lanka
Mogadishu Somalie
Mombasa Kenya
Seychelles
Dar Es Salaam Tanzanie
Moroni Comores
Mayotte
Tamatave Madagascar
Baie du Jacotet Ile Maurice
St Paul Ile de la Réunion
Toliara Madagascar
Swakopmund Namibie
Maputo Mozambique
Mtunzini
Yzerfontein Afrique du Sud
Melkbosstrand
Cap Vert
Altavista Iles Canaries
Nouakchott, Mauritanie
Dakar, Sénégal
Gambie
Conakry, Guinée
Freetown, Sierra Leone
Monrovia, Libéria
Abidjan, Côte d'Ivoire
Accra, Ghana
Lomé, Togo
Cotonou, Bénin
Lagos, Nigeria
Bonny, Nigeria
Douala, Cameroun
Bata, Guinée équatoriale
Libreville, Gabon
à Fortaleza Brésil
Sao Tomé-et-Principe
Pointe Noir, Congo
Muanda, RDC
Cacuaco, Angola
Luanda, Angola
Côte ouest
SAT3/SAFE 340 gigabits Actif
MaIN OnE 1920 gigabits Actif
GLO-1 2500 gigabits Actif
WACS 5120 gigabits Actif
ACE 5120 gigabits 3ème trimestre 2012
SAex 12,8 térabits 2014
WASACE 40 térabits 2014
SACS 40 térabits 2014
Côte est
SEAS 320 gigabits Actif
TEAMs 1280 gigabits Actif
Seacom 1280 gigabits Actif
Lion2 1280 gigabits Actif
Lion 1300 gigabits Actif
EASSy 4720 gigabits Actif
BRICS 12,8 térabits 2014
Câbles sous-marins en Afrique (2014)
http://manypossibilities.net/african-undersea-cables
Version 34
Nov 2012
Traduction française par Violaine Beix

QUI POSE DES CÂBLES ?

Qui pose ces câbles

- Auparavant des consortiums d'entreprises de télécoms….ie: AT&T, FT, BT, KDD…
- Depuis la dérèglementation des télécoms, n'importe qui avec beaucoup de sous ($$)
- Les GAFAM ont leurs propres câbles. Ce qui constitue environ 70 % de la capacité transmarine.
- Google en a 6 et bientôt 8 autres.

La pose d’un câble : séquence habituelle

- Un initiateur du projet
- Pré-études et estimé de coûts
- Recherche d’intérêts (surtout un «landing party»)
- Approbation
- Analyse de la route sous-marine
- Recherche/obtention des permis «côtiers»

....très important

- Contrat de construction du câble
- Contrat de la pose du câble

Pose (suite)

- Pose du câble de bout en bout
- Les stations de câbles
- Liaisons nationales
- Essais
- Mise en service
- Party!

UN SYSTÈME DE CÂBLE TYPIQUE

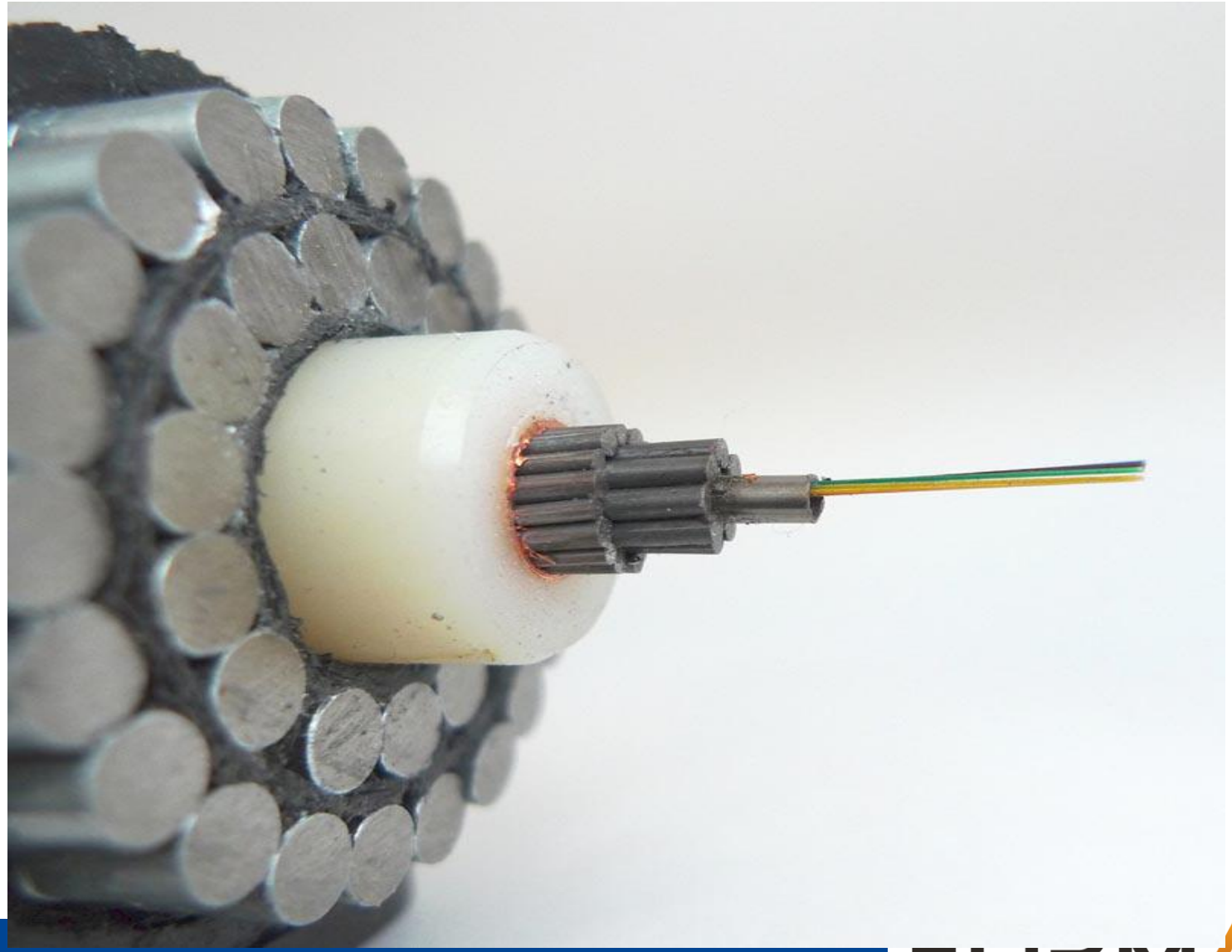
Technologie

- Avant 1990, transmission analogue, semblable aux transmissions radio (bruit de fond)
- Depuis cette date, transmission numérique par fibre optique
- Fibre de meilleure qualité
- Amplificateur optique (évite les conversions O/E et E/O)

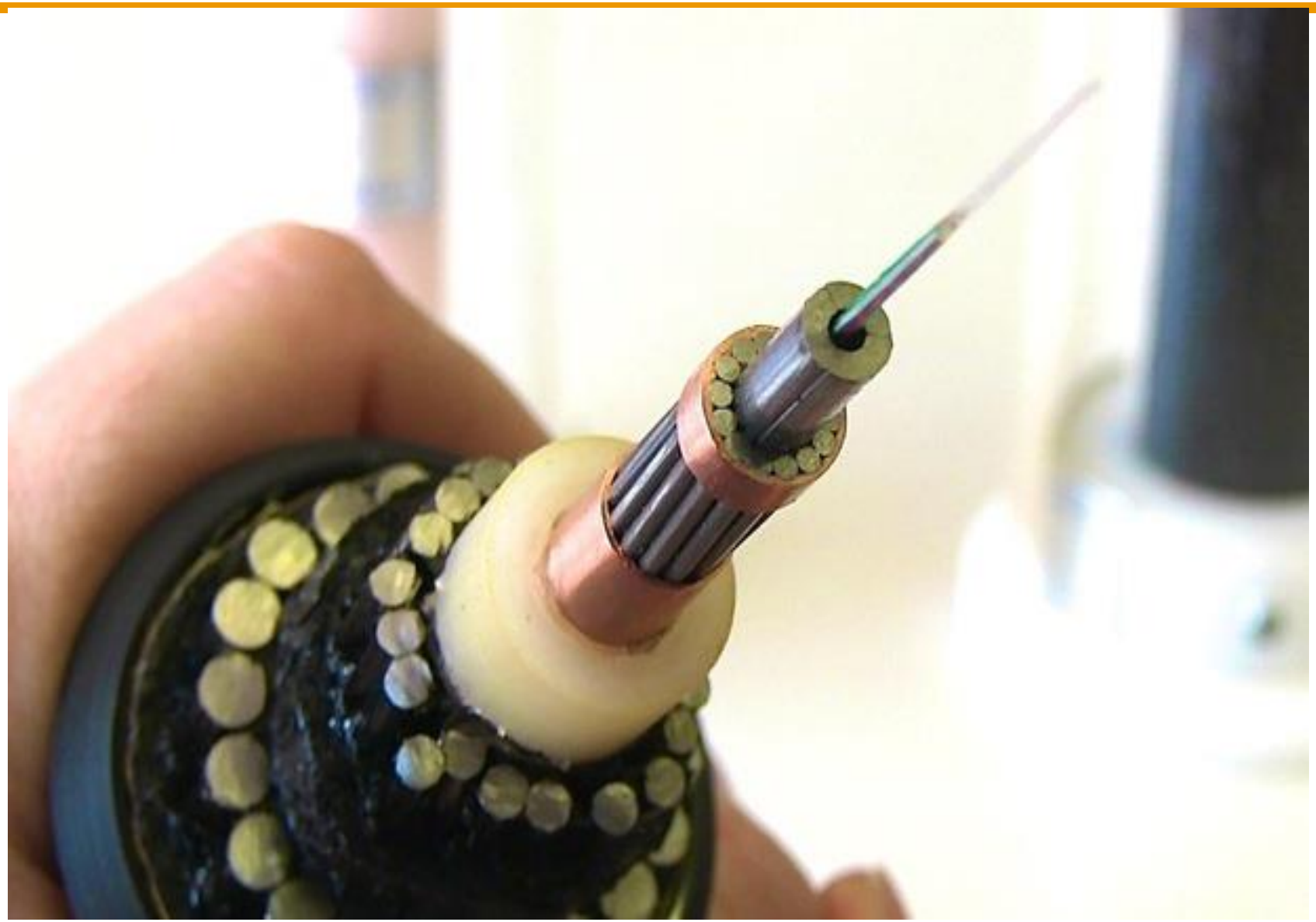
Construction physique d’un câble

- Construction différente: côtier vs grand fond
- Côtier: câble «armé» (agression)
- Grande profondeur: construction plus simple
- Oui, le câble «touche» au fond.
- Répéteurs (ampli optique) aux 80-100 km
- Sous tension (électricité) d’un bout à l’autre (unifilaire)

