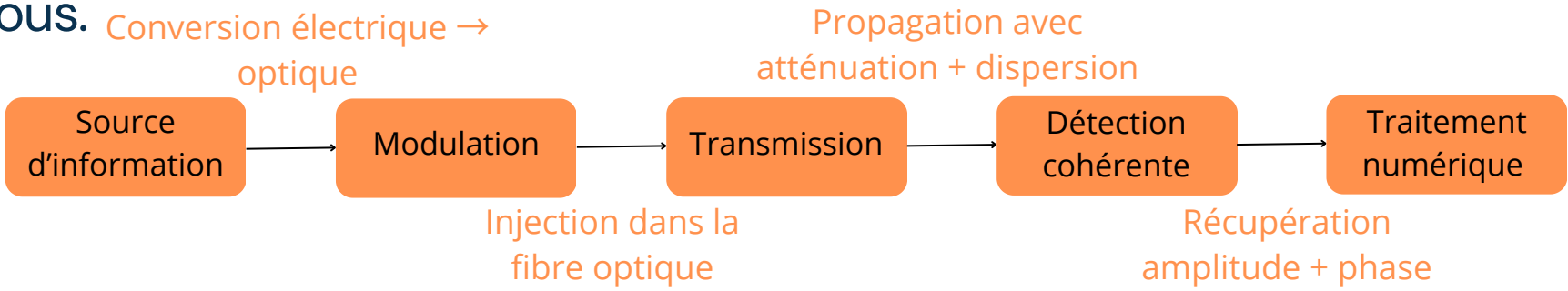
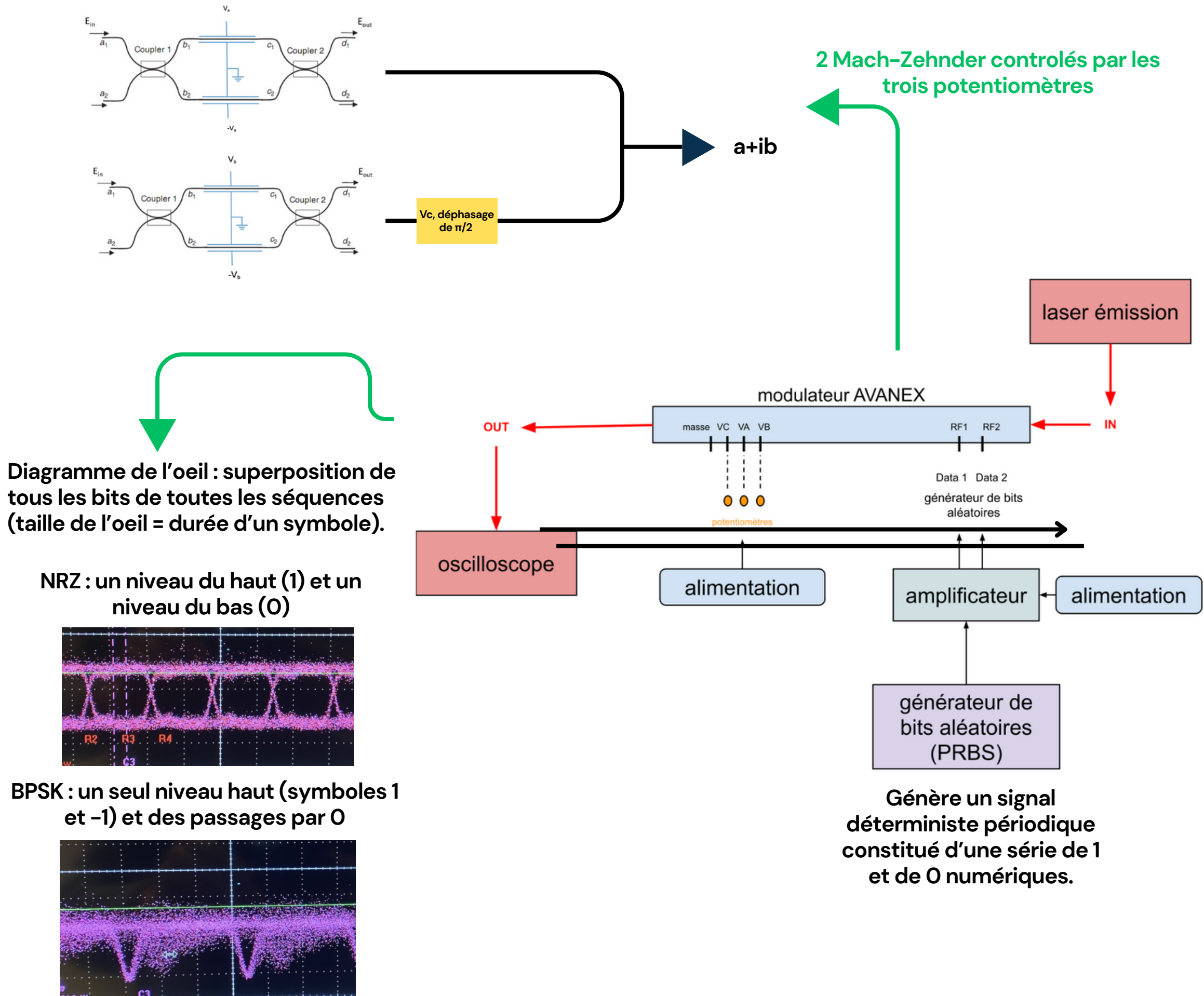


