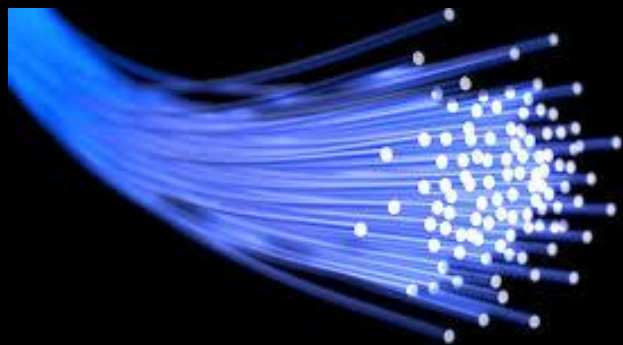


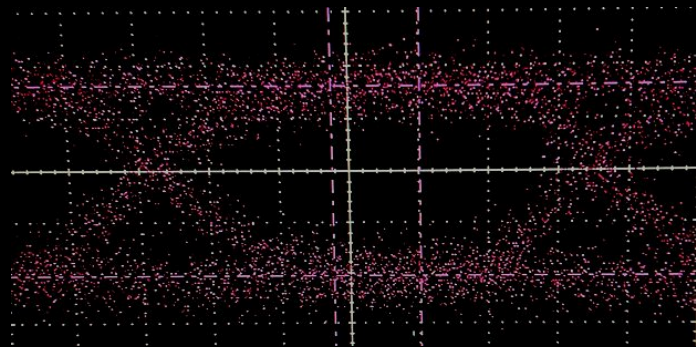
# Projet DEPhI : Transmission cohérente sur fibre optique