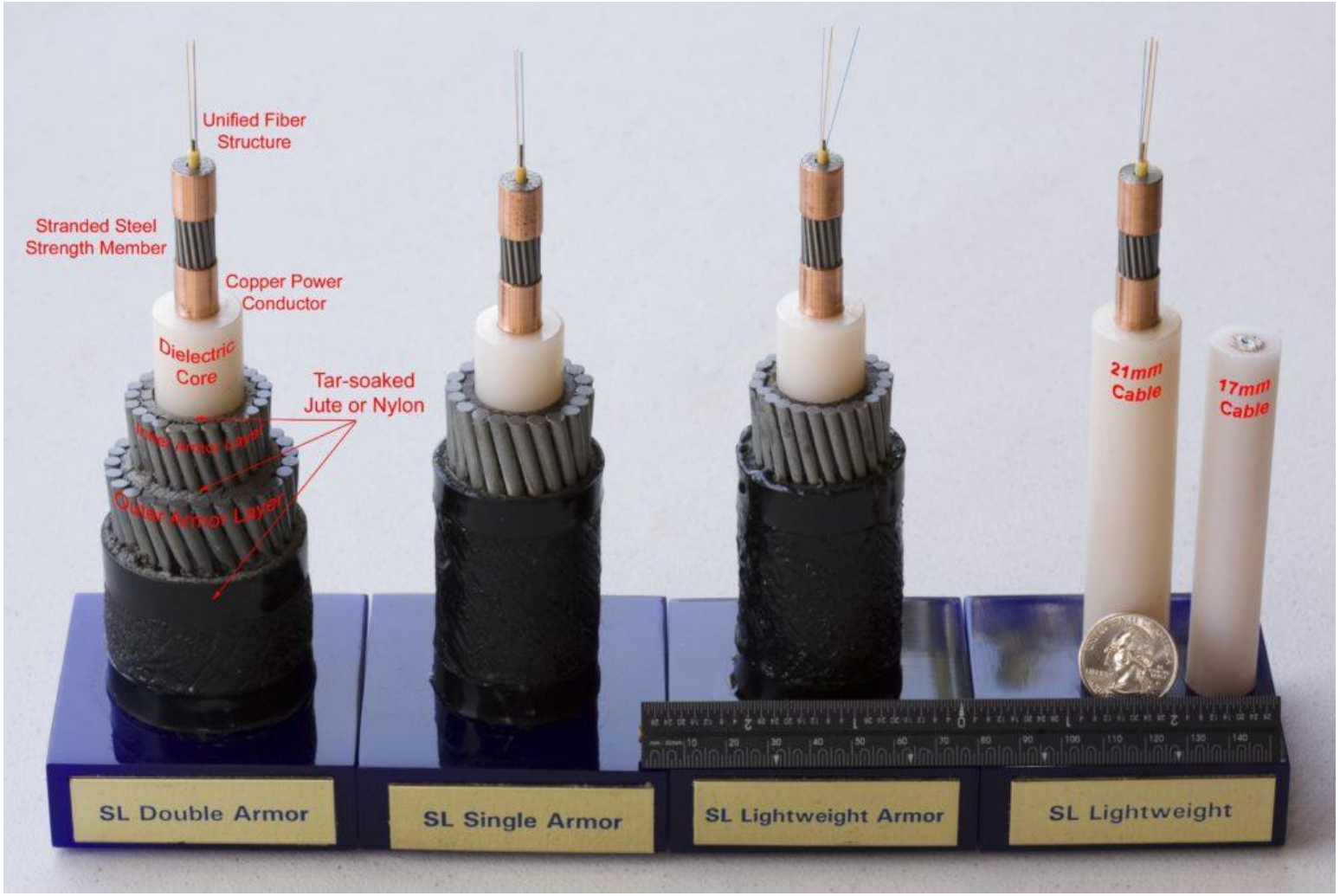
Câble armé (côtier)



Câble côtier



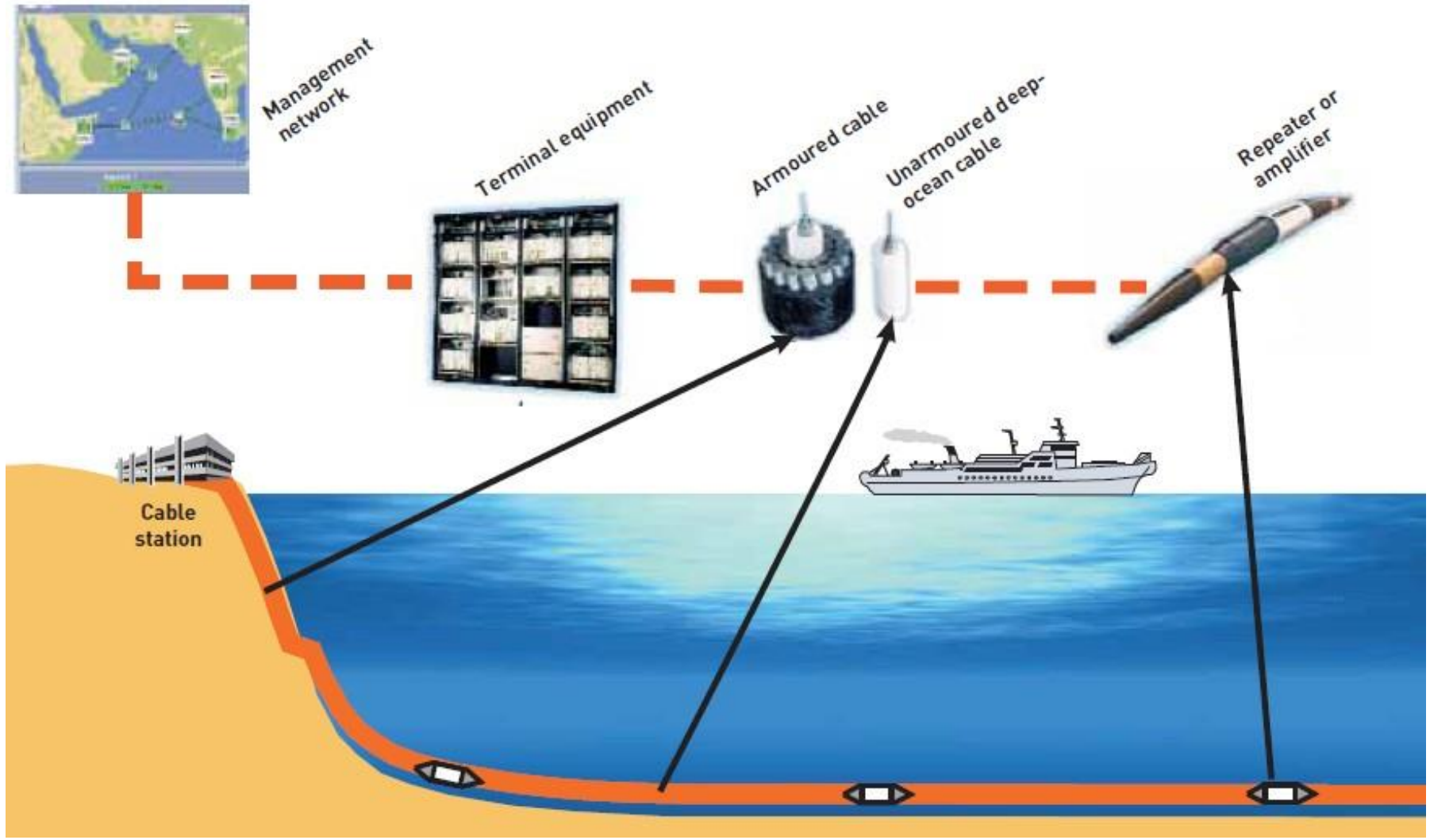
Différentes armatures de câbles sous-marins



