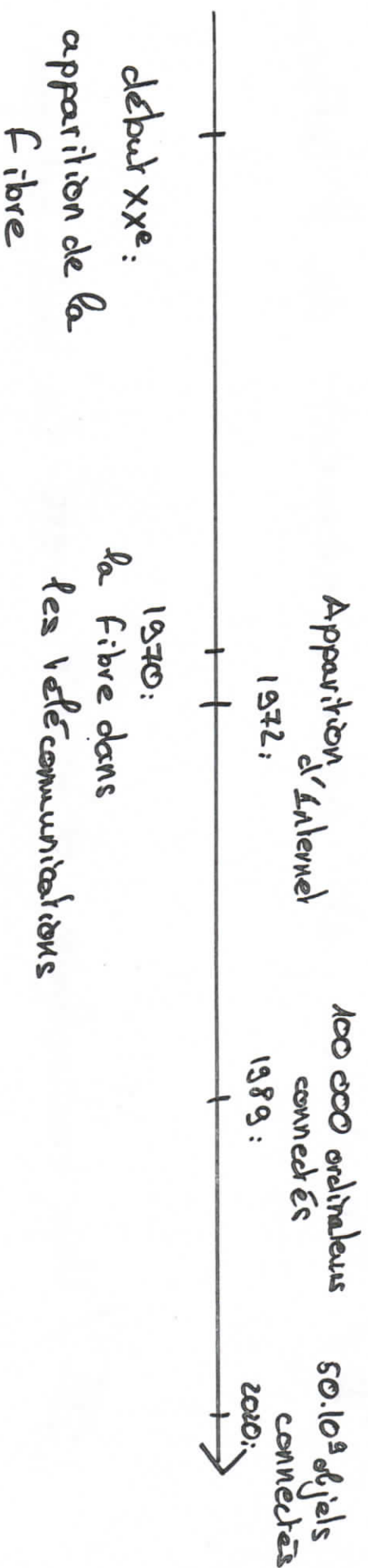


La fibre optique

Introduction

INTERNET

FIBRE OPTIQUE



Plan d'étude :

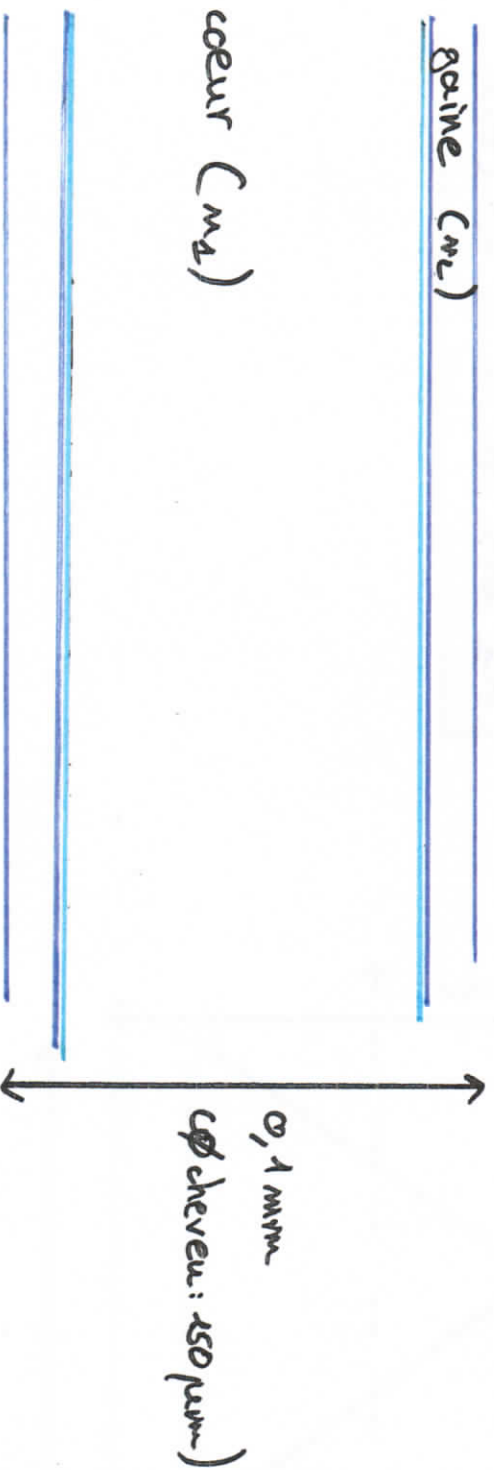
I/ la Fibre optique : comment ça marche ?