Institut d'Optique - 8 novembre 2024

*Esther Fromm, Christof Dijkstra, Bianca Le Vu, Lou Archambault*



Source : ville de Rezé



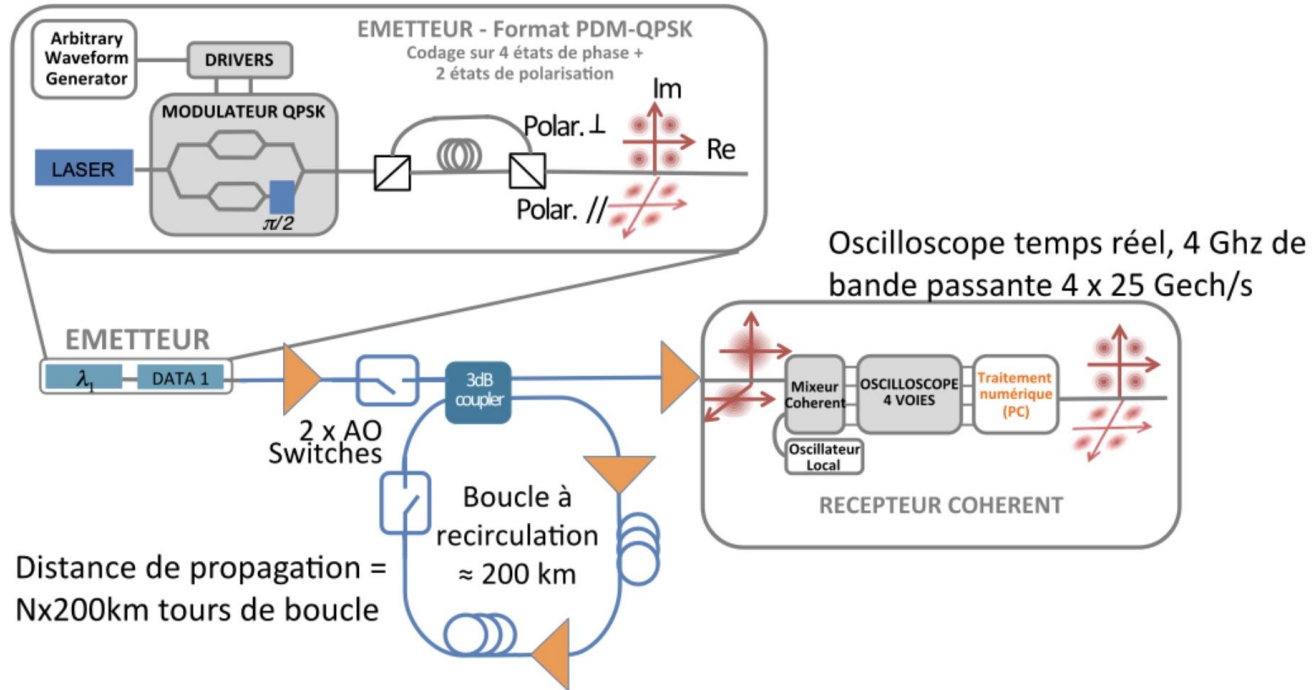
# Contexte et applications

- Majoritairement:  
Télécommunications optiques  
*99% du trafic international*  
*3 milliards de km de câble*
  - Autres domaines :  
Médecine  
Militaire  
Capteurs
- enjeux actuels : augmenter les débits  
dans les télécoms optiques  
20 Tbit/s par fibre



# Montage complet

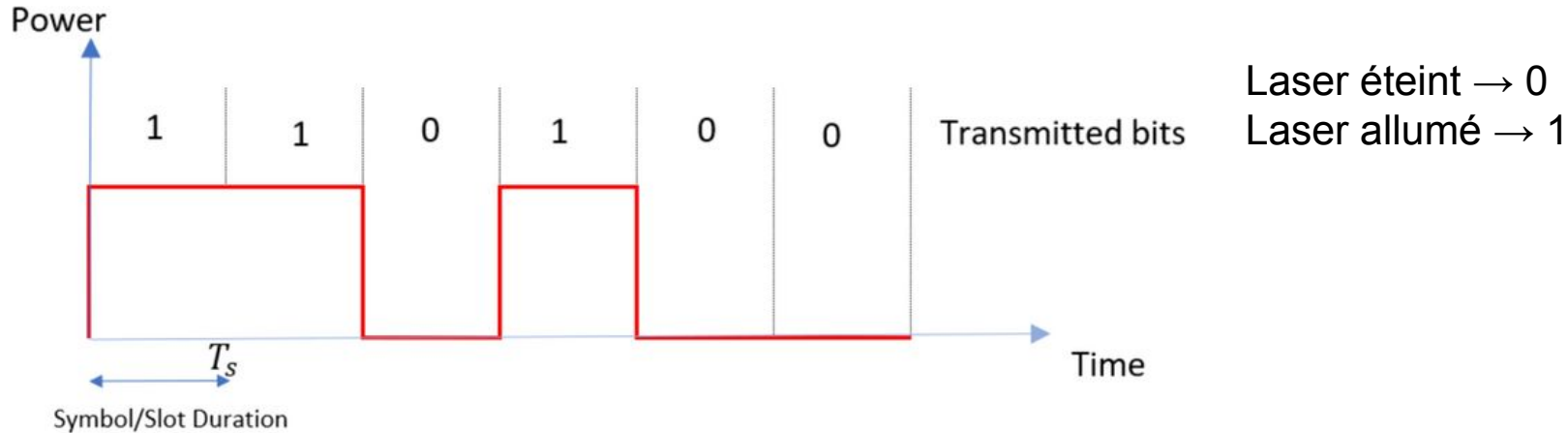
Objectifs : Mettre en place une chaîne complète de télécommunication par fibre optique  
Rédiger un texte de TP pour les 3A et masters



