



**Escola Tècnica Superior
d'Enginyeria de Telecomunicació de
Barcelona**

**Departament de Teoria del Senyal i
Comunicacions**



**UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE
CATALUNYA**




COMUNICACIONS ÒPTIQUES

GRUP DE COMUNICACIONS ÒPTIQUES

Joan M. Gené Bernaus

TEMARI

- 
- 1. INTRODUCCIÓ**
 - 2. FIBRA ÒPTICA**
 - 3. FONTS ÒPTIQUES**
 - 4. RECEPTORS ÒPTICS**
 - 5. AMPLIFICADORS ÒPTICS**
 - 6. SISTEMES DE TX PER F.O.**

1. INTRODUCCIÓ

- **PERSPECTIVA HISTÒRICA**
- **5 GENERACIONS DE SISTEMES ÒPTICS**
- **SISTEMA DE TX PER FIBRA ÒPTICA**
- **AVANTATGES DE LES COM. ÒPTIQUES**
- **LOCALITZACIÓ DE LA FIBRA ÒPTICA**

PERSPECTIVA HISTÒRICA

1800

Primers Senyals - Antigues civilitzacions utilitzaven senyals de foc o fum com a medi de comunicació. **Comunicacions òptiques i digitals.**

Segle XVIII - Els senyals òptics emprats eren tal com les llanternes o les banderes entre d'altres.

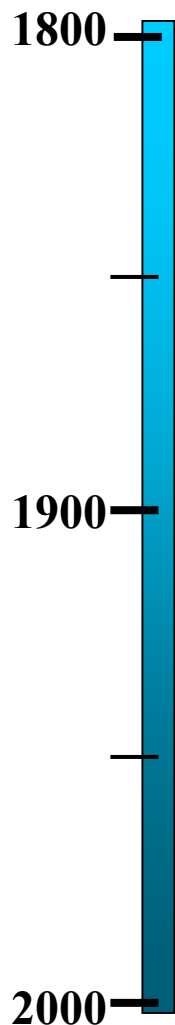
1900

1792 - Claude Chappe inventa el **telègraf aeri**. Una espècie d'antena mecànica lligada a un codi secret (Rev. Francesa). Transmissions a 100 km amb repetidors cada 10 km. Velocitat 1 b/s.

1837 - Samuel Morse presenta el **telègraf elèctric**. Entrem a l'era de les **comunicacions elèctriques**. El codi Morse s'extén ràpidament i la velocitat augmenta fins a 10 b/s. La distància de tx. arriba fins als 1000 km.

2000

1866 – Primer cable transatlàntic per a telègraf.



1876 - Alexander Graham Bell inventa **el telèfon**. Entrem en les **comunicacions analògiques**. El telèfon té una extensió d'abast mundial i arriba fins avui.

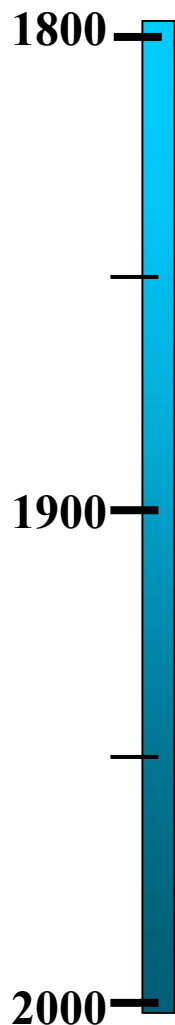
1895 - Primeres experiències de **comunicacions ràdio** per part de Guglielmo Marconi.

1931 - Difusió de les primeres imatges de **TV**. René Barthélémy.

1940 - Primer sistema de transmissió per **cabla coaxial**. Ordre dels MHz.

1948 - Primer sistema de **microones** sobre coaxial. Ordre dels GHz. Les velocitats de tx. Arriben fins als 100 Mb/s però la distància entre repetidors és de tan sols 1 Km degut a les pèrdues (5-10 dB/km).

1956 - Primer cabla transatlàntic per a telèfon.



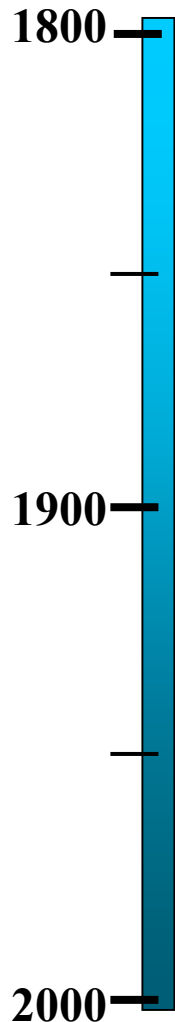
1960 - Primer **Làser de Rubí** per T.H. Maiman. Permet pensar en un sistema de tx òptic amb una portadora de l'ordre dels 100 THz. $D=1\text{mm}$. Ja tenim font.

1966 - K.C. Kao & G.A.Hockham proposen un sistema de transmissió basat en **fibra òptica**. Pèrdues de 1000 dB/km. Tub de vidre de 50 micres. Ja tenim medi.

1970 - F.P. Kapron et al. (Corning) demostren una tx per fibra òptica de SiO_2 amb unes pèrdues de 20 dB/km en la regió d' $1\mu\text{m}$. I. Hayashy et al. mostren el primer diode **làser semiconductor** d' GaAs a temperatura ambient i dimensions paregudes a les de la fibra. També es desenvolupen el LED i els fotodetectors.

1973 – Desenvolupament de noves fibres amb una atenuació inferior a la del coaxial (4dB/km a $850\mu\text{m}$).

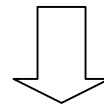
1979 – Apareix la fibra mono-mode (0.2dB/km a $1550\mu\text{m}$).