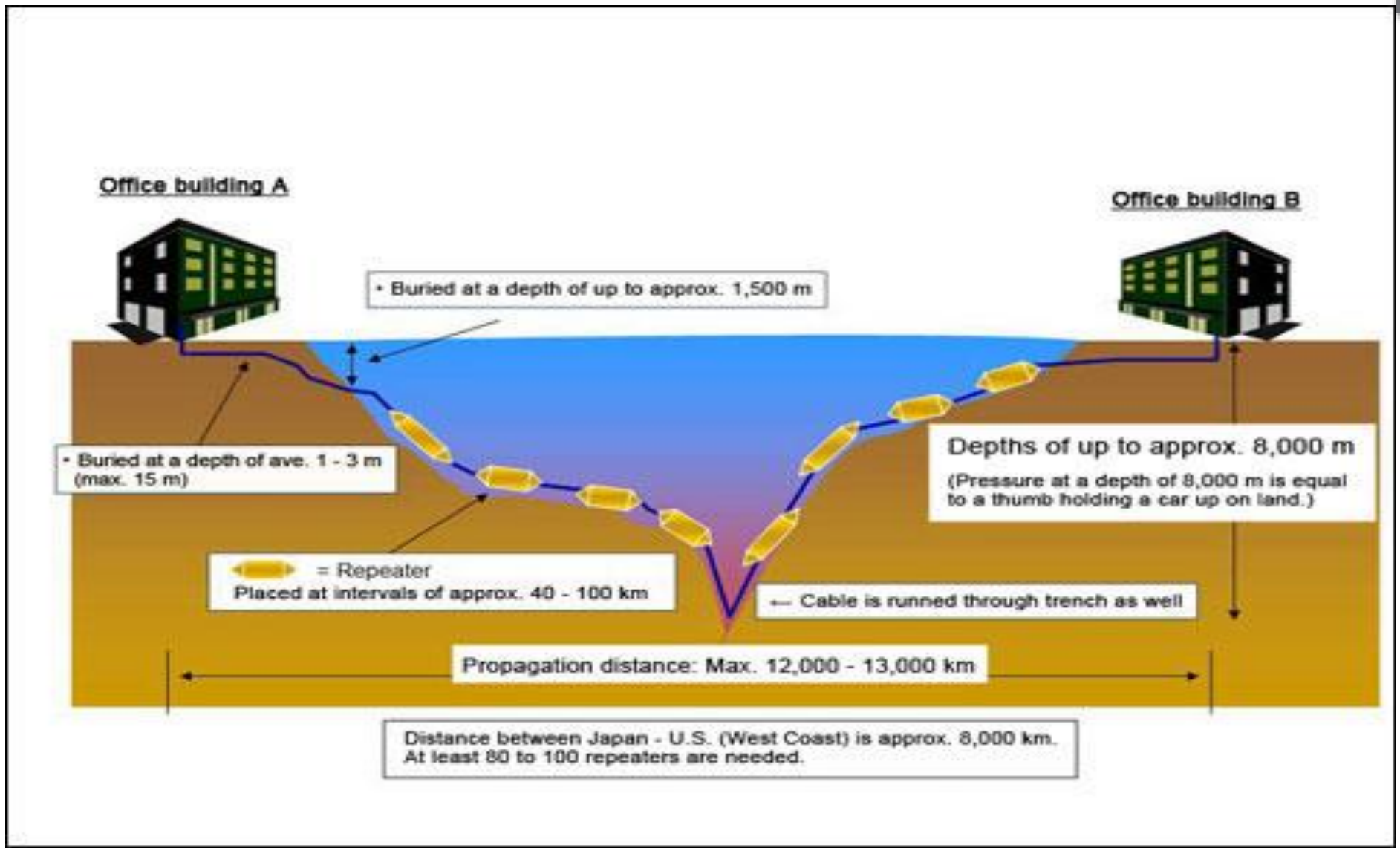
Un répéteur

Un répéteur

Un système typique

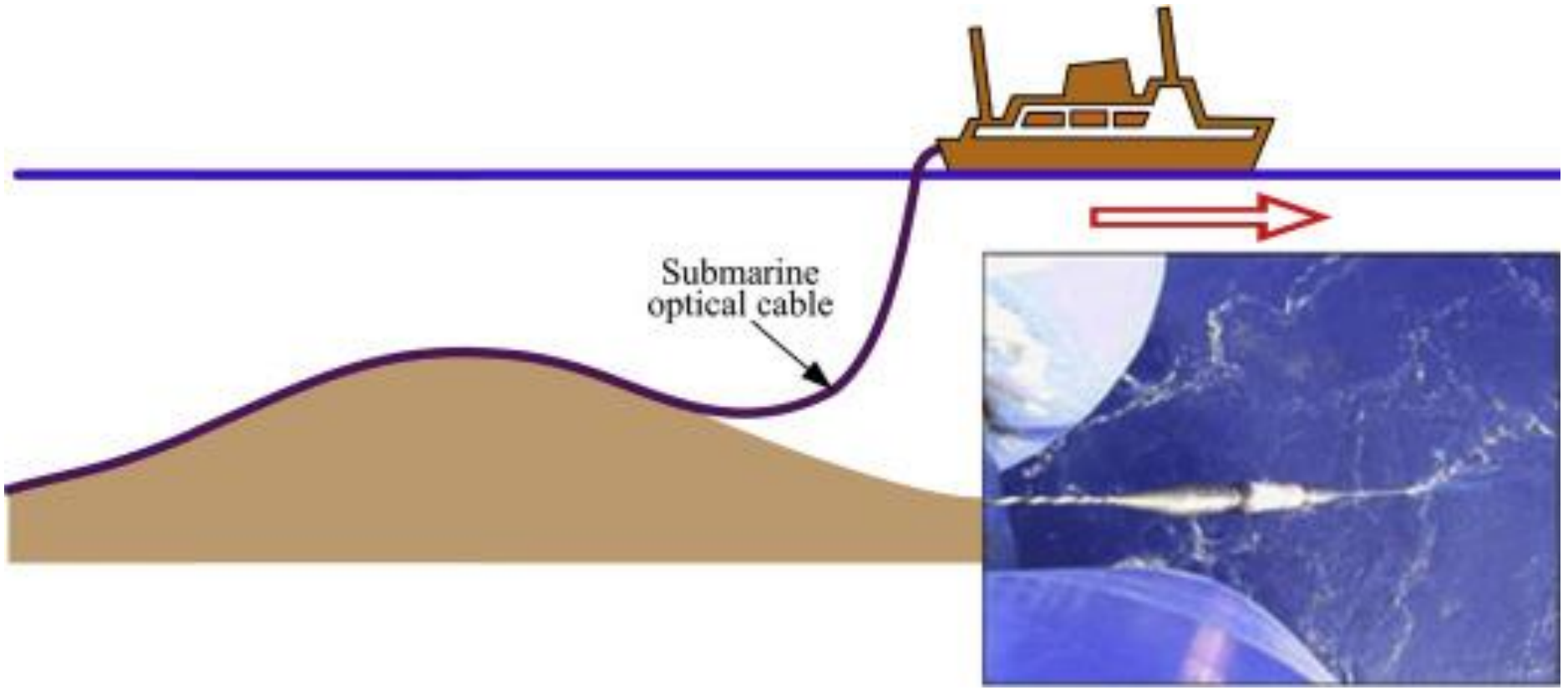


Plusieurs répéteurs



On tire le câble depuis le câblier vers la rive

Pose du câble



Câblier

Le câble est enroulé

Les ennemis des câbles

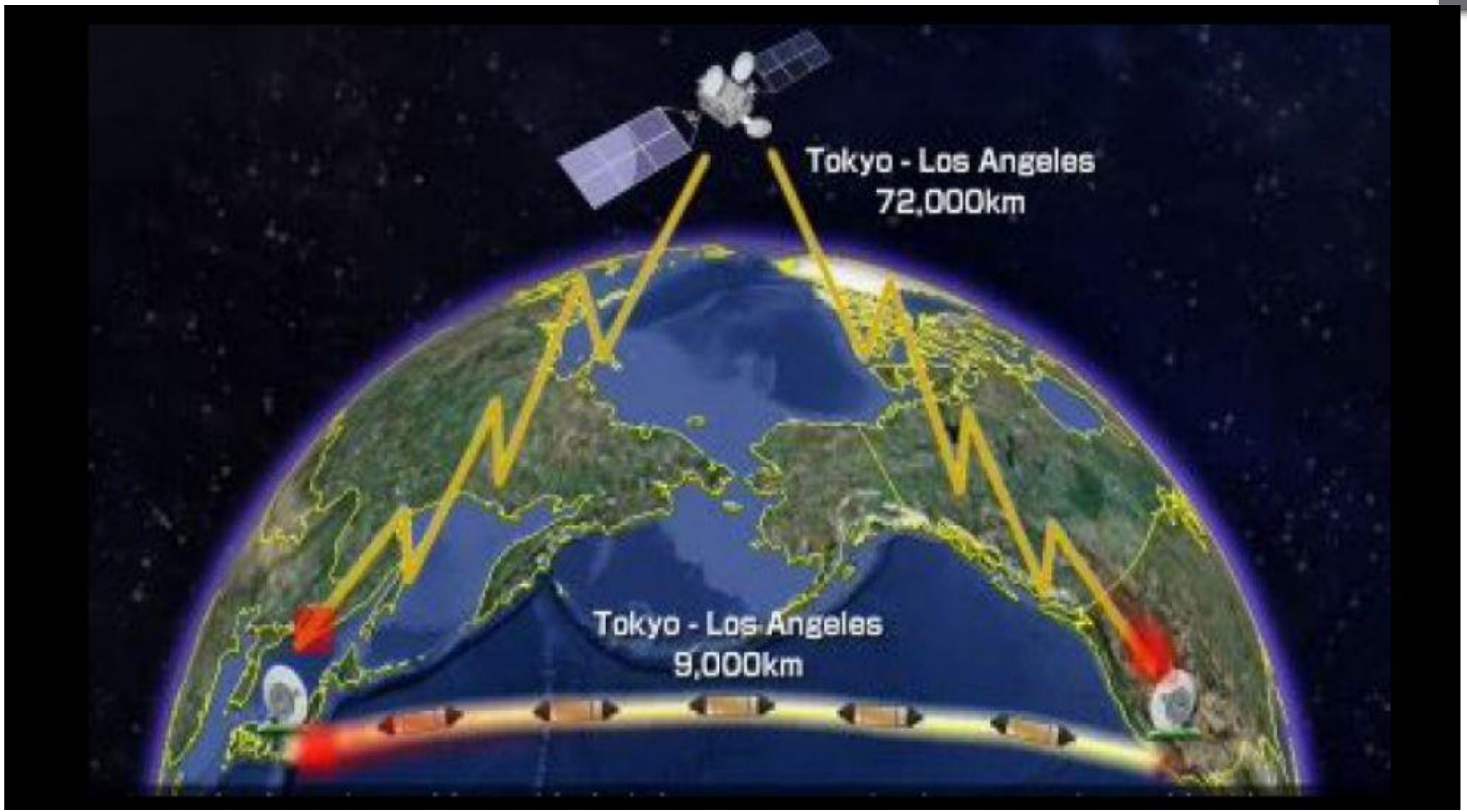
- La pêche de type «chalutier»
- Les bâteaux qui «glissent» sur leurs ancres
- Les séismes sous-marins

Avantages / Inconvénients

Avantages

- Qualité de transmission : il n’y a plus de «friture»
- Très grande capacité
- A fait baisser le prix des transmissions
- Délai de transmission mieux que satellite

Différence de délai entre LA et Tokyo



Délai câble vs satellite

- Par satellite: aller-retour env.: 480 ms (reportage télé)
- Par câble: aller-retour env.: 90 ms

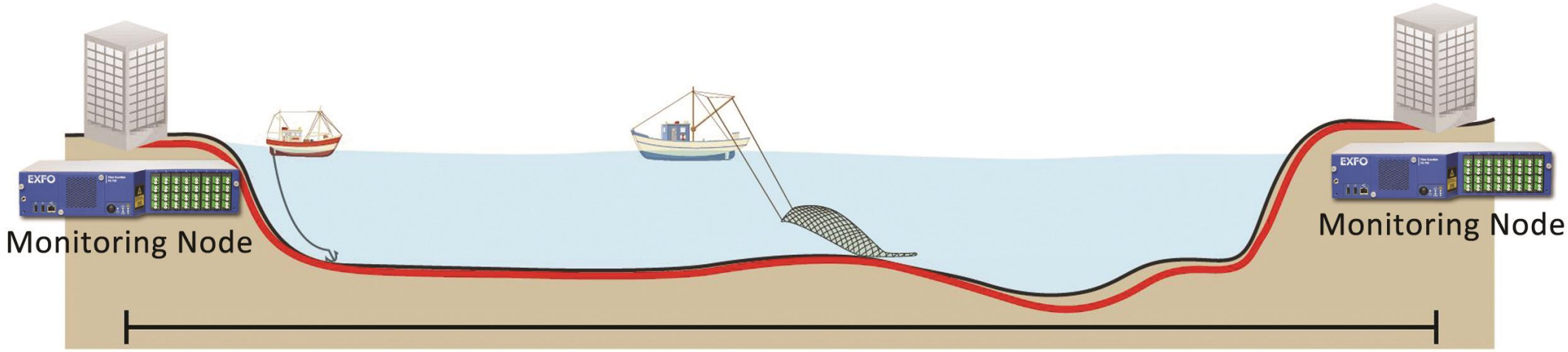
- Ceci est important pour les protocoles de communication avec confirmation.

Inconvénient

- En cas de pannes, les réparations sont complexes

(En moyenne 2 à 3 semaines parfois plus.)

Les ennemis des câbles



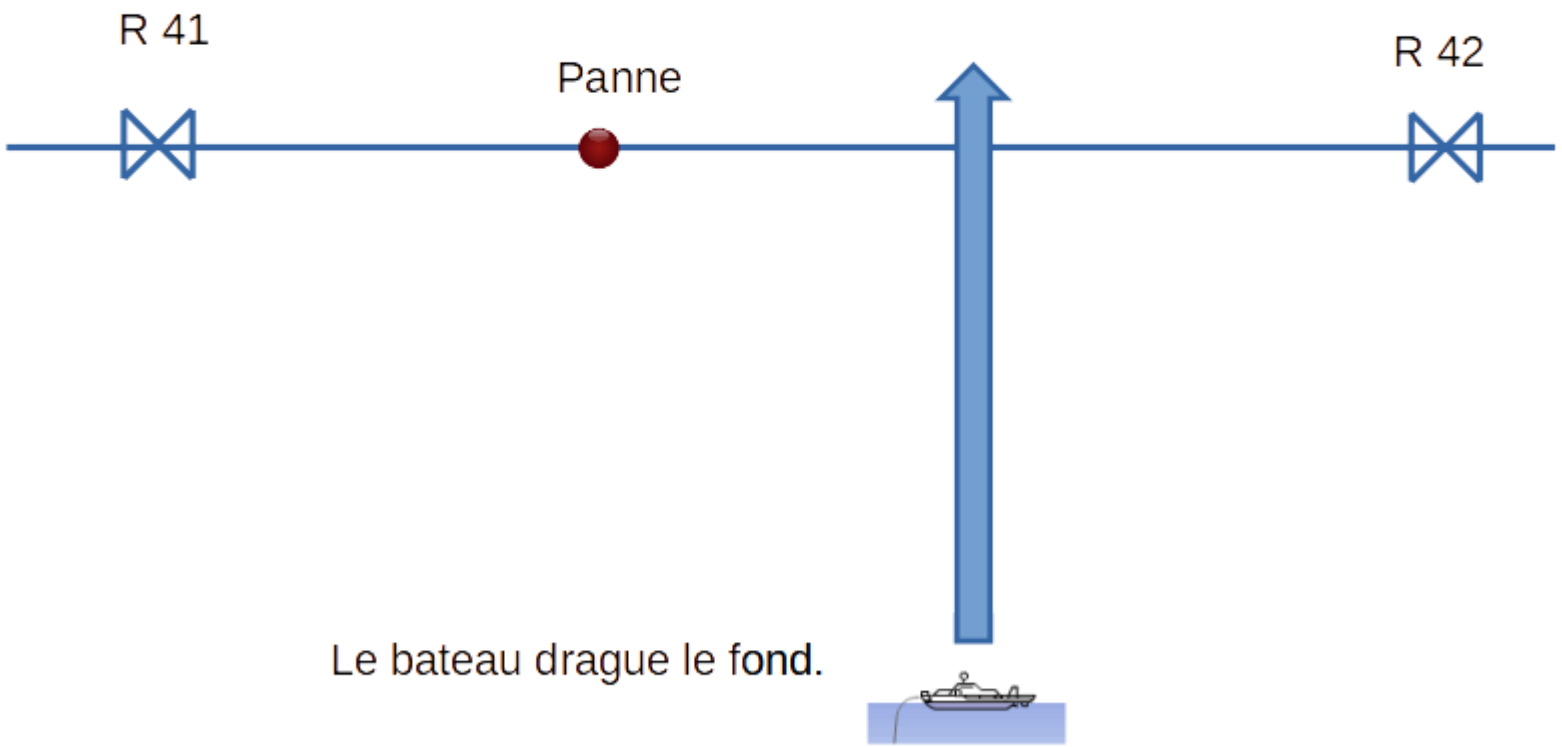
Comment répare-t- on un câble ?