# Organisation du projet

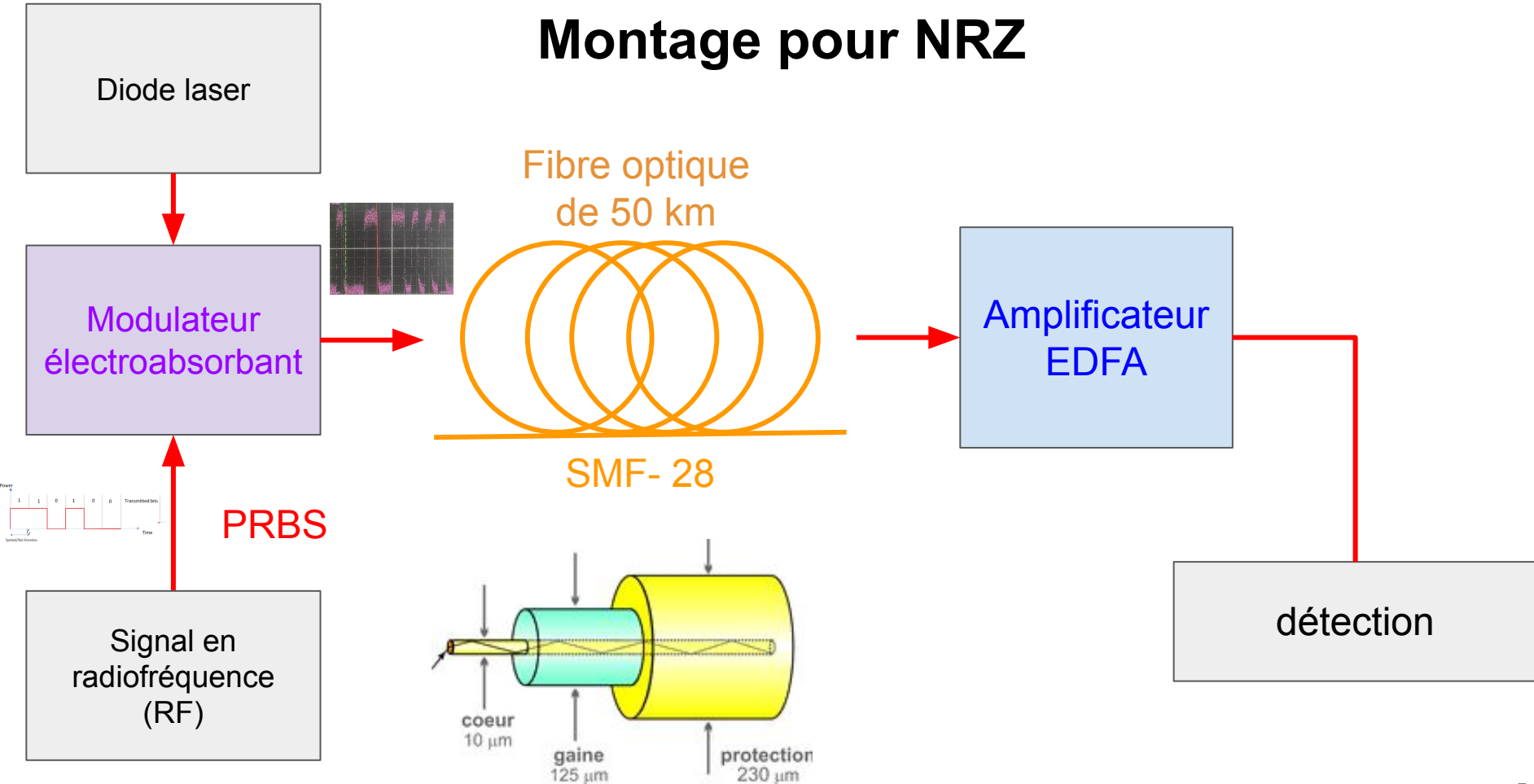
- Prise en main des différents blocs du TP Dispersion Chromatique (codage NRZ) + bibliographie, rédaction de documents techniques et du cahier de laboratoire **(mis sur espace partagé)**

} **semaine 1**

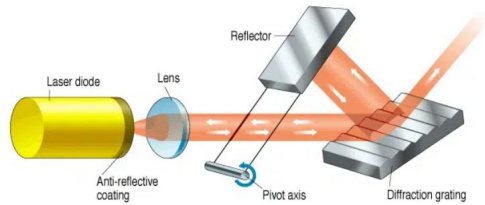


- Modulation QPSK + détection cohérente en back-to-back (2 équipes) } **semaine 2**
- Mise en oeuvre du montage QPSK avec la fibre et traitement du signal } **semaine 3**

# Montage pour NRZ



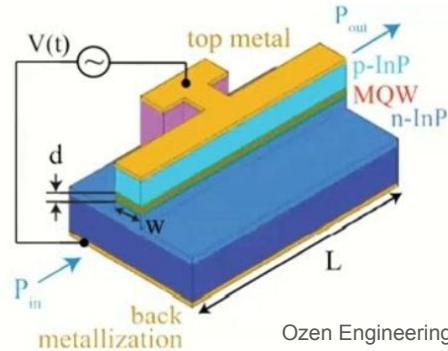
# Émission



IEEE Spectrum

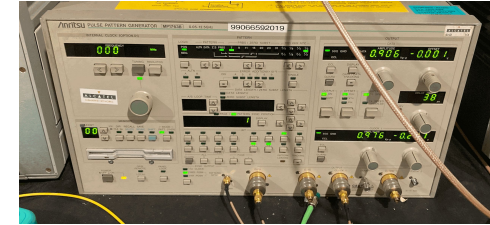
## Diode laser à cavité externe

choix d'une longueur d'onde précise grâce à un miroir et un réseau de diffraction (autour de  $1.5 \mu\text{m}$ )