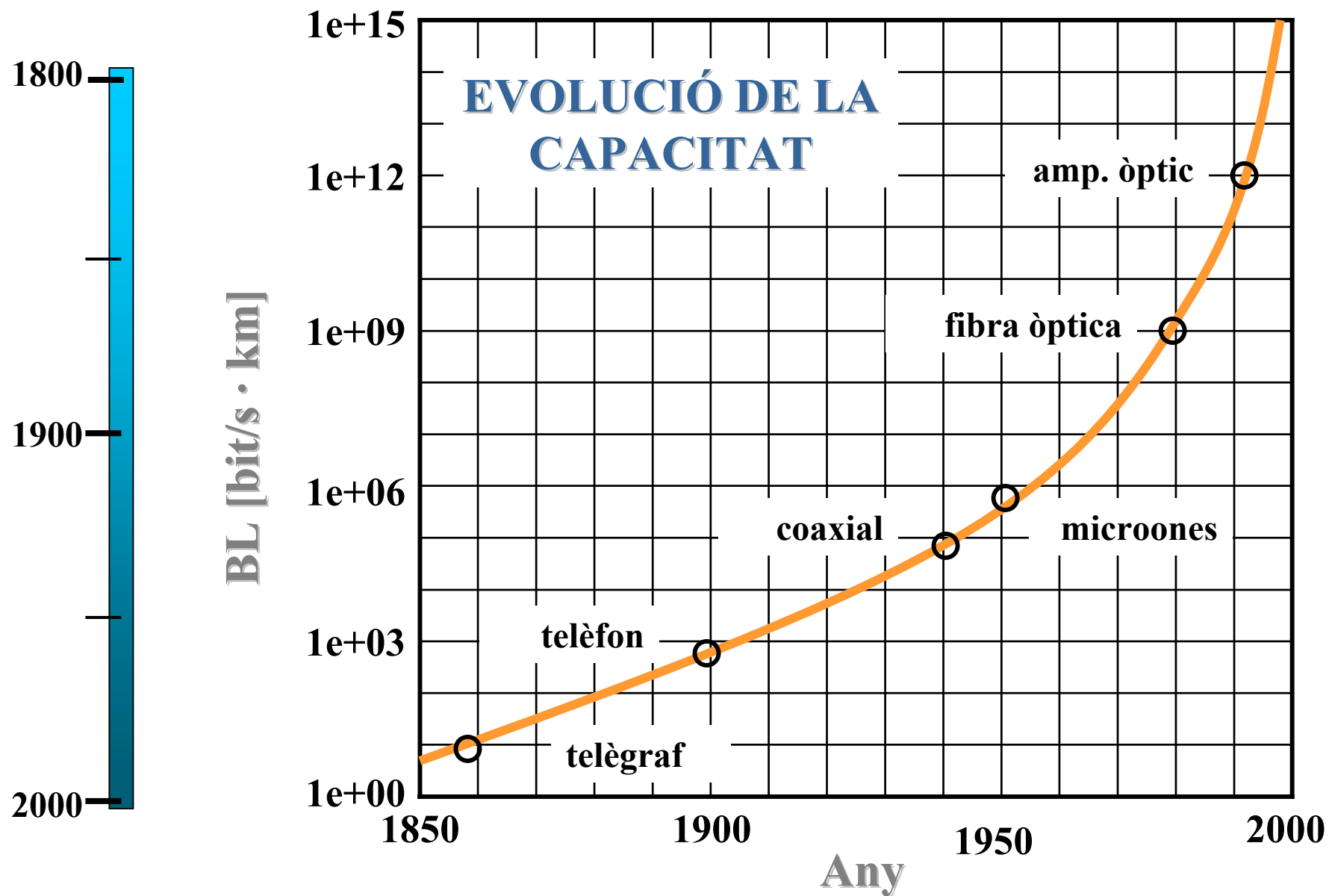
1980 - Desenvolupament dels primers **amplificadors òptics** semi-conductors. Primer sistema comercial de tx per fibra òptica. 45 Mb/s i una distància entre repetidors de 10 km.

1989 - Primers amplificadors òptics de **fibra dopada**. Aquests permeten una distància entre repetidors de fins a 100 km.

1996 - Posada en servei del cable trans-Pacífic (TPC-5) amb tecnologia **WDM** operant a 20x5 Gb/s.



Tornem a les
comunicacions
òptiques digitals



5 GENERACIONS DE SISTEMES ÒPTICS

Primera Generació 70s

- Fibra multi-mode (5dB/km)
- Esdevé comercial al 1980 (45 Mb/s)
- Làser FP mm AlGaAs a 850 nm, LED
- Velocitat de bit de 50-100 Mb/s
- Espaiat entre repetidors de 10 km

Limitat per atenuació



principis 80s

Segona Generació

- Fibra mono-mode (0.5dB/km) ➤
- Esdevé comercial al 1987 ➤
- Làser FP mm InGaAsP a 1300 nm ➤
- Velocitat de bit de 100 Mb/s - 1.7 Gb/s ➤
- Espaiat entre repetidors de 50 km ➤

Limitat per atenuació



Tercera Generació 80s

- Fibra mono-mode (0.2dB/km) (DSF)
- Esdevé comercial al 1990
- Làser DFB sm a 1310 nm i 1550 nm
- Velocitat de bit de 2.5 Gb/s
- Espaiat entre repetidors de 100 km
- Amplificadors semi-conductors (SOA)
- Sistemes coherents

Limitat per atenuació



principis 90s

Quarta Generació

- Fibra mono-mode (0.2dB/km) (DCF) ➤
- Esdevé comercial al 1996 (TPC-5) ➤
- Làser DBR sm a 1550 nm ➤
- Capacitat 1-128 x 2.5-10 Gb/s (WDM) ➤
- Espaiat entre repetidors de 100 km ➤
- Amplificadors de fibra dopada (EDFA) ➤