- D’abord localiser la faute
- Système de gestion interroge les répéteurs
- Mobiliser un câblier le plus près
- Aller sur le lieu de la panne (GPS et cartes)
- On «pêche» le câble au grapin
- Il faut le couper en 2 pour pouvoir en remonter un «côté».
- Ce bout est «sécurisé» (mis sur une bouée)

Réparation (suite)

- Le bateau recouvre le bout resté au fond
- Il le rembobine vers la «faute».
- La faute est découverte
- La section endommagée est enlevée.
- Une épissure est faite avec une nouvelle section de câble (une rallonge)
- Le bateau retourne vers la bouée, récupère le câble et fait l'épissure finale.
- Attendre le «Ok» des stations côtières.
- On dépose le câble avec «délicatesse».

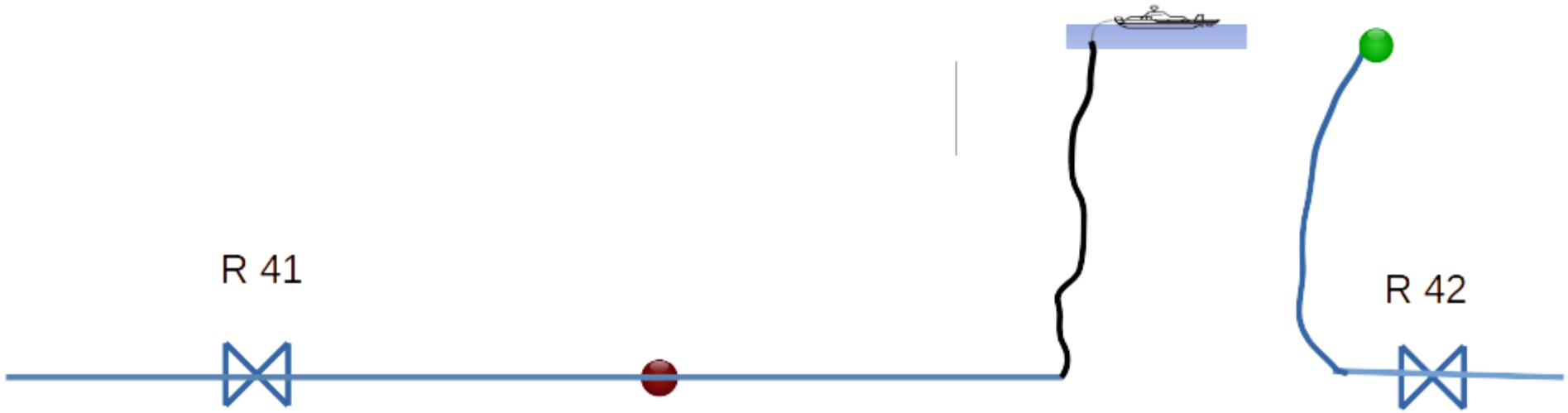
Réparation d’une faute



Réparation d'une faute

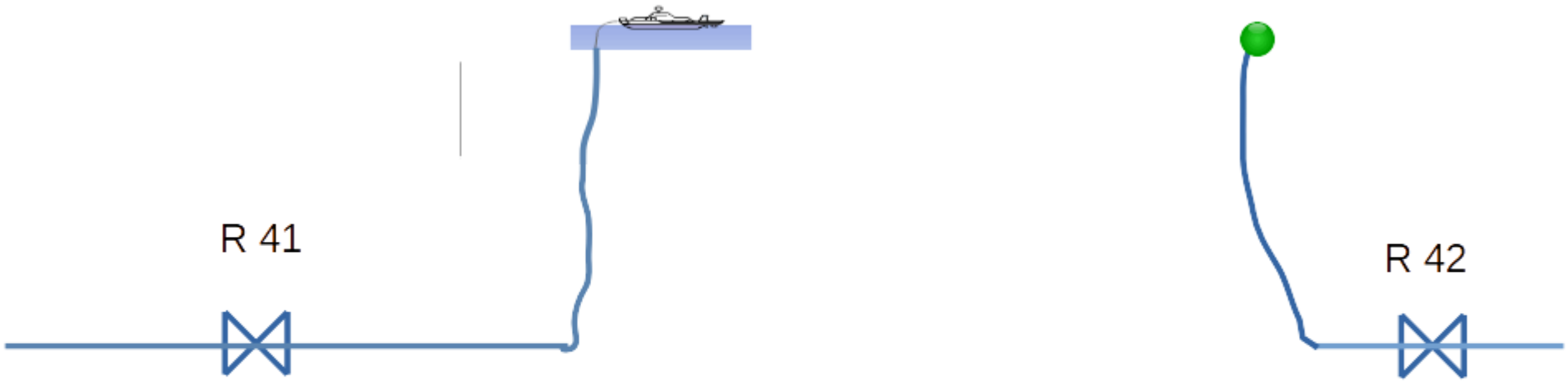
Le bateau «accroche» le câble.
Le grappin est muni d'une cisaille.
On coupe le câble et on remonte la section câble - côté «sain»

Réparation d'une faute



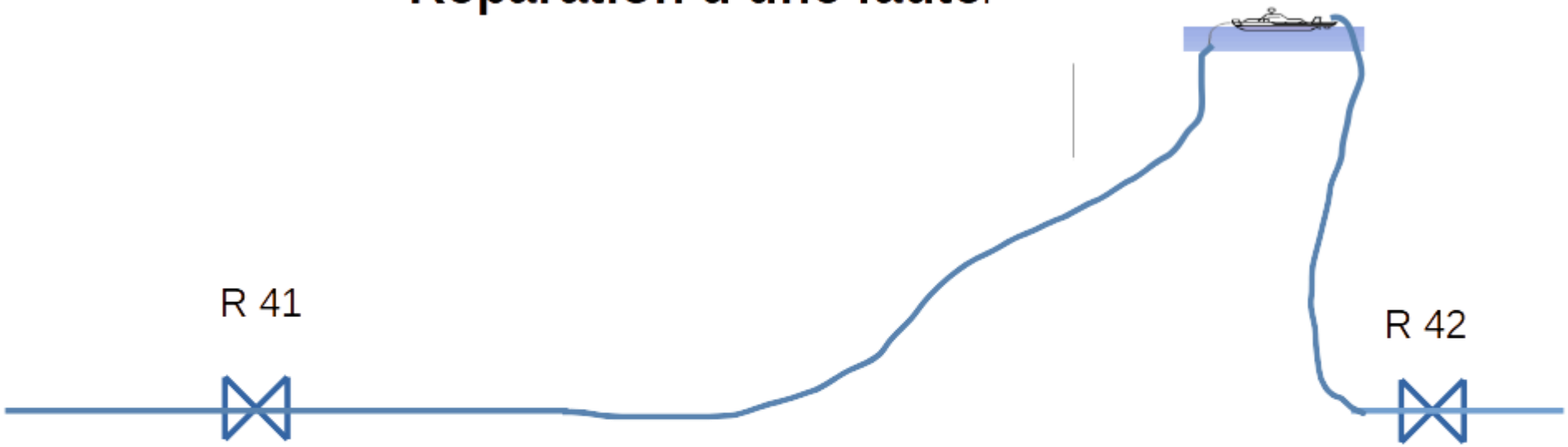
Le côté «sain» est remonté et amarré à une bouée.
Le bateau «repêche» la section vers la «faute».

Réparation d’une faute.



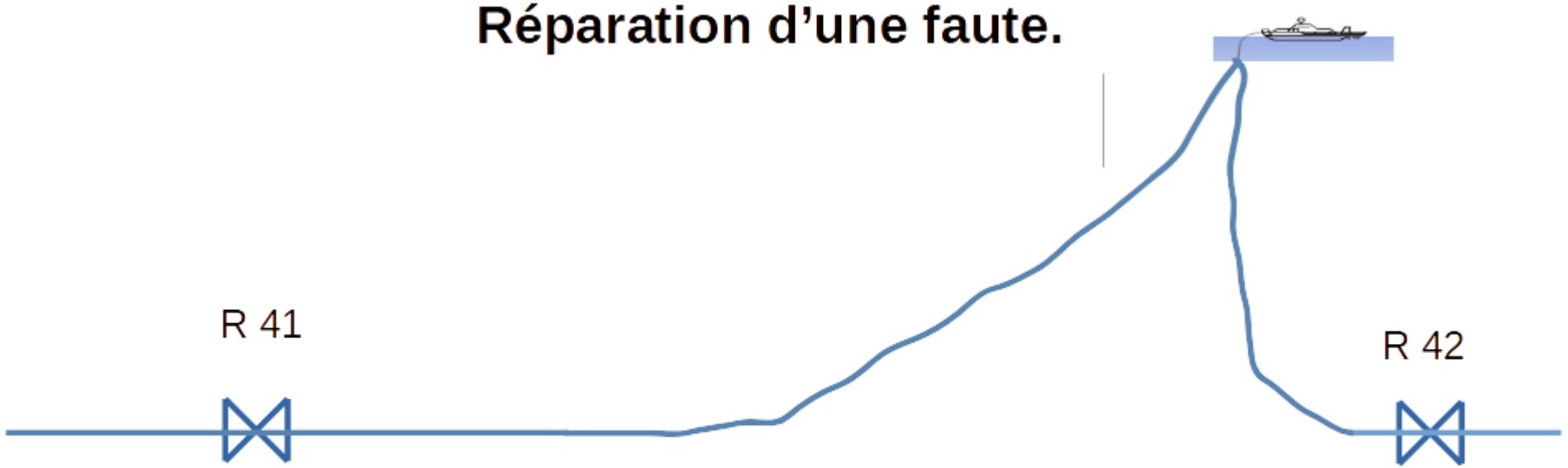
Le bateau récupère le câble vers la faute.
Il trouve la faute. Coupe la faute.
On fait une épissure avec une nouvelle section de câble.