## Modulateur électroabsorbant

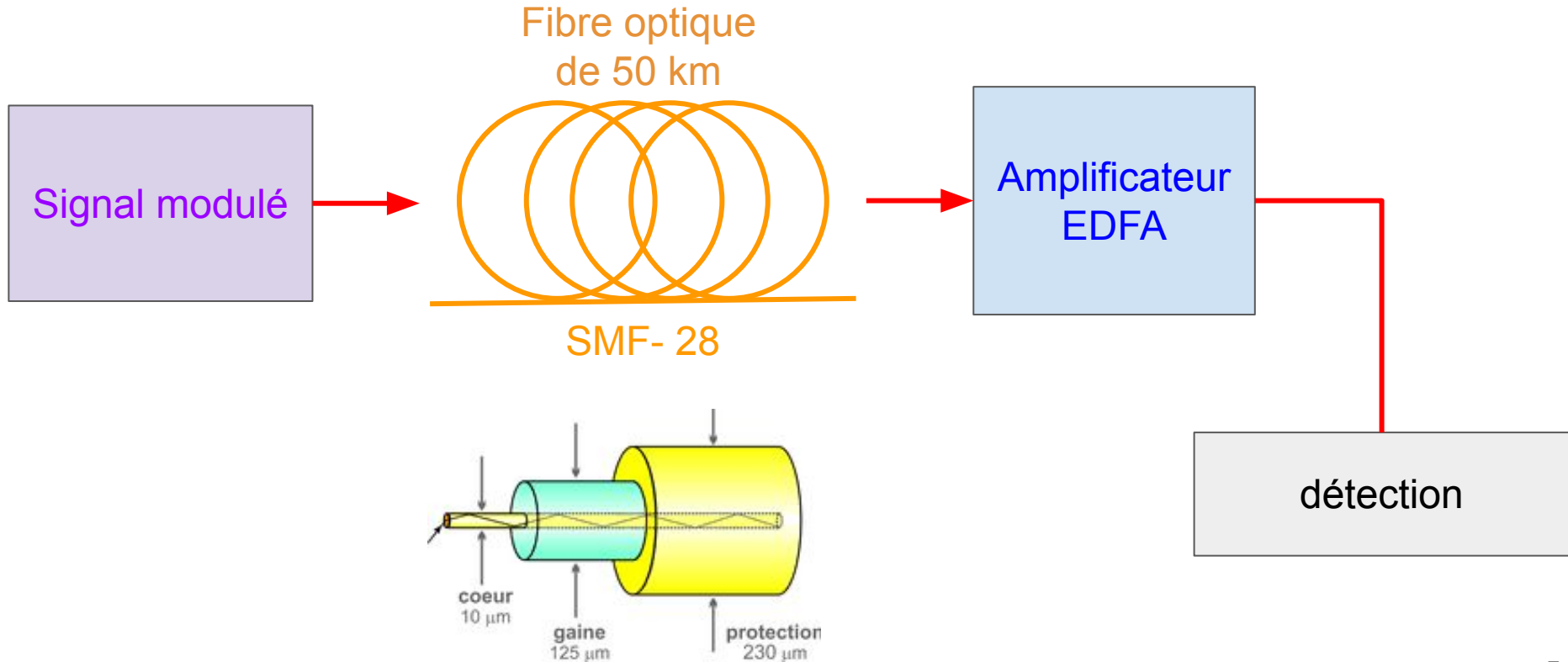
permet de moduler en amplitude le faisceau laser par le signal du PRBS



## Générateur de signaux PRBS (Pseudo Random Bit Sequences)

délivre une séquence binaire pseudo-aléatoire de longueur 128 bits rejouée sans discontinuer. La fréquence "bits" va de 500 MHz à 12 GHz.