Limitat per dispersió

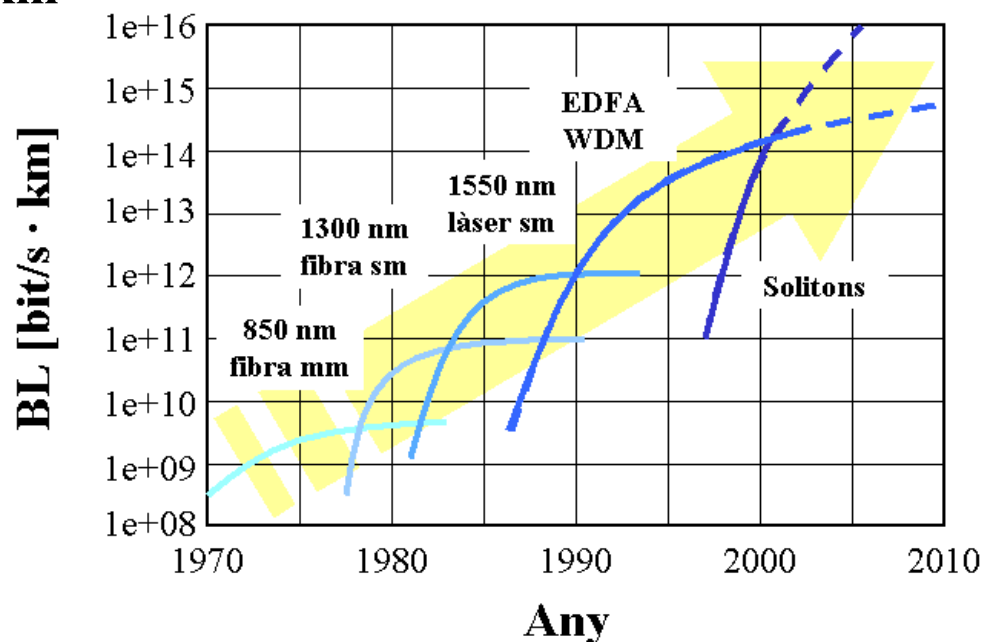


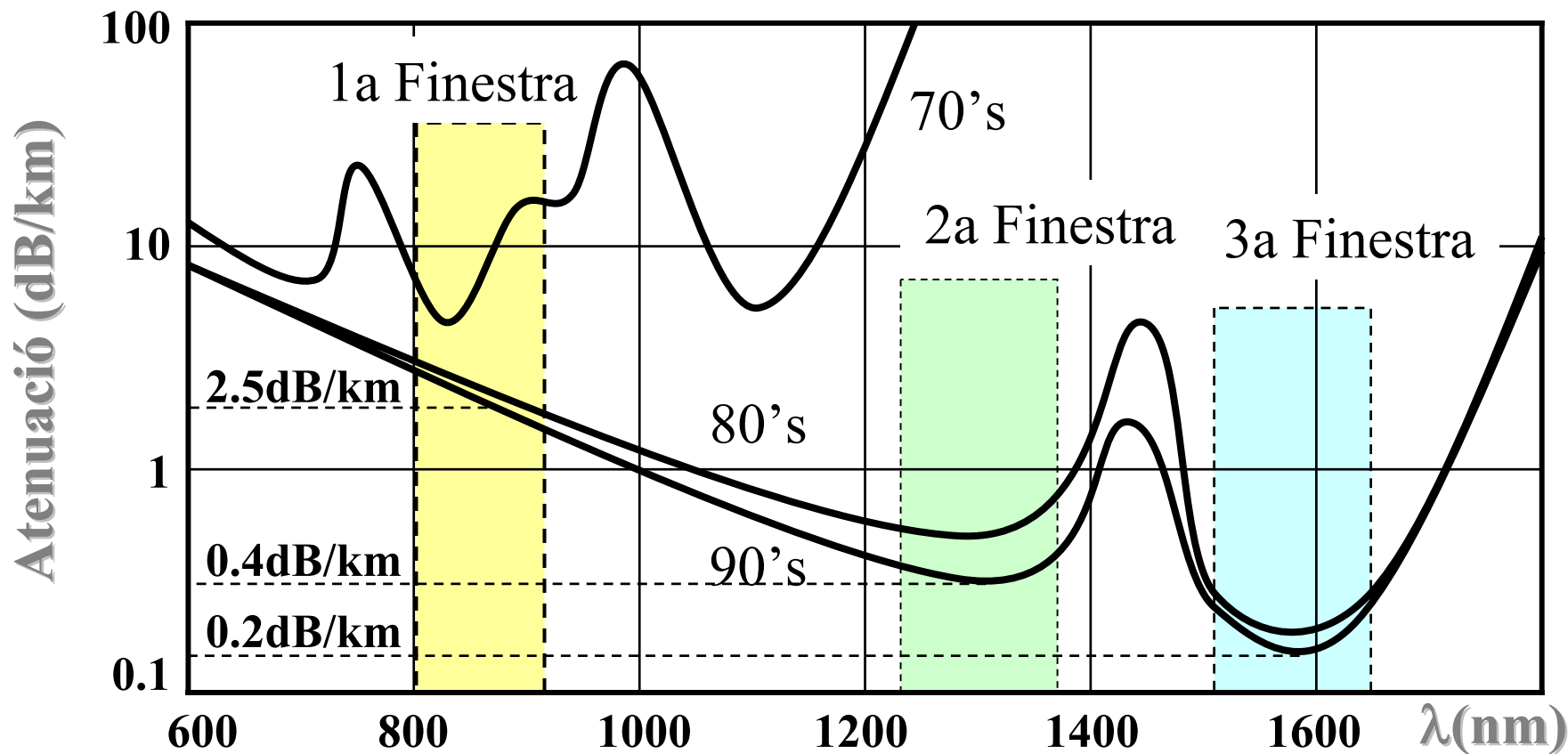
Cinquena Generació 90s

- Fibra mono-mode (0.2dB/km) (LEAF)
- Esdevindrà comercial al 20??
- Làsers CE sm a 1550 nm
- VCSELS làsers a preu de LED
- Capacitat Nx40-160 Gb/s (DWDM)
- Espaiat de repetidors de ??? km
- Solitons
- Modulacions especials
- Amplificació Raman