TRANSMISSION COHÉRENTE SUR FIBRE OPTIQUE

Un enjeu important en télécommunication est d'augmenter les débits afin de transmettre plus d'informations par l'intermédiaire de fibres optiques. L'objectif de notre projet est de mettre en place une chaîne complète de télécommunication par fibre optique et de réaliser un texte de TP de 3A/M2 dessus. Cette chaîne est illustrée dans le schéma simplifié ci-dessous.

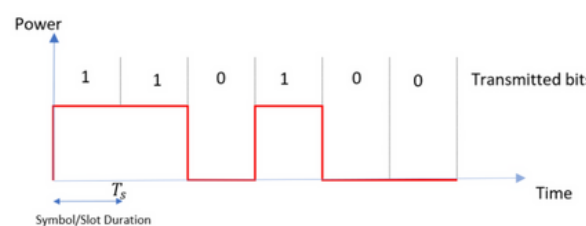


Montage et principe



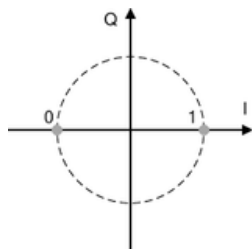
Plusieurs types de modulation possibles :

• Modulation NRZ



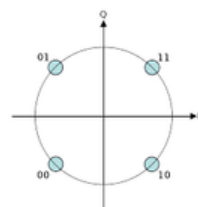
- laser allumé : symbole 1
- laser éteint : symbole 0
- détection par photodiode suffisante

• Modulation BPSK



- 2 symboles : 1 et -1
- modulation utilise 1 Mach-Zehnder
- une détection par photodiode ne suffit pas, il faut utiliser une détection cohérente

• Modulation QPSK



- 4 symboles :
 $\{\exp(i\pi/4), \exp(i3\pi/4), \exp(-i3\pi/4), \exp(-i\pi/4)\}$
- modulation utilise 2 Mach-Zehnder
- utiliser détection cohérente