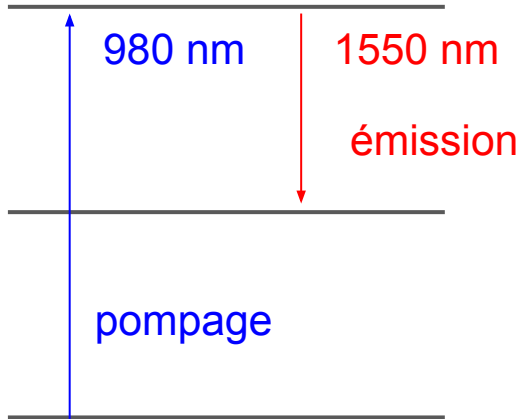
# Transmission



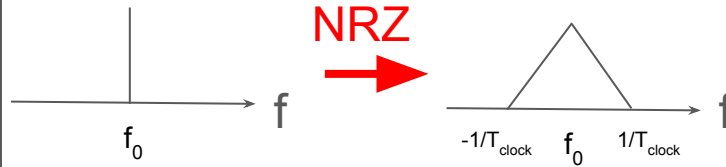
# Atténuation et dispersion

## Atténuation

- 0,2 dB/km
- amplificateur EDFA tous les 200 km



## Dispersion chromatique



- fréquences vont voir indices  $\neq$
- impulsion étalée temporellement

solution: fibres à compensation de dispersion

## PMD

(polarization mode dispersion)

contraintes mécanique et thermique influent sur la géométrie

- biréfringence
- vitesses  $\neq$  selon polarisation

solution: traitement numérique



# Détection

## Oscilloscope Tektronix AWG 710

- entrée pour fibre optique
- large bande-passante
- échantillonnage rapide

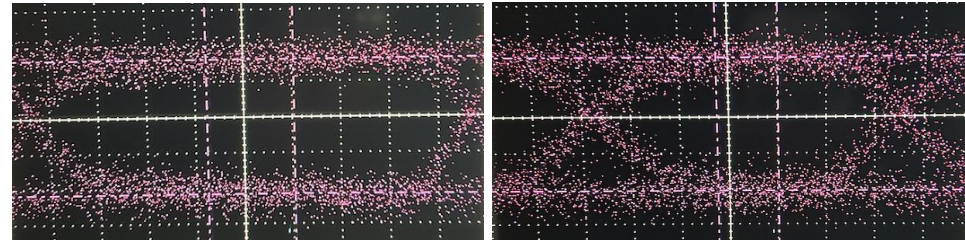
## Diagramme de l'oeil

- superposition de toutes les périodes du signal sur une fenêtre de 1 bit
- évaluation de la qualité du signal grâce au facteur de qualité Q