Limitat per
NL & PMD

5 Generacions de Sistemes Òptics





Làsers

AlGaAs

InGaAsP

InGaAsP

Amp. SC

AlGaAs

InGaAsP

Amp. Fibra

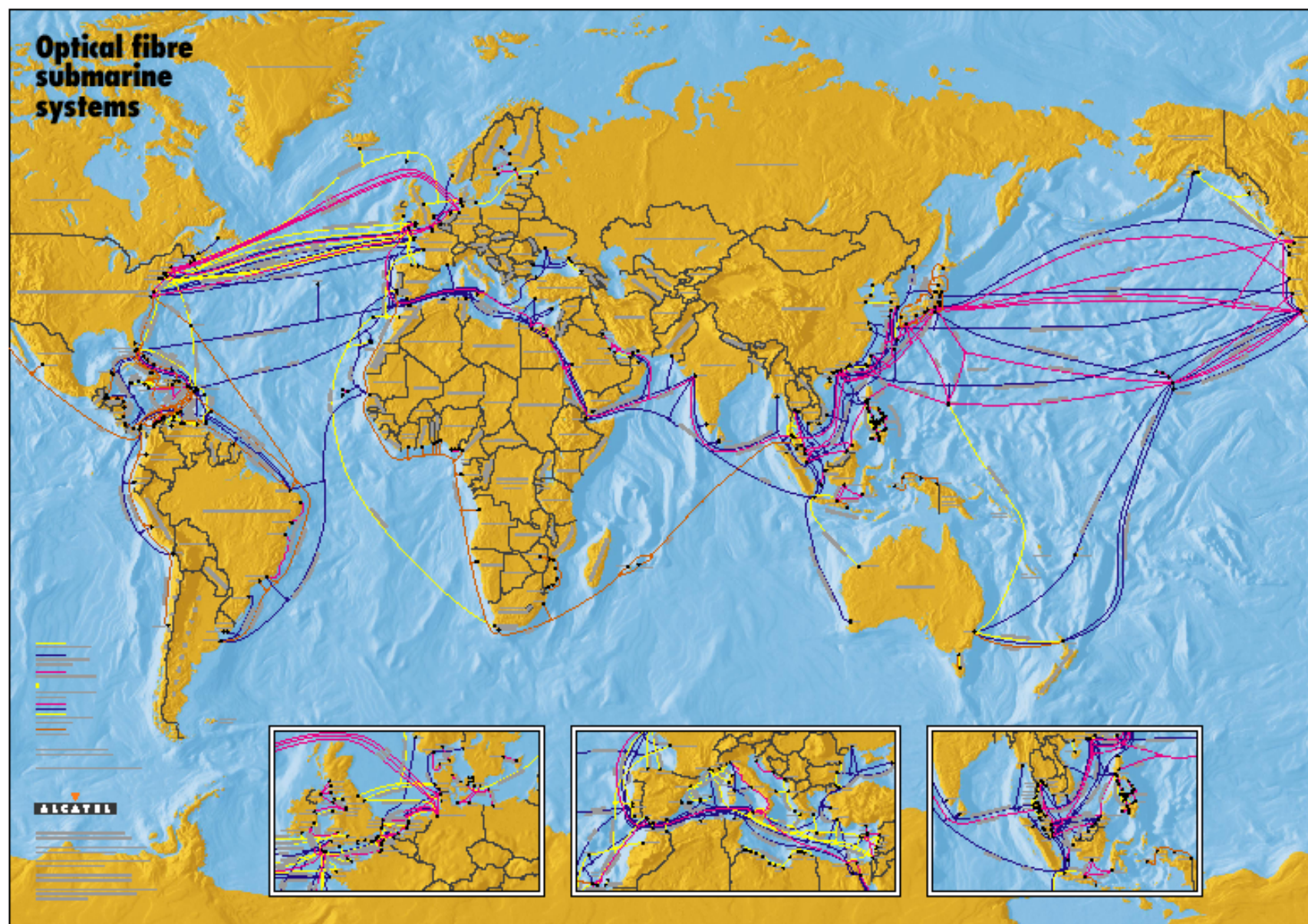
PDFA

EDFA

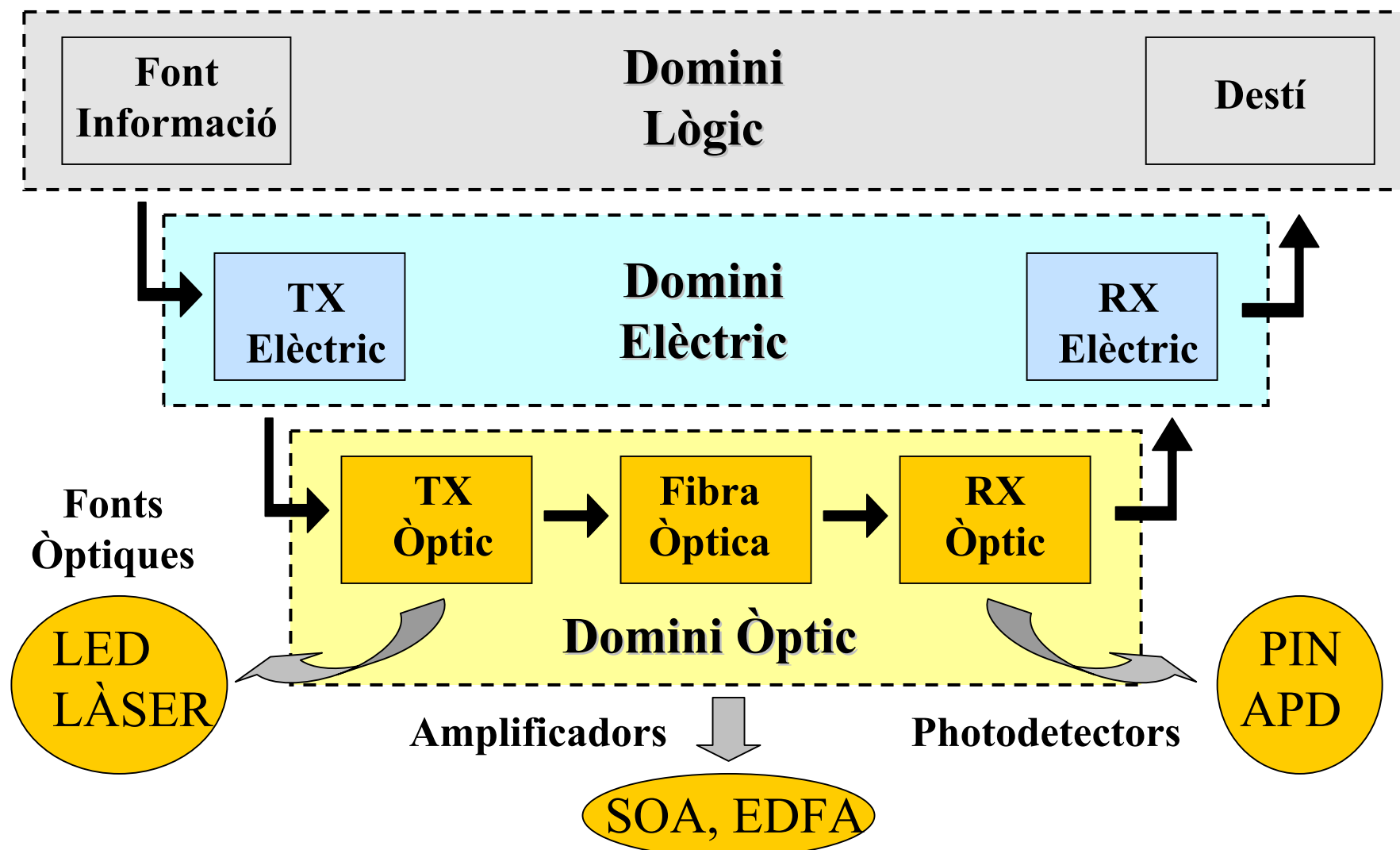
Photodet.