II/ Structure et acheminement de l'information

III/ Une technologie d'avenir : vers le tout-optique

I/ la fibre optique : comment ça marche ?

1) Structure de la fibre

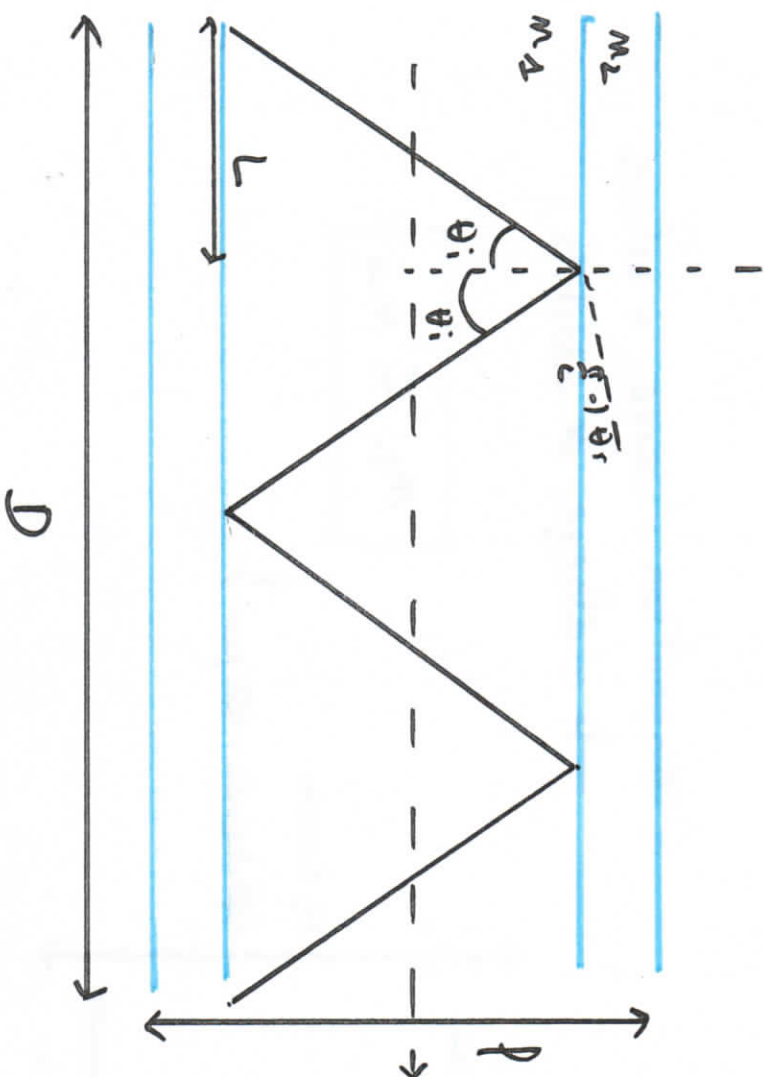


- composition : verre + silicone
→ mélange d'additifs :

$$n_2 < n_1$$

$$n_1 = \frac{c}{v} = \frac{300\,000 \cdot 10^3}{200\,000 \cdot 10^3} = \underline{1,5}$$

2) Conduite de la lumière



- Loi de Snell- Descartes:

$$n_1 \sin(\theta_i) = n_2 \sin(\theta_r)$$

- $n_1 > n_2$: $\theta_r = \frac{\pi}{2} \Rightarrow \theta_i \cdot n_1 = \arcsin\left(\frac{n_2}{n_1}\right) \Rightarrow$ réflexion totale