Réparation d'une faute.



Le bateau retourne vers la bouée du câble «sain».
Il récupère le câble sain.
Il fait une épissure entre les 2 sections de câble.

Réparation d’une faute.



Les stations terrestres confirment le bon fonctionnement.
Le câble est alors redescendu avec «délicatesse».

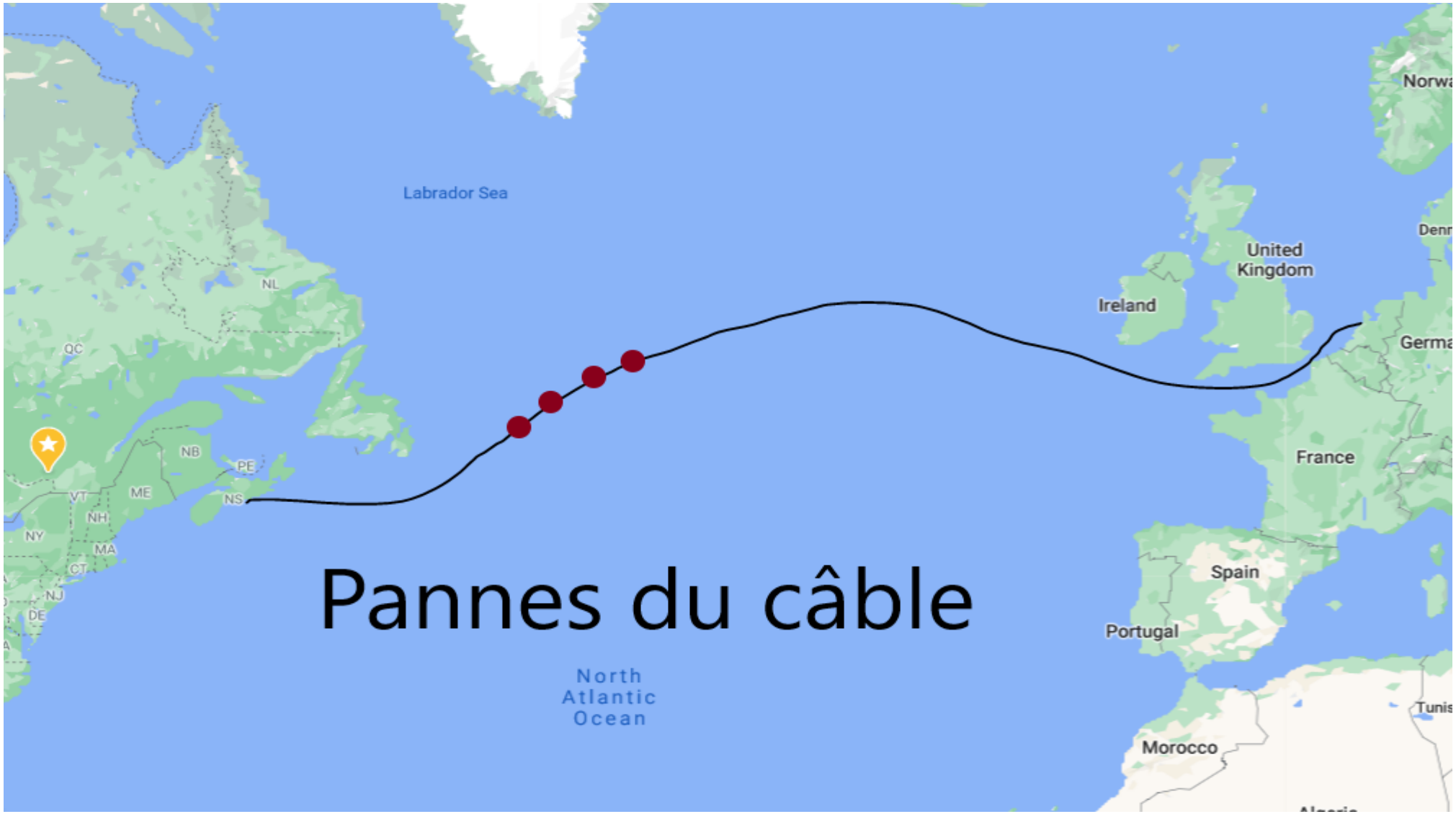
Anecdote 1

- Lors d’une réparation en haute mer,
- Le bateau trouve le câble et le coupe…
- Les 2 stations informent le bateau:.. «Ce n’est pas le bon câble !!»
- Ouf, il s’agissait d’un câble «hors-service» tout près …

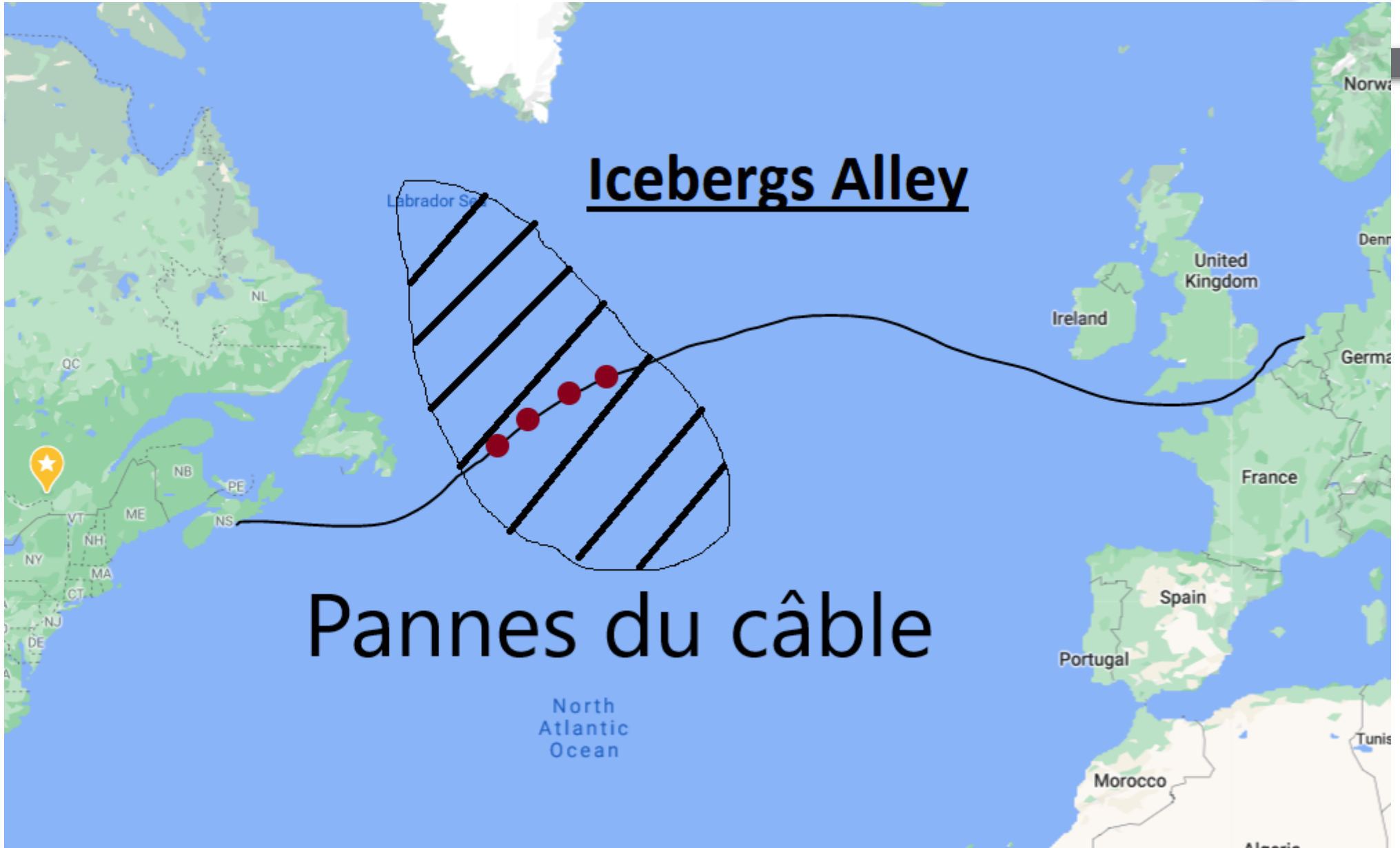
Anecdote 2

- Un nouveau câble se met à briser souvent…
- Plusieurs pannes dans la même région de l'Atlantique
- Enquête (aide de la Woods Institute)
- Le chemin passait par «Icebergs Alley»
- Le coupable: les icebergs font leurs «dépôts»
- Il a fallu changer une section de 200 km +

Nombreuses pannes par abrasion



Le coupable: les déchets des icebergs



Pannes du câble

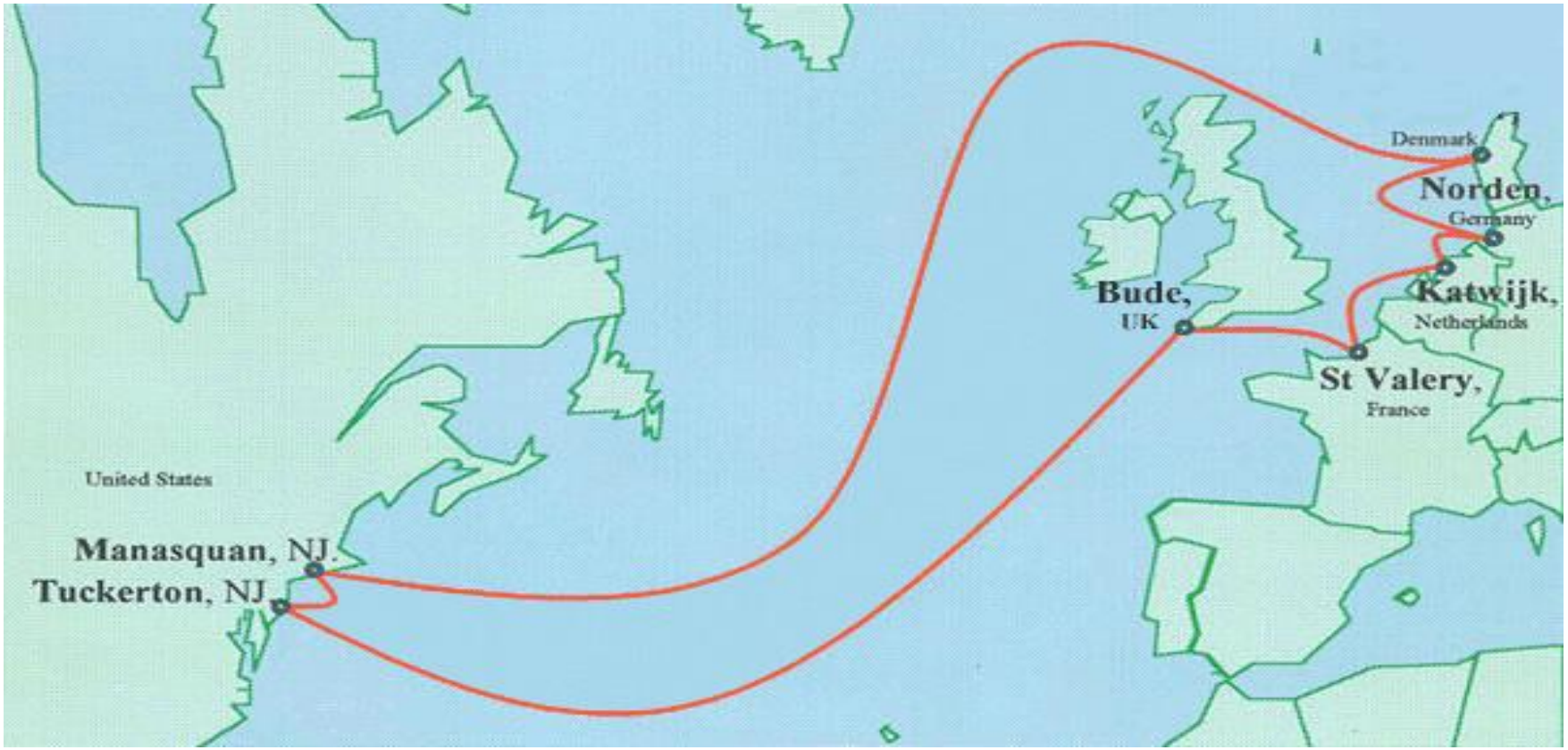
Comment éviter ce problème ?