Si

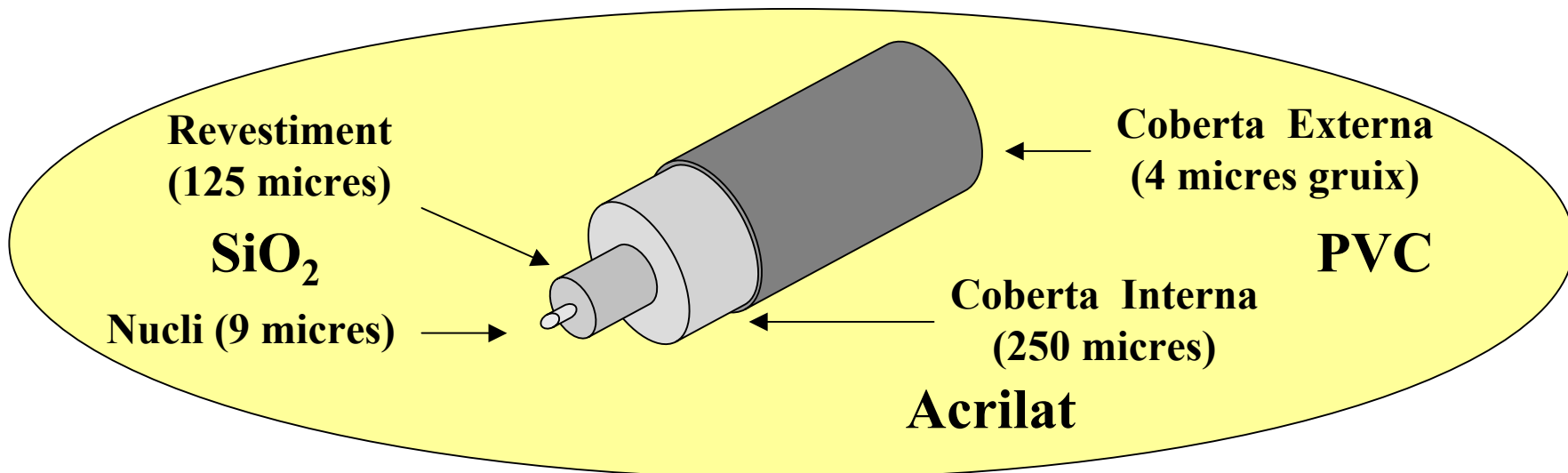
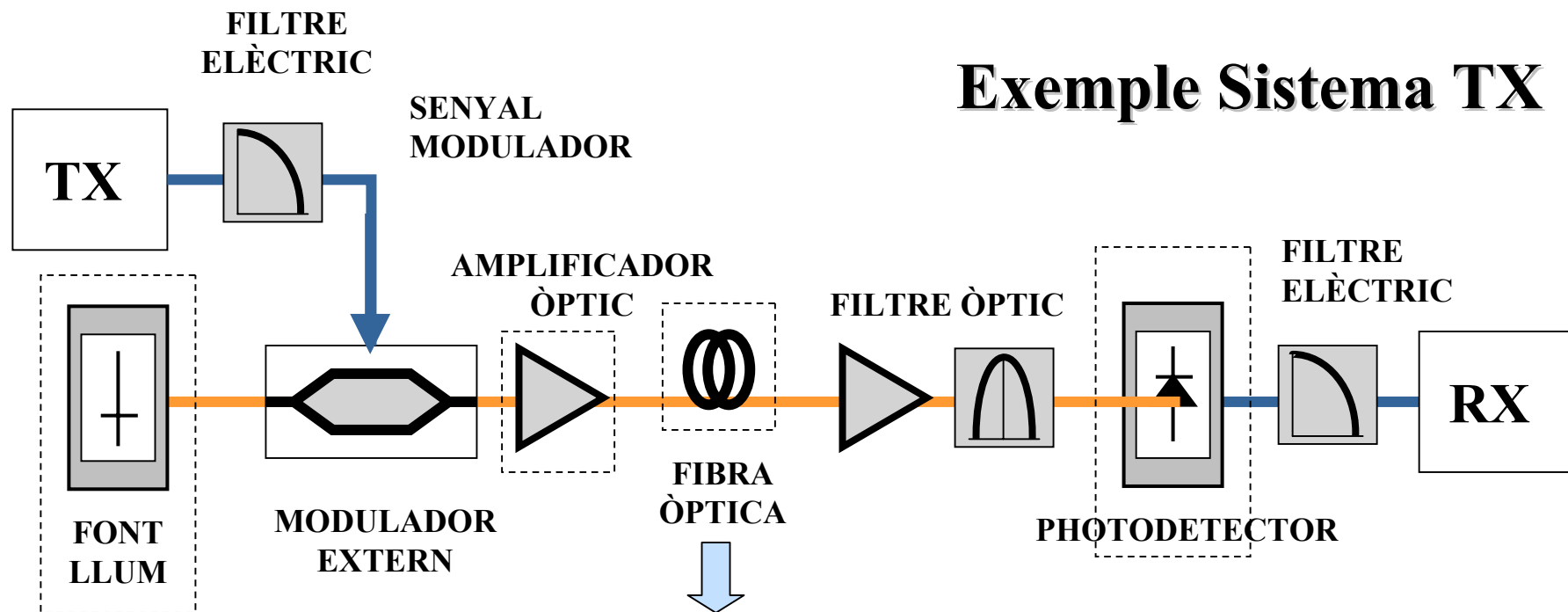
InGaAsP Ge



