

# Transmission de l'Information

## Introduction aux transmissions & modulations numériques

### Plan de la présentation

- 1 Télécommunication numérique : Intérêts & modes de transmission
- 2 Information numérique : propriétés & occupation spectrale
- 3 Fondamentaux des modulations numériques : Le diagramme IQ
- 4 Débit, bande passante, rapport Signal/Bruit & Diagramme de l'œil

# 1 La place des télécoms numériques

Téléphonie 2G : GSM



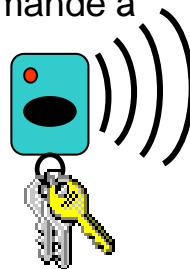
Téléphonie DECT



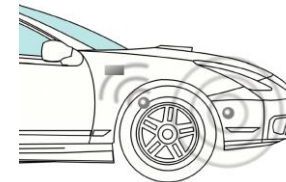
Téléphonie 3G, 4G



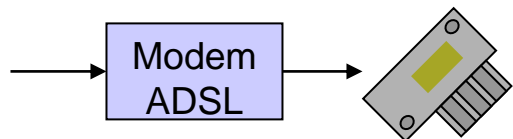
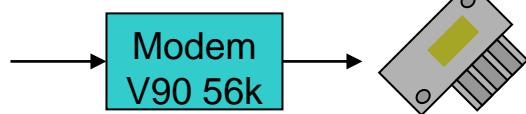
Télécommande à distance



Automobile : Mesure de pression de pneu à distance



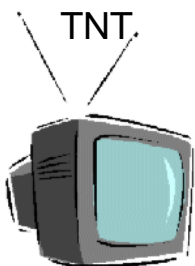
Accès Internet



Contrôle d'accès : RFID



Minitel : un ancêtre