- Réserver de la bande dans un autre câble

  Ou

- Construire un «système de câbles en boucle.

TAT-14 Cable Network
RFS date: October 2000 Manasquan-St-Valery
RFS date: April 2001, total ring

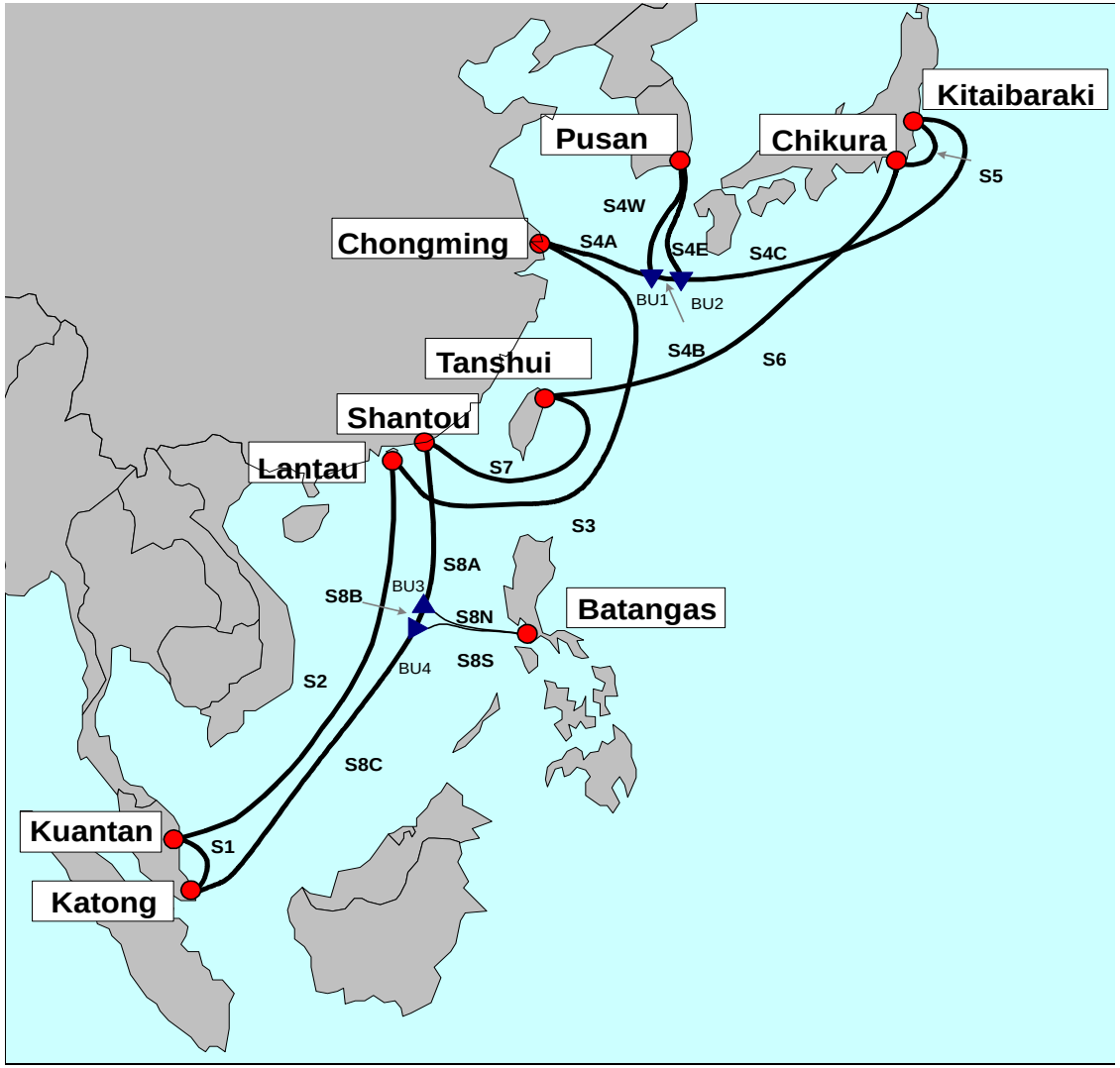


Network information

- Management committee structure: Consortium
- Design capacity: 640Gbps (320 service protected, 320 protection capacity

ASIA PACIFIC NETWORK & CAPACITY

APCN-2 CABLE SYSTEM



L’explosion de l’internet

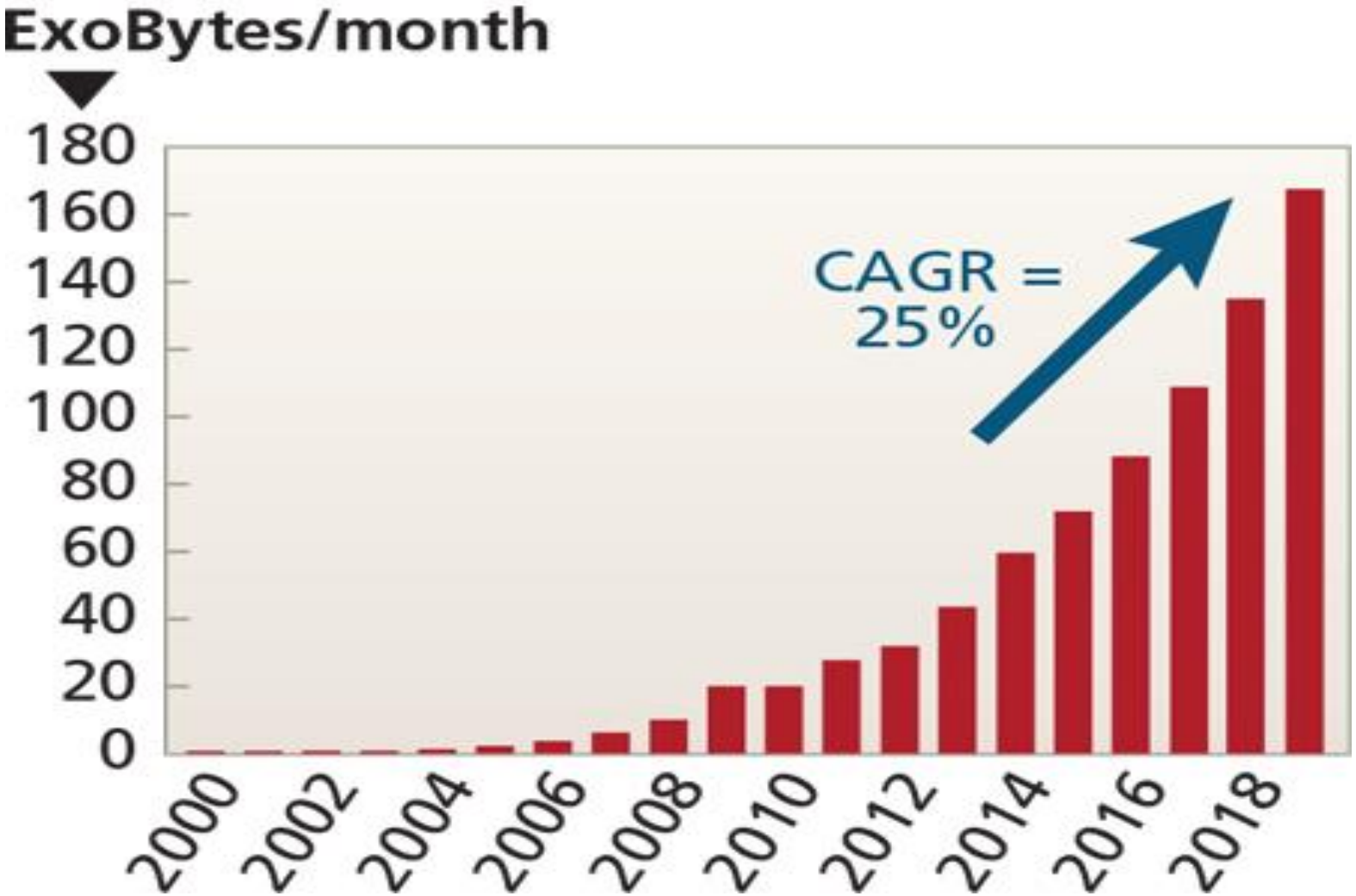
Une croissance explosive !

- Avant, la téléphonie était le principal agent de croissance du trafic
- L'internet a fait exploser les prévisions les plus optimistes.
- Mais d'où vient ce traffic ?

La demande

- Auto examen:…combien d'appareils branchés sur «ip» avez-vous ?
- A chaque minute, s'ajoute 400 heures de vidéo sur YouTube (en 2017)
- Les fournisseurs de contenus: Google, YouTube, Netflix….
- Les clients: nous…(les yeux)
- Il faut relier les fournisseurs et les clients