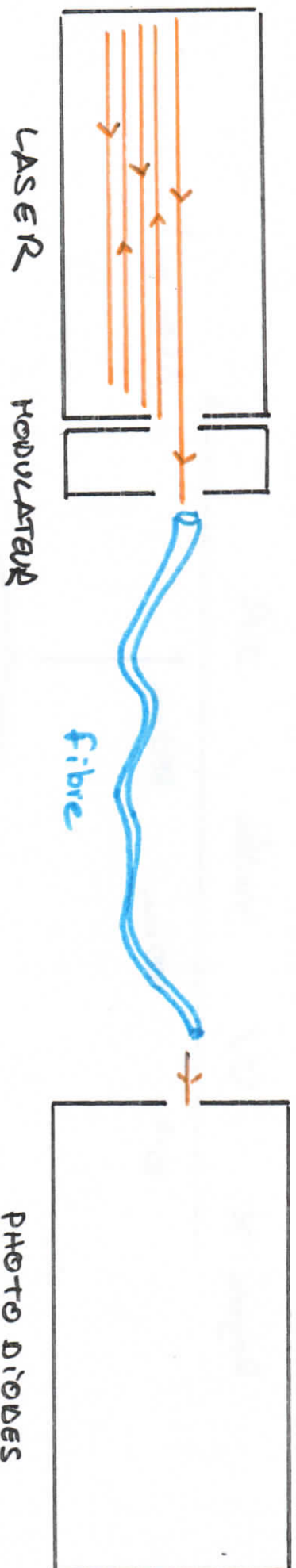
- $\Delta t = \frac{1}{c \cos(\theta_i)} \times \frac{D}{\sin(\theta_i)} - \frac{D}{v} = D \left(\frac{1 - \sin(\theta_i)}{\sin(\theta_i) v} \right) = D \left(\frac{1 - \frac{n_2}{n_1}}{\frac{n_2}{n_1} \times c \times n_1} \right) = 17 \times 10^{-5} \text{ s} \Rightarrow f = 100 \text{ kHz}$

($n_1 = 1,5$, $n_2 = 1,33$, $D = 50 \text{ km}$) $\Rightarrow$ fibre $\propto$ gradient of indice

(1)

3) Émission et réception des signaux lumineux

a) LASER



- LASER: émission stimulée de rayonnement dans une cavité optique
(milieu optiquement actif: inversion de population)

→ lumière directive et pure: $\lambda = 1,5 \mu\text{m}$

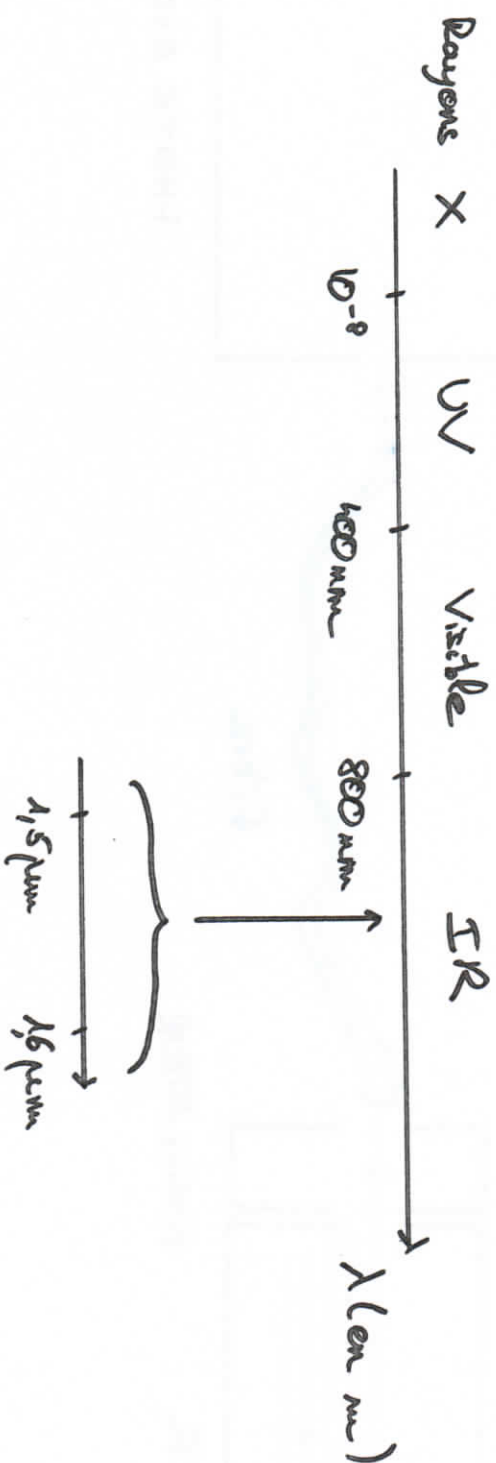
→ $f = \frac{c}{\lambda} = 2 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$