Ebay

## Mesures en TP sans la fibre



à 3 GHz :  $Q=7,3$

à 7 GHz :  $Q=5,4$

# Conclusion

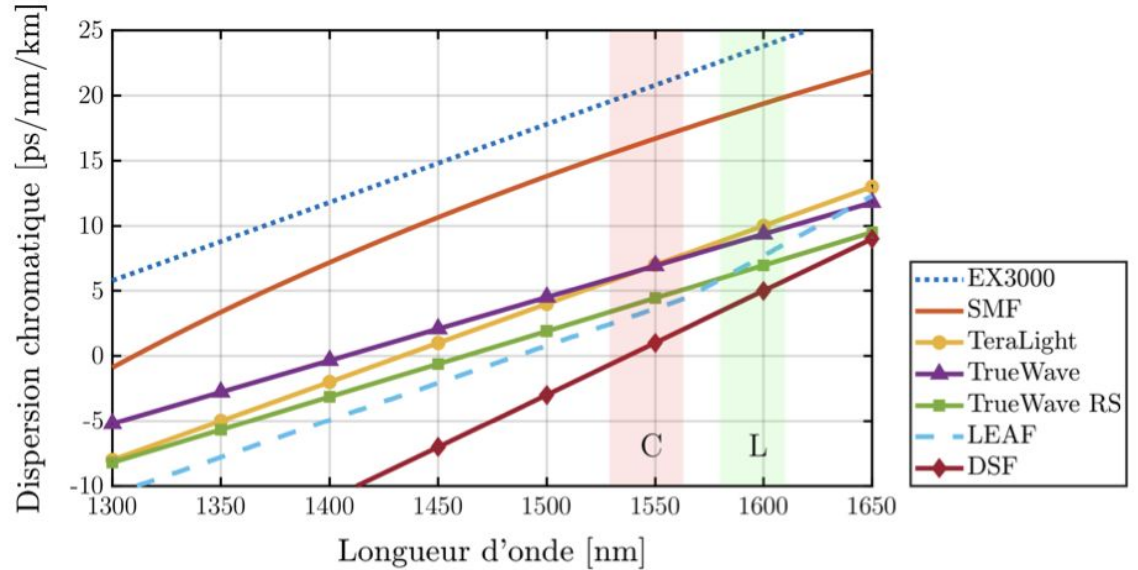
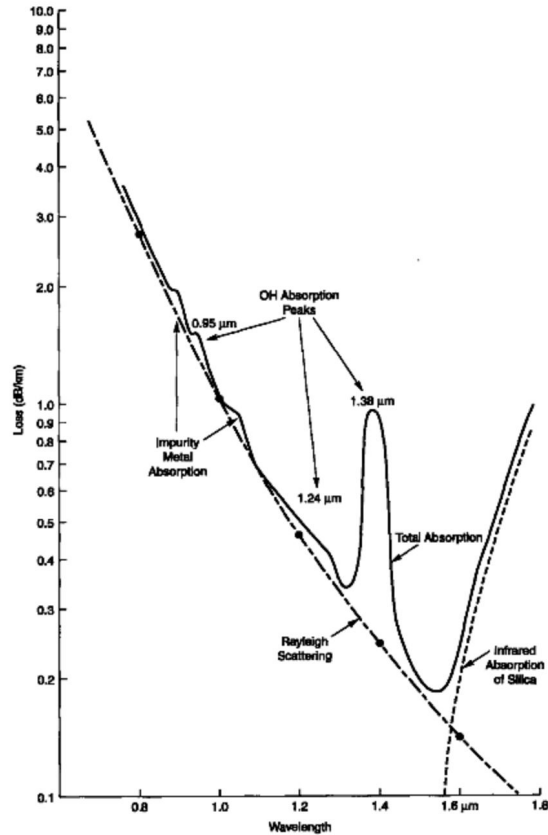
## Compétences acquises

- théorie
- pratique (NRZ)
- rédaction de fiches techniques

## Compétences à acquérir

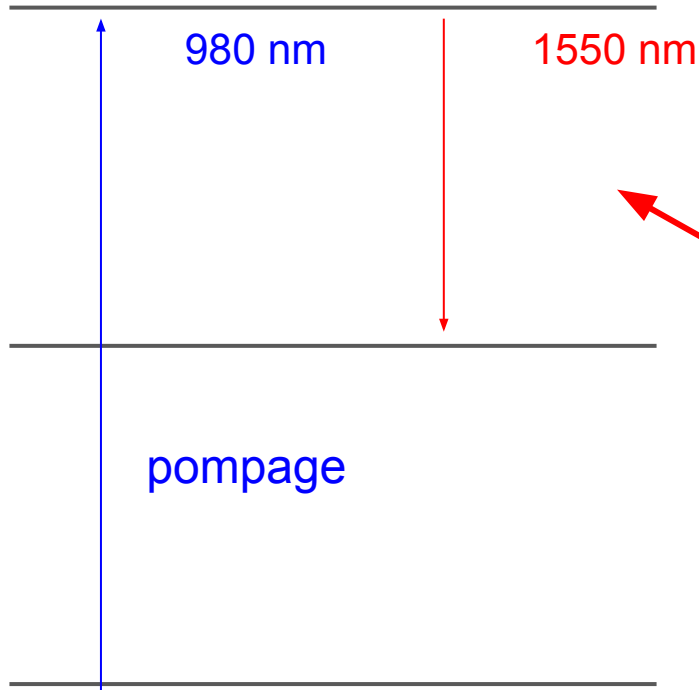
- QPSK
- back to back
- avec la fibre
- rédaction d'un texte de TP