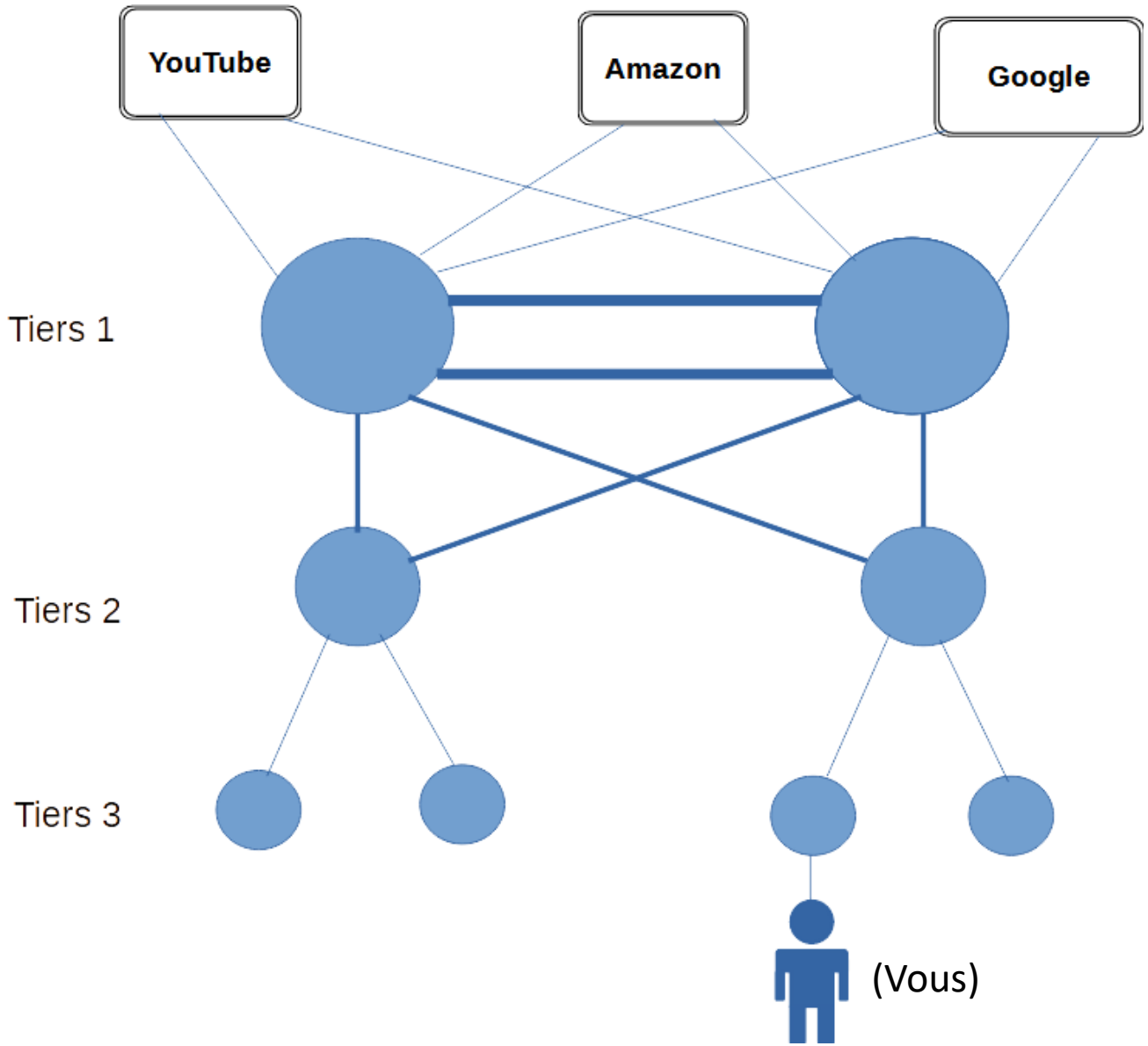
Global IP traffic



L’architecture internet

- Divisés en tiers (en niveau)
- Quelques grands opérateurs (Tier 1)
- Les Tiers 2: des «fédérateurs» de clients
- Les Tier 3 : les FAI (Bell, Vidéotron)
- Finalement : vous (les yeux)

La hiérarchie de l'Internet



Effet boule de neige

- Le trafic de tous est «accumulé».
- De niveaux 1 à 2 à 3
- Le ruisseau devient un torrent
- De plus, il faut doubler/tripler les liaisons importantes entre les noeuds.
- Résultat : croissance phénoménale

TOUJOURS PLUS VITE

De très grands nombres

- Kilo: 1 E3
- Mega: 1 E6
- Giga: 1 E9
- Tera: 1 E12
- Peta: 1 E15
- Exo: 1 E18

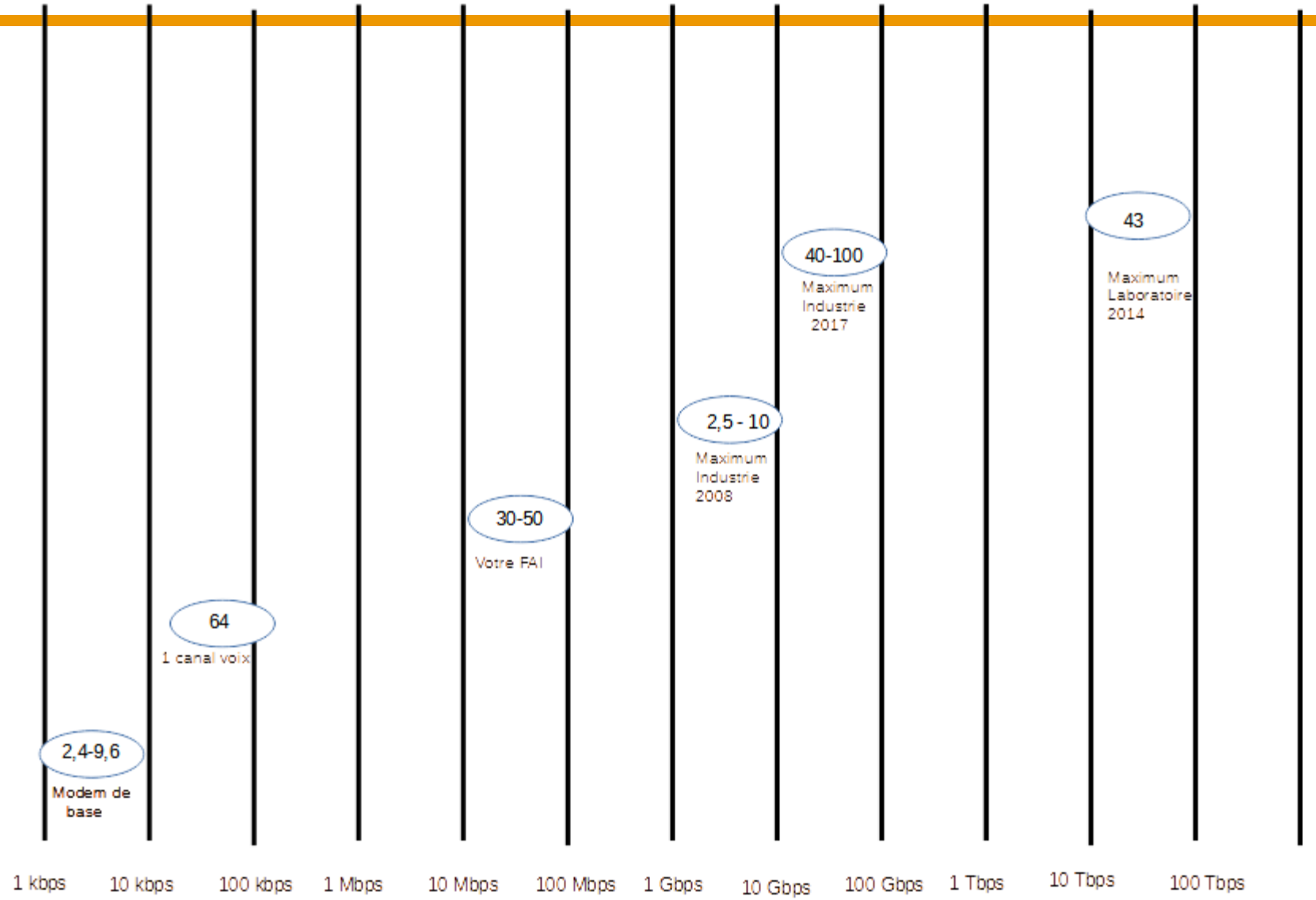
(Number numbness - L'engourdissement des grands nombres)

Essai de représentation

- Je vais tenter de donner une représentation plus tangible de cet immense progrès.

- Je vais me baser sur mon vécu en «bps».