- modulateur: fréquence d'information

(chiffre binaire)

→ $L = \frac{\lambda}{2} P, P \in N \approx 10 \mu\text{m}$

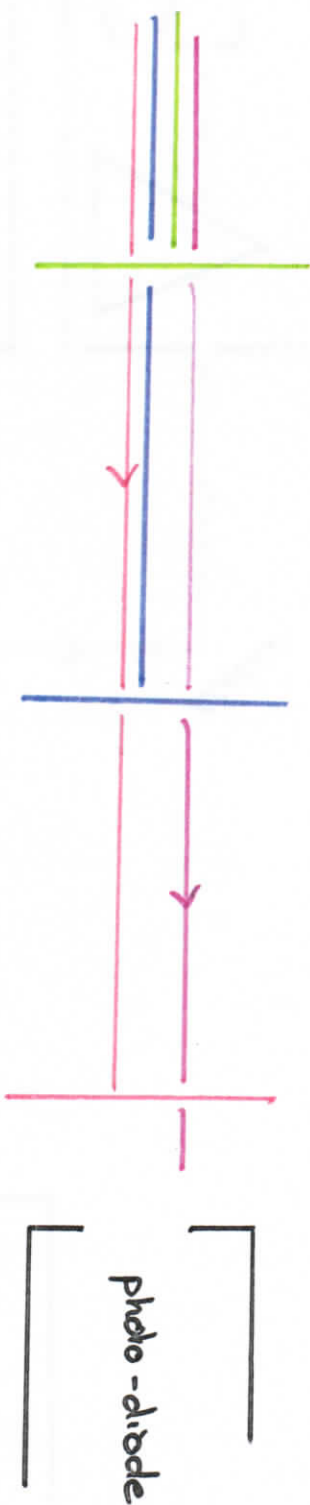
b) étude des fréquences utilisées



- 40 canaux par fibre $\rightarrow$ précision des lasers : $\Delta\lambda = 0,02 \cdot 10^{-3} \mu\text{m}$
- jusqu'à 100 fois le débit d'un laser seul : 10 Gbit.s^{-1}

c) réception et traitement de l'information

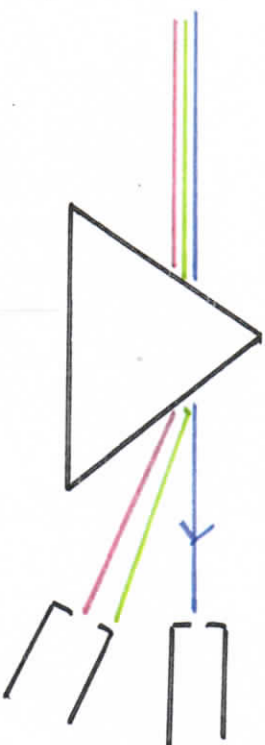
i) par filtrage coloré



ii) par dispersion (cf goniomètre)