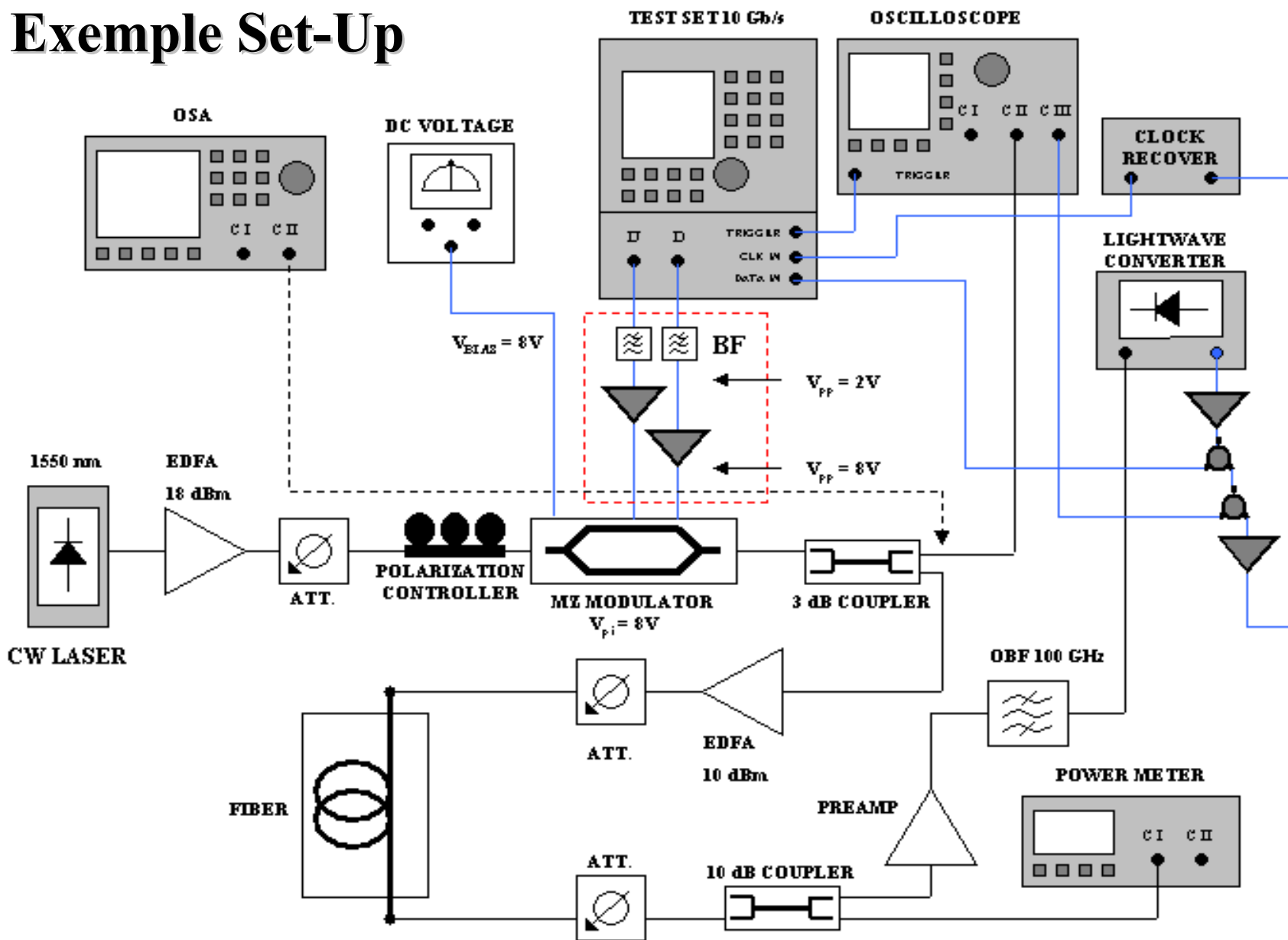
SISTEMA DE TX PER FIBRA ÒPTICA



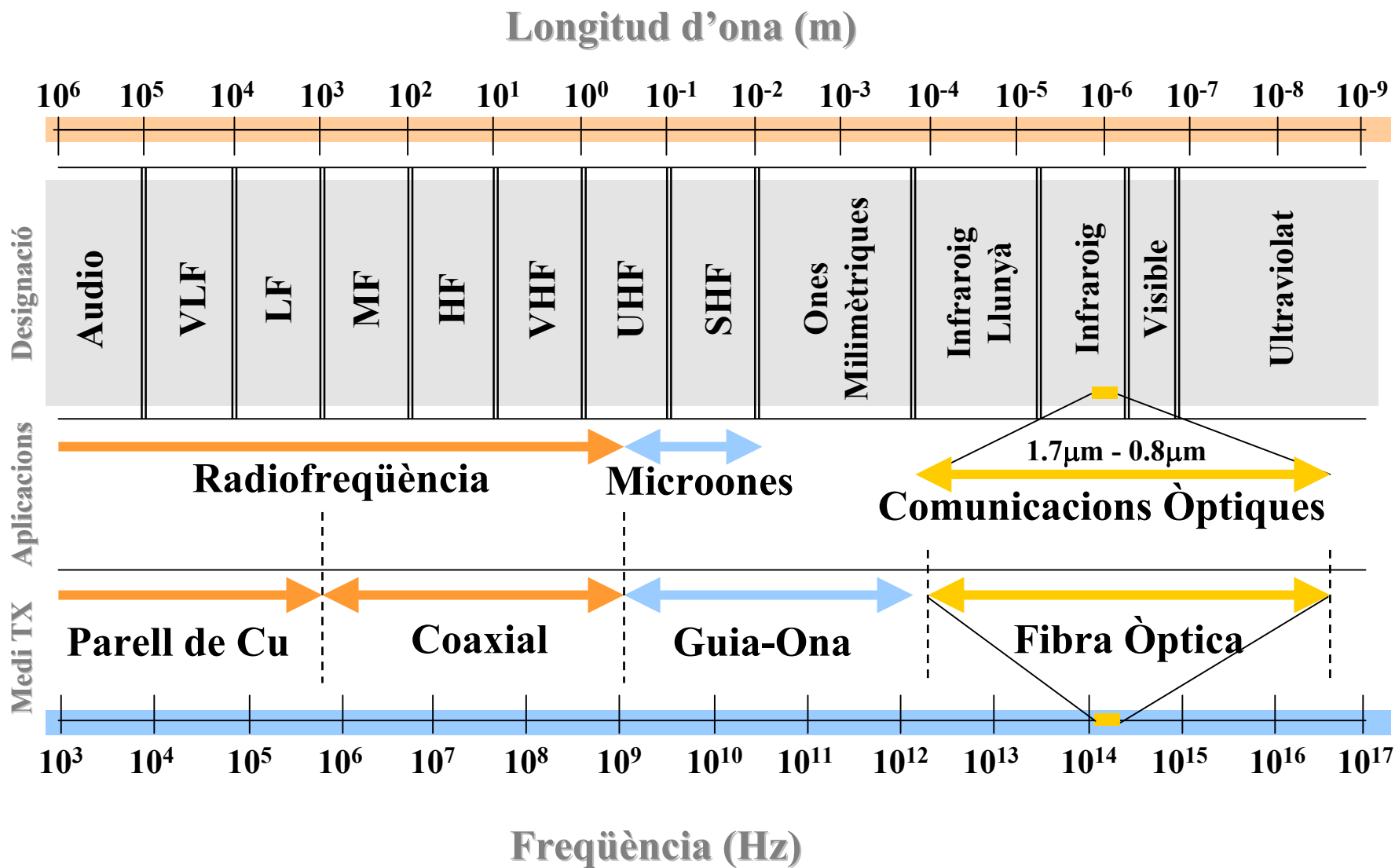
Exemple Sistema TX



Exemple Set-Up



Espectre Electromagnètic



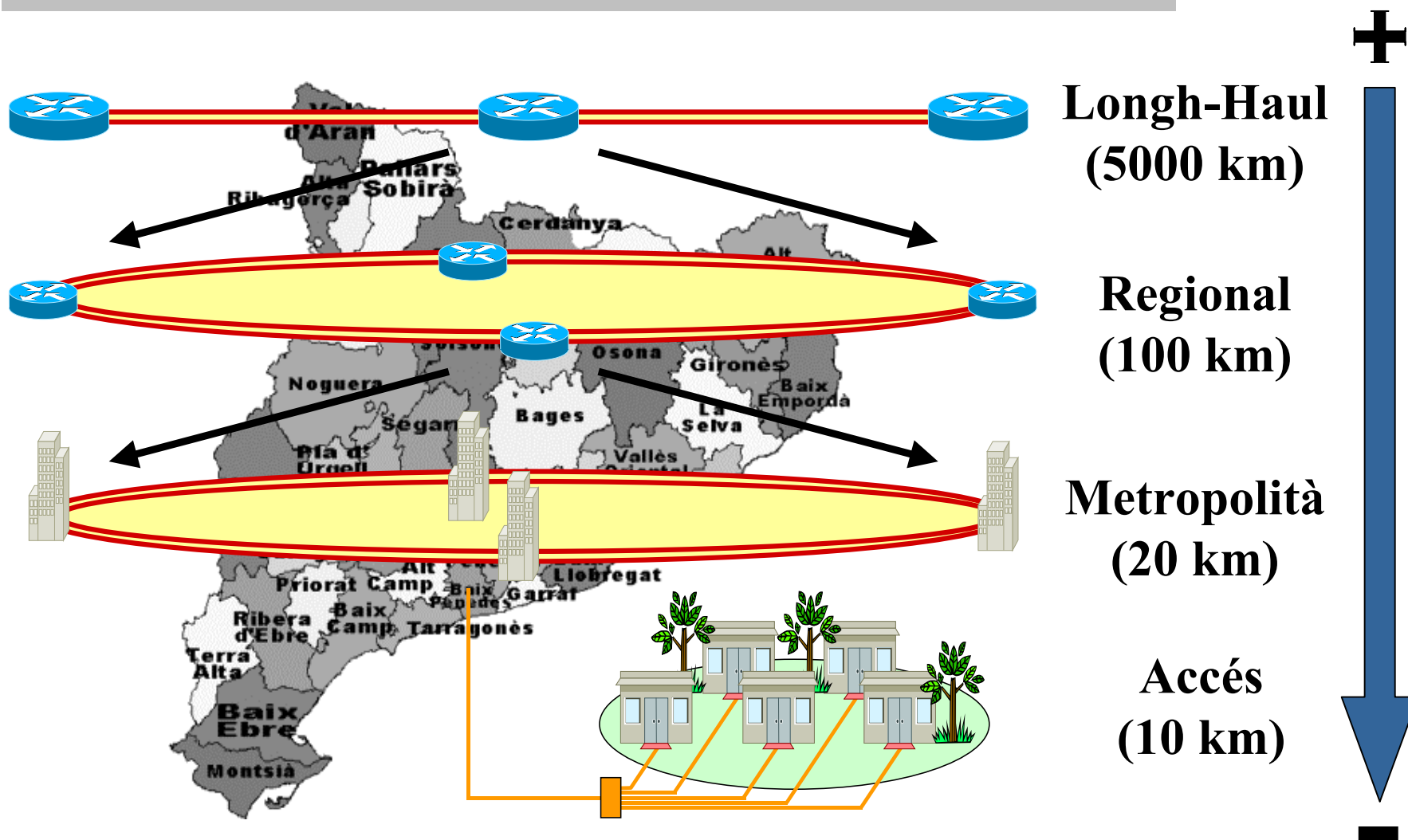
AVANTATGES DE LES COM. ÒPTIQUES

- ✿ Capacitat exagerada (Tb/s \rightarrow 1% de la portadora 100 THz)
- ✿ Atenuació reduïda (0.2 dB/km) en un marge ampli de freqüència (30 nm – 4 THz)
- ✿ Dimensions i pes reduïts
- ✿ Aïllant (medi dielèctric) - Immunitat envers interferències electromagnètiques
- ✿ No diafonia (radiació reduïda)
- ✿ Estabilitat amb temperatura (-55°C a 125 °C)
- ✿ Flexible i robusta (mecànicament parlant)
- ✿ Seguretat envers intrusions (radiació reduïda)
- ✿ Cost potencialment reduït (SiO₂ - capacitat)