Nos résultats en détection cohérente

Principe de la détection cohérente

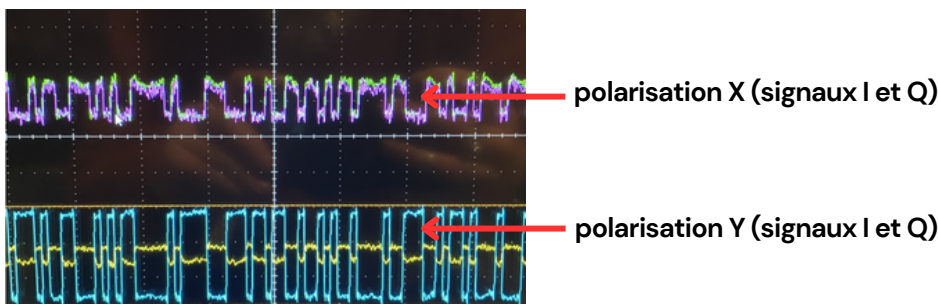
- permet de récupérer phase+amplitude donc deux fois plus d'informations
- extraire l'amplitude et la phase d'un signal faible $E_s(t)$ en le couplant avec un signal de référence (LO) de fréquences et amplitudes définies
- on détecte le photocourant suivant :
 $I \propto A_s^2 + A_{LO}^2 + 2A_s A_{LO} \cos(\Delta\omega t + \Delta\phi)$
- on a accès aux différences de fréquence et de phase

Montage à diversité de phase

- on récupère l'expression complexe du signal en séparant le signal en deux composantes grâce à un coupleur hybride 90° : une composante en phase (partie imaginaire I) et une composante en quadrature (partie réelle Q)
-
- Signal optique
- LO
- $\pi/2$
- Signal en quadrature
- $I_Q(t) \propto \sqrt{P_s(t)} \sin \phi_s(t)$
- Signal en phase
- $I_I(t) \propto \sqrt{P_s(t)} \cos \phi_s(t)$
- $I_I(t) + iI_Q(t) \rightarrow \sqrt{P_s(t)} e^{i\phi_s(t)}$
- le montage final utilise deux récepteurs cohérents à diversité de phase pour détecter également la polarisation X ou Y et leurs parties réelle et imaginaire

Mesures en NRZ

- Signaux rectangulaires (0 ou 1)

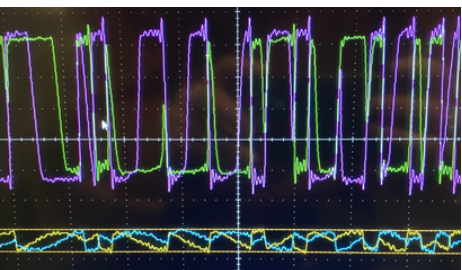


Mesures en BPSK

- Inversions de phase entre bits (0 → +1, 1 → -1)
- Apparition de sauts de phase sur les signaux I et/ou Q

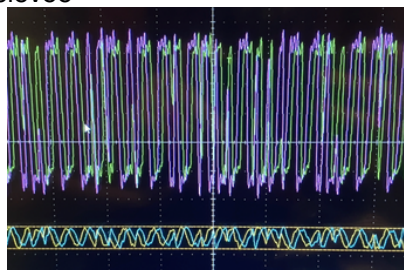
Si les longueurs d'ondes des lasers sont identiques (1550, 001 nm)

- pas de battement
- signal lentement variable



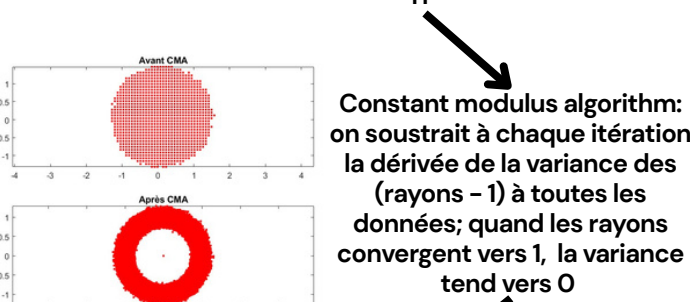
Si les longueurs d'onde sont différentes (1550, 001 nm pour le laser 1 et 1550, 01 nm pour le LO)

- fréquences de battement proportionnelles à la différence de fréquences des lasers
- plus la différence de fréquence des lasers est élevée, plus la fréquence du signal est élevée



Traitement des données

Données brutes acquises sur deux voies X et Y de l'oscilloscope: on reconstruit un complexe en prenant $X + iy$



On a un donut dû au bruit de phase du laser: on le compense avec un algorithme où on moyenne sur l'intervalle de temps

On a deux points mais pas alignés sur l'axe des réels: il faut tourner en démultipliant par l'exponentielle complexe de la porteuse