- processus de démultiplexage

$$- 2 \sin \left(\frac{D_m}{2} \right) = \frac{n\lambda}{a}$$

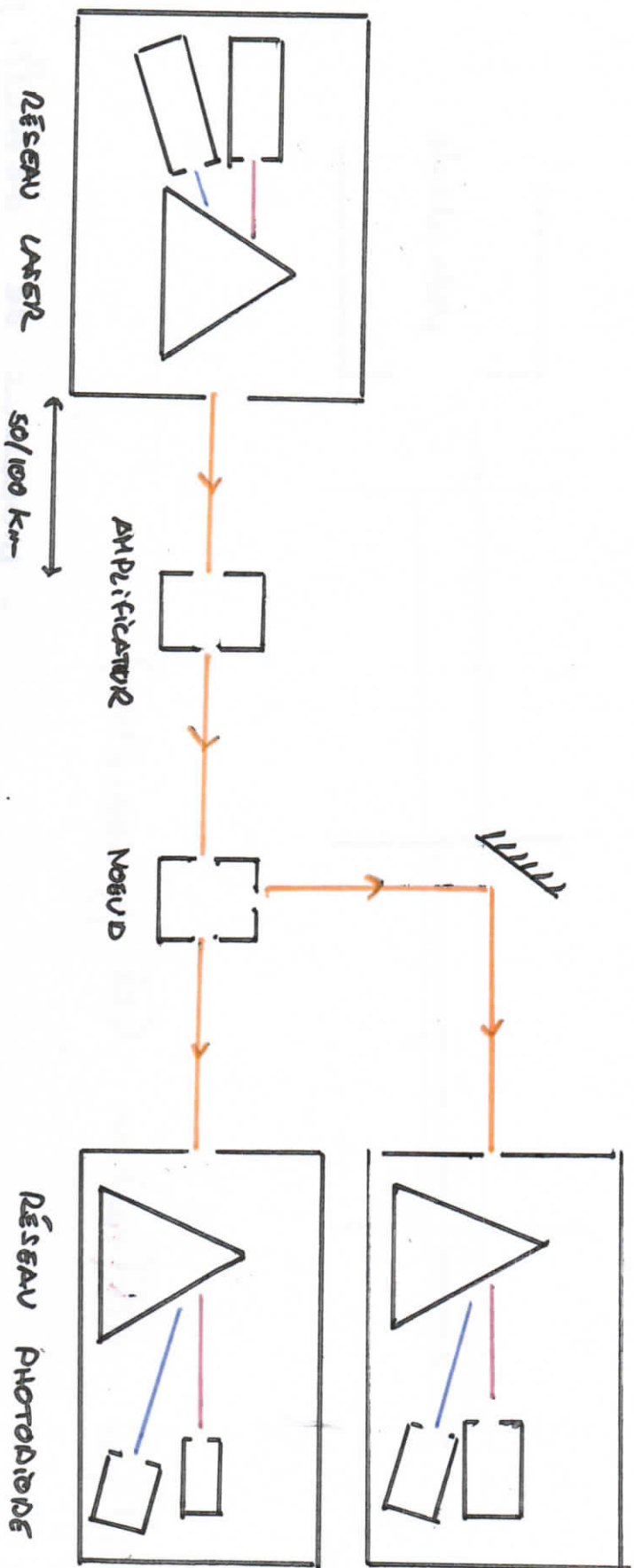


⇒ refraction → dispersion

→ réseau : interférence à n ordres

II / Structure et cheminement de l'information

1) Structure du réseau

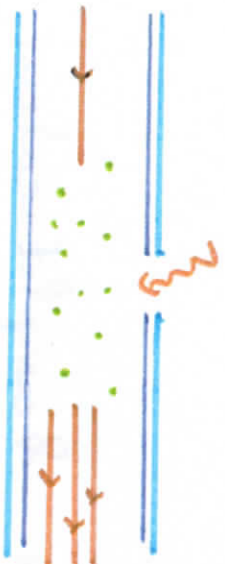


2) Amplificateur (EDFA)