INCONVENIENTS DE LES COM. ÒPTIQUES

- ✿ Necessitat de transductors E/O-O/E
- ✿ Dispositius cars (cost compartit → Long-Haul)
- ✿ Fusió de fibres complexa
- ✿ Connectors complicats
- ✿ Tecnologia molt nova


LOCALITZACIÓ DE LA F.O.



SITUACIÓ ESPANYOLA (CMT2001)

Km de xarxa per tipus de transmissió

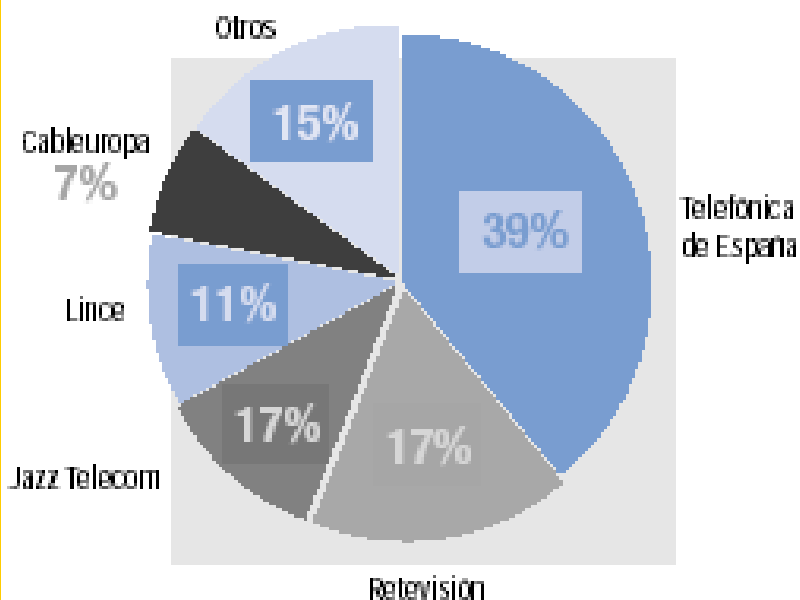
| | Año 2000 | Año 2001 | % Variación 2000/2001 |
|---------------|----------|----------|-----------------------|
| Cable óptico | 132.737 | 150.928 | 13,70 |
| Radioenlace | 91.604 | 104.304 | 13,86 |
| Cable coaxial | 6.402 | 14.329 | 123,82 |
| Otros | 12.467 | 21.086 | 69,13 |
| Total | 243.210 | 290.647 | 19,50 |



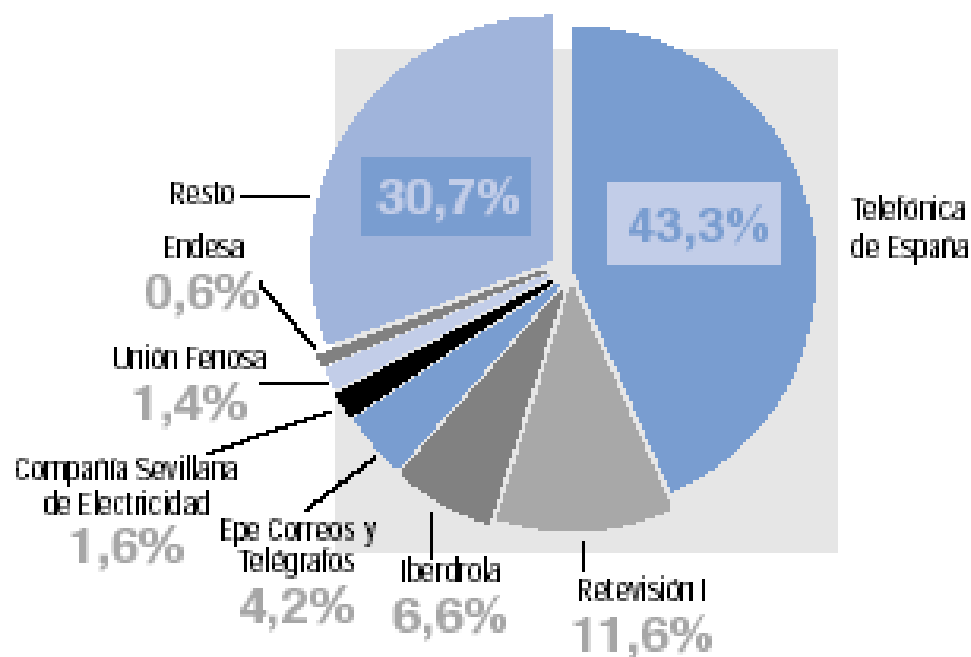
52 %
36 %
5 %
7 %

SITUACIÓ ESPANYOLA (CMT2001)

Km de xarxa per propietat



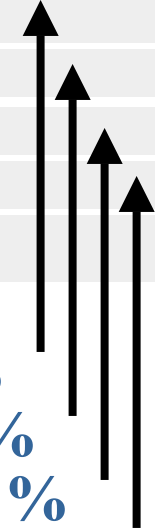
Propietat Fibra Fosca



SITUACIÓ ESPANYOLA (CMT2001)

Accessos Físics

| Tipo de acceso | Año 2001 | |
|----------------|------------|-------------|
| | Instalados | En servicio |
| Fibra óptica | 423.638 | 149.114 |
| Par de cobre | 19.438.195 | 17.266.520 |
| Radio | 756.302 | 371.274 |
| HFC | 3.362.074 | 316.899 |
| Total | 23.980.209 | 18.103.807 |



1 %
95 %
2 %
2 %