# Annexe : Atténuation et dispersion chromatique



# Annexe : amplificateur EDFA

## *amplificateur à fibre dopée à l'erbium*



En entrée: coupleur

→ diode de pompe à 980 nm

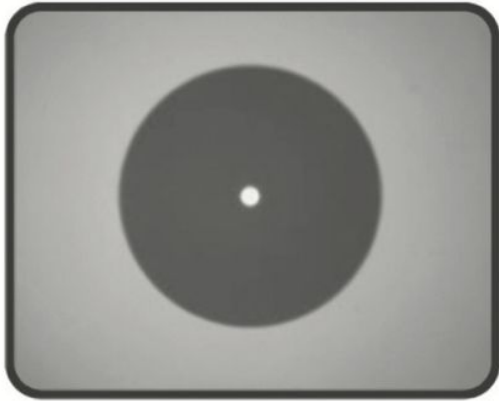
→ signal à amplifier

Signal amplifié par interaction avec les ions erbium qui ont une **transition à 1550 nm.**

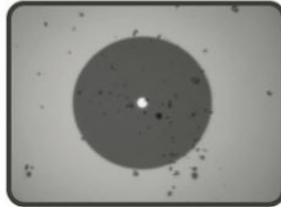
=> amplificateur optique

# Annexe : état d'une fibre optique

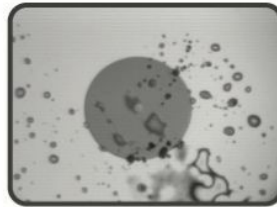
CONNECTEUR PROPRE



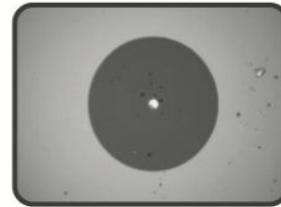
SALETÉS



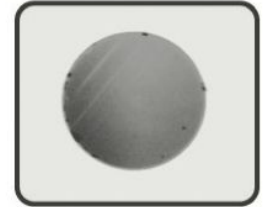
HUILES



CAVITÉS



RAYURES

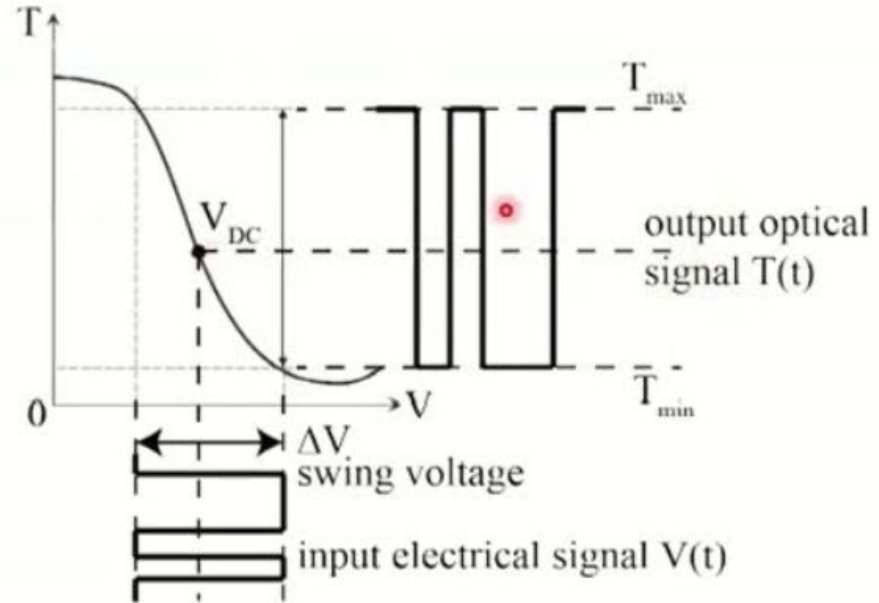
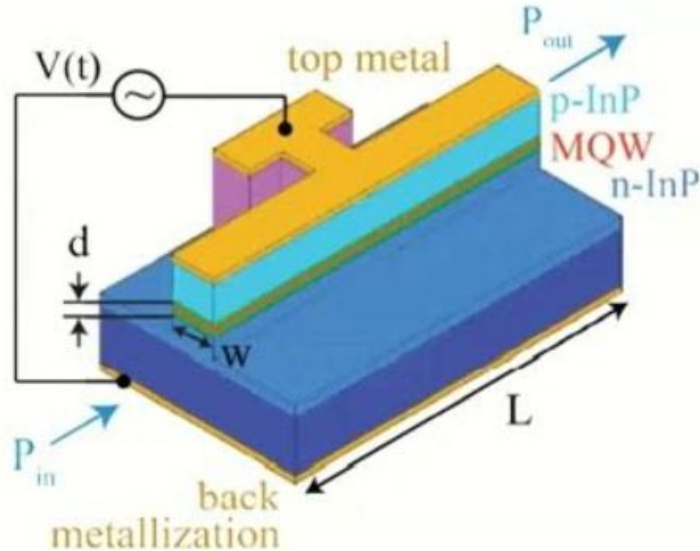