- Absorbance du verre dans les IR: 4% par km $\xrightarrow{\text{Atténuation}}$ $\left(\frac{0,04}{1000}\right)^{3000} \approx 10^{-130}$
- absorption d'un photon à 380 nm $\Rightarrow$ émission à 1,55 $\mu\text{m} \pm 50 \cdot 10^{-3}$

↳ ions erbium Er^{3+}

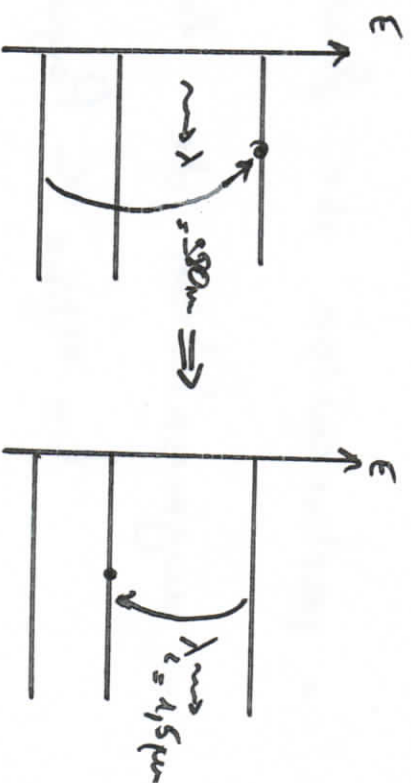
↳ relation de Planck - Einstein (quantification de l'énergie):



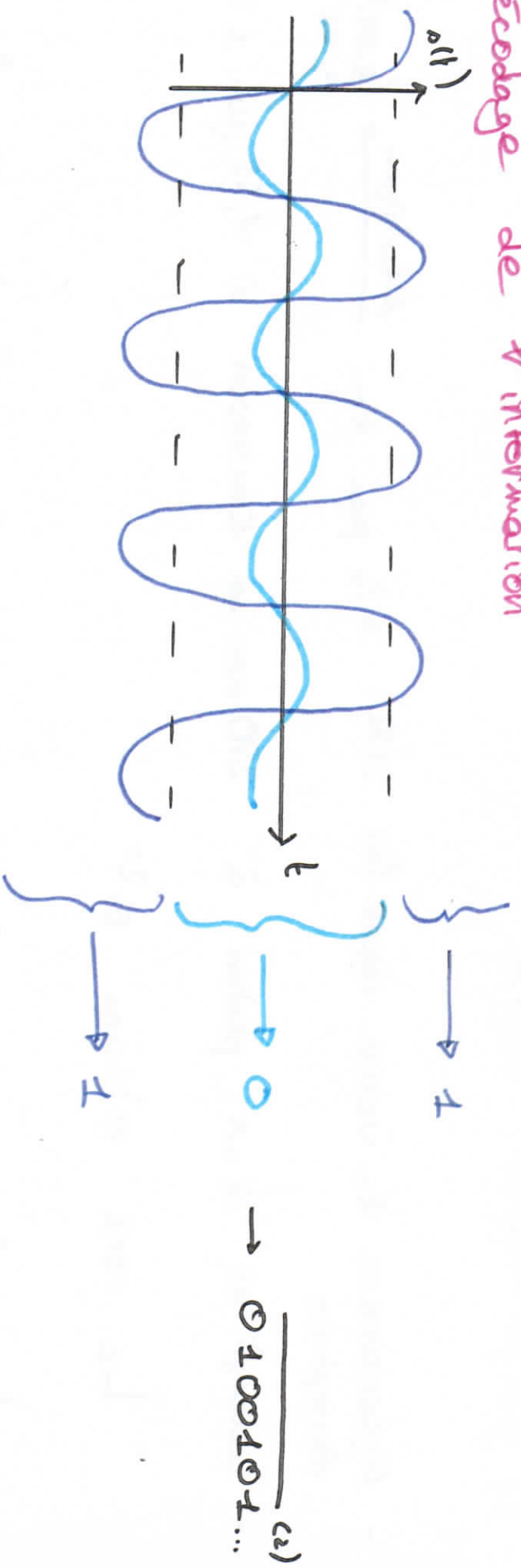
$$E = \frac{hc}{\lambda}$$

$$N = \frac{P}{E} = \frac{\lambda P}{hc} = 10^{18} \text{ photons par seconde}$$

AN:



3) Décodage de l'information



4) Bruit d'interférence sur le réseau

- perturbation de phase et d'amplitude par l'amplificateur
- augmentation de la puissance $\Rightarrow$ effet non linéaire
 - $\hookrightarrow$ $M_{\text{fibre}} \propto P_{\text{signal}} \rightarrow$ déformations temporelles
- 1 erreur sur 10^{12} bits...

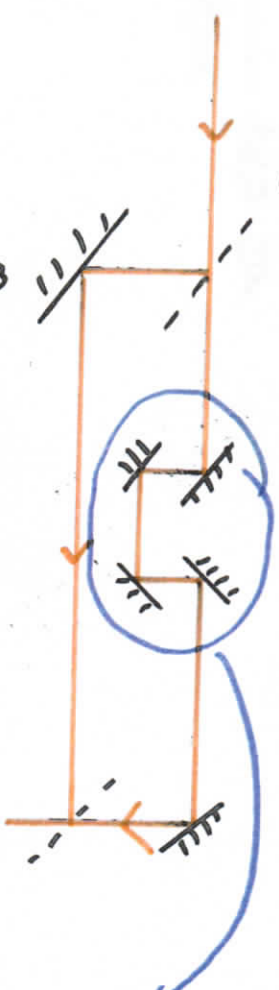
IV / Adaptation à l'intensification des flux : vers le "tout-optique"

1) modulation de phase

- avant : modulateur comme "interrupteur" de la lumière

- utilisation de l'interférométrie :

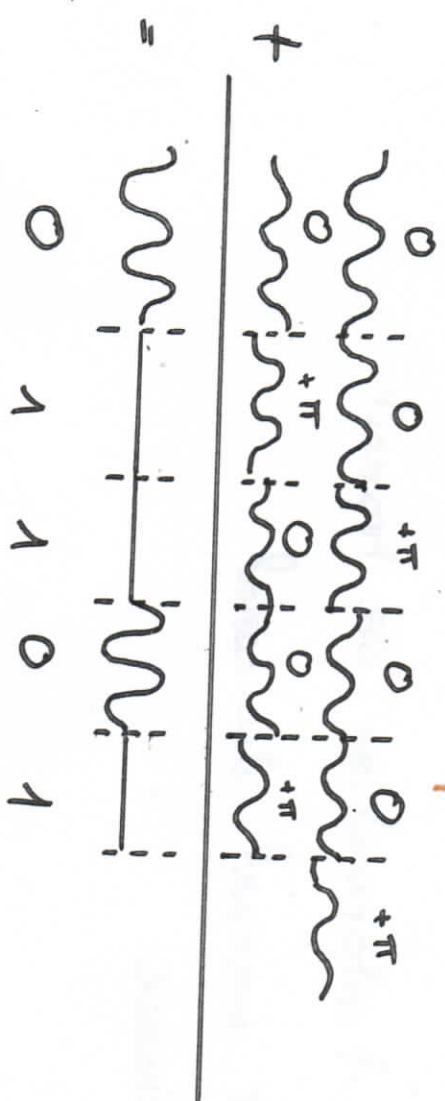
→ le signal est comparé à lui-même sur deux impulsions



décalage de phase

$m_A, m_B \in \mathbb{R}$

$\frac{m_A}{2}$



2) Redondance

- bit d'erreur redondant

→ détection de 1 erreur (→ correction)

- de 1 erreur sur 1000 à 1 erreur sur 10^{12}

- bit supplémentaire (7% de l'info) → augmentation de la fréquence :

$$10 \text{ Gbit} \rightsquigarrow 10,7 \text{ Gbit} \times 1,07$$

3) Noeuds de transit

- canaux réservés à l'information de transit

→ évite changement manuel du canal

→ pilotable à distance