Evolution de la vitesse de transmission

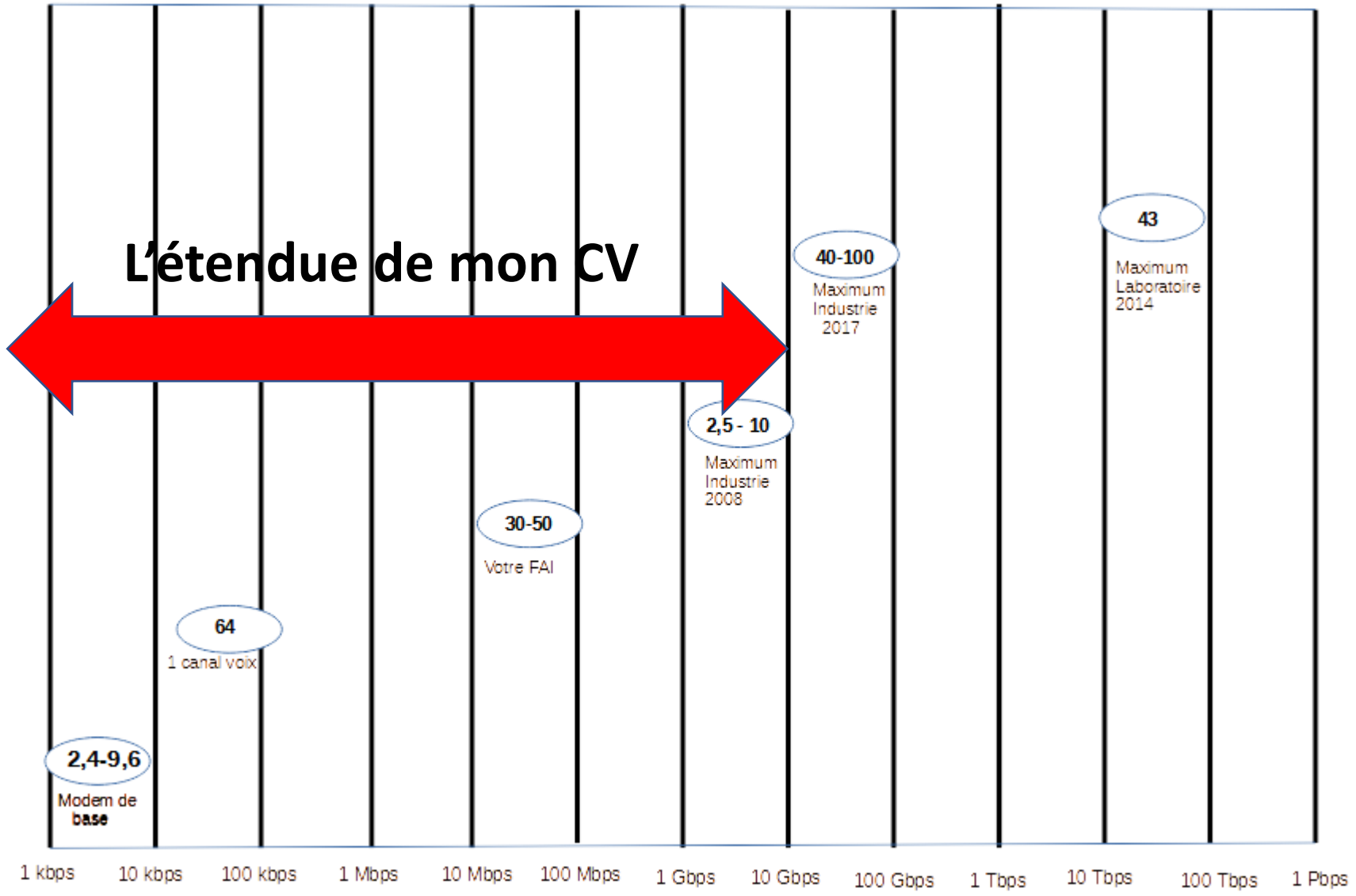


Evolution de la vitesse de transmission

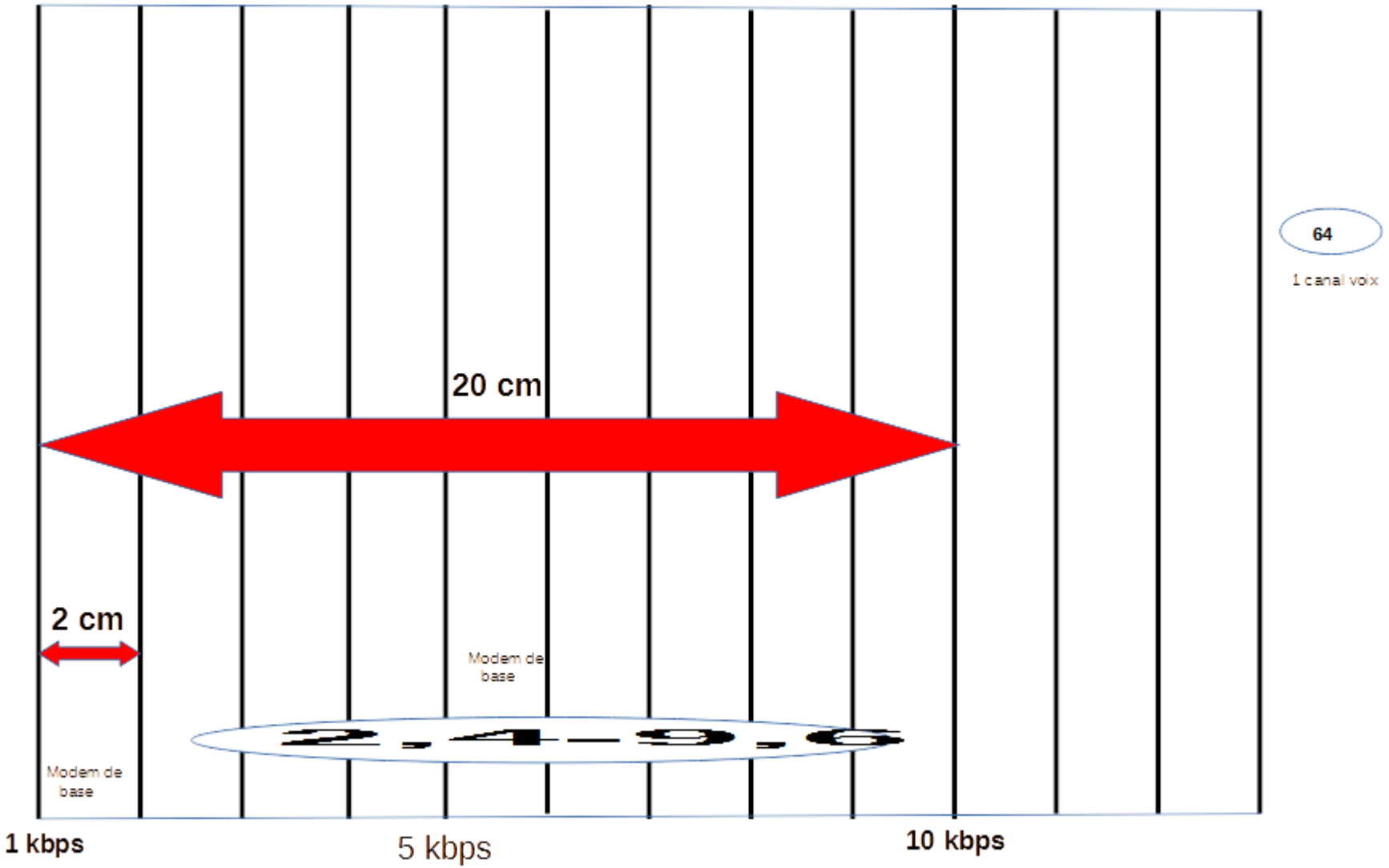
Ce graphique est trompeur !

- C’est un graphique «logarithmique».
- Il aide à représenter mais…
- Il fausse la notion de «grandeur»
- Si le graphique était «linéaire»
- Alors…

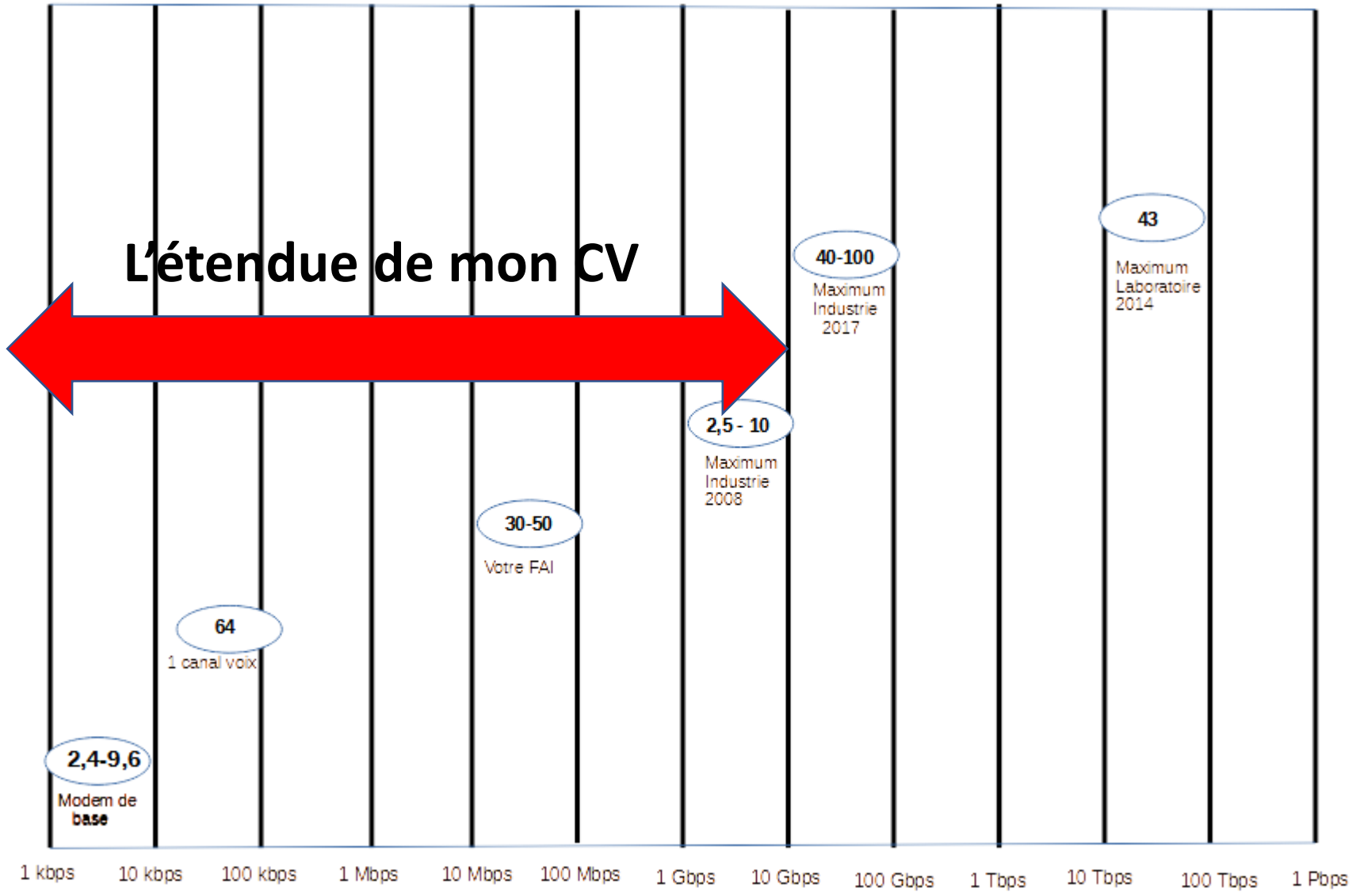
On va «linéariser mon CV»



Représentation linéaire



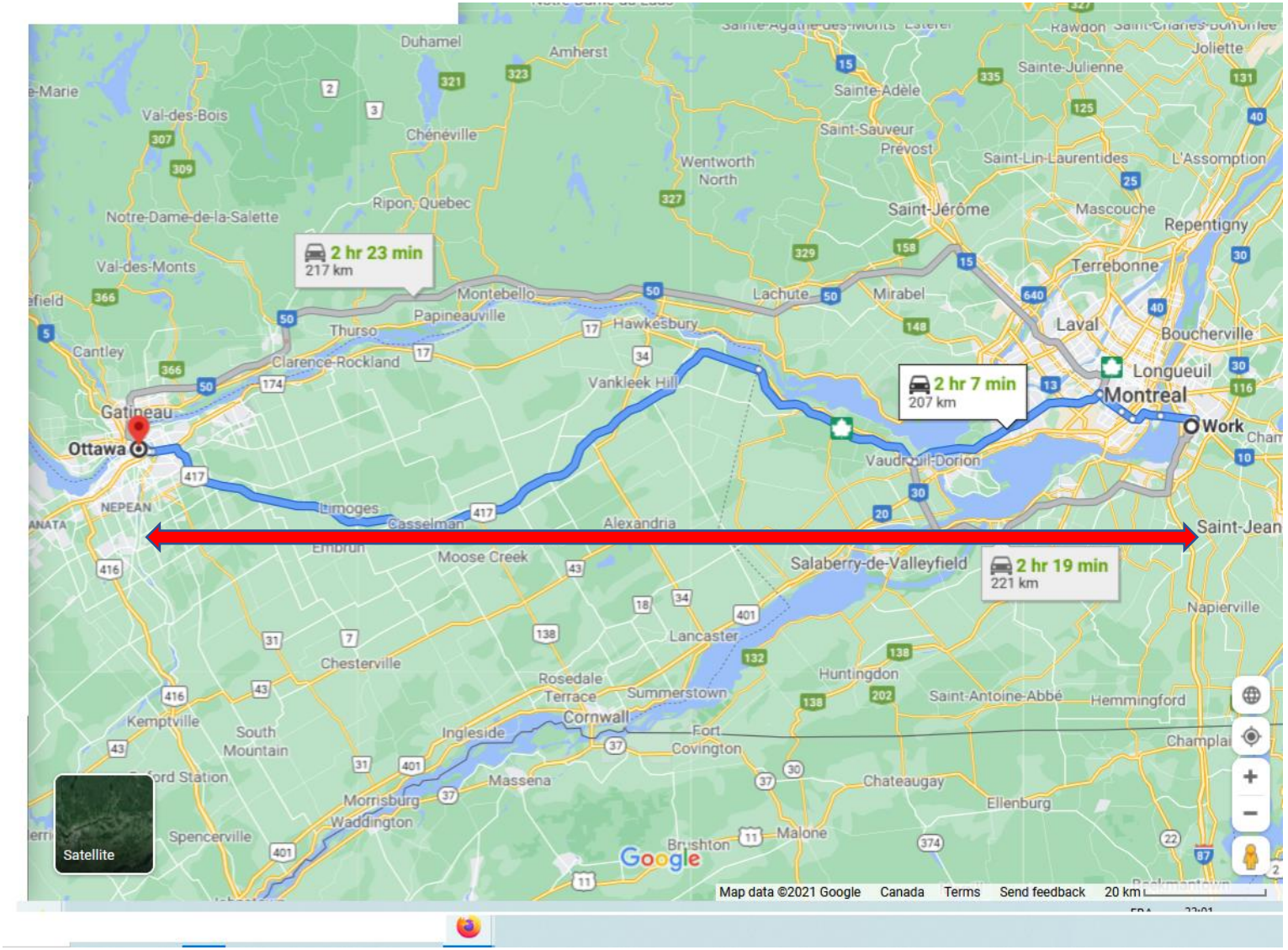
On va «linéariser mon CV»



Quelle serait la grandeur de la feuille de papier pour représenter mon CV ?

De 1 kbps à 10 Gbps

Il me faudrait une page de 200 km.



Et pour le graphique entier

- L’autre bout du graphique serait plus loin que l’orbite de la Lune.
- En supposant le format habituel

  (8,5 par 11 po pour le 1er graphique)
- Et cela continue !

MERCI DE VOTRE ATTENTION.