images obtenues avec un  
fibroscope

→ nettoyeur KCC-55 ou à l'aide d'un solvant adapté

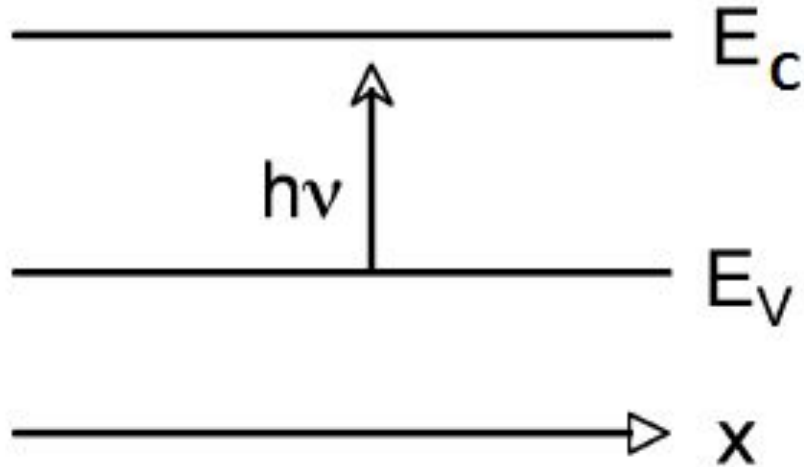
# Annexe: modulateur électroabsorbant

Effet Franz-Keldysh

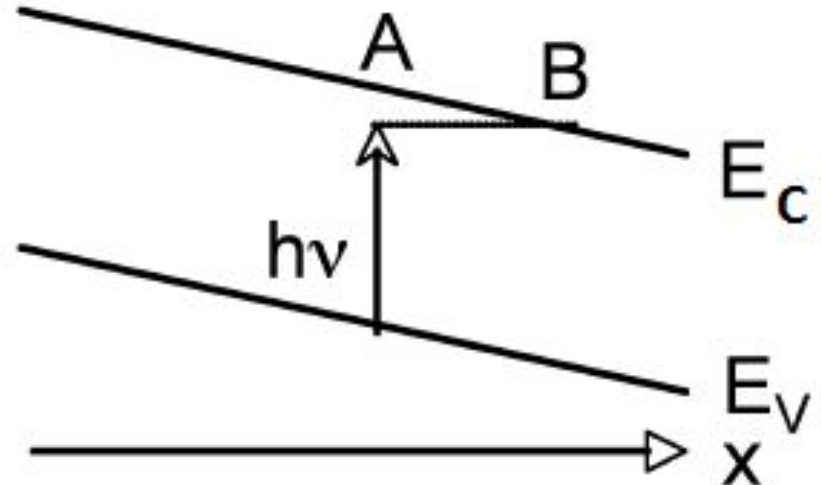


# Annexe: effet Franz-Keldysh

Plus le champ  $E$  est intense, plus il y a d'absorption optique

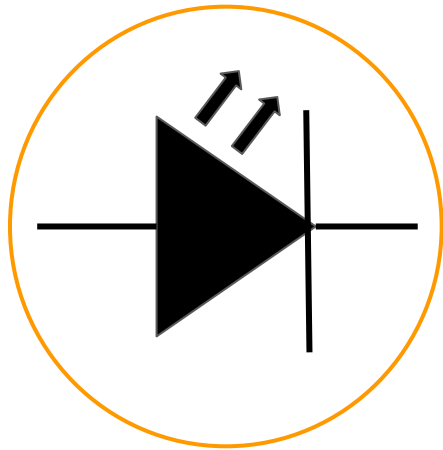


a) without electric field



b) with electric field

# Émission



Diode  
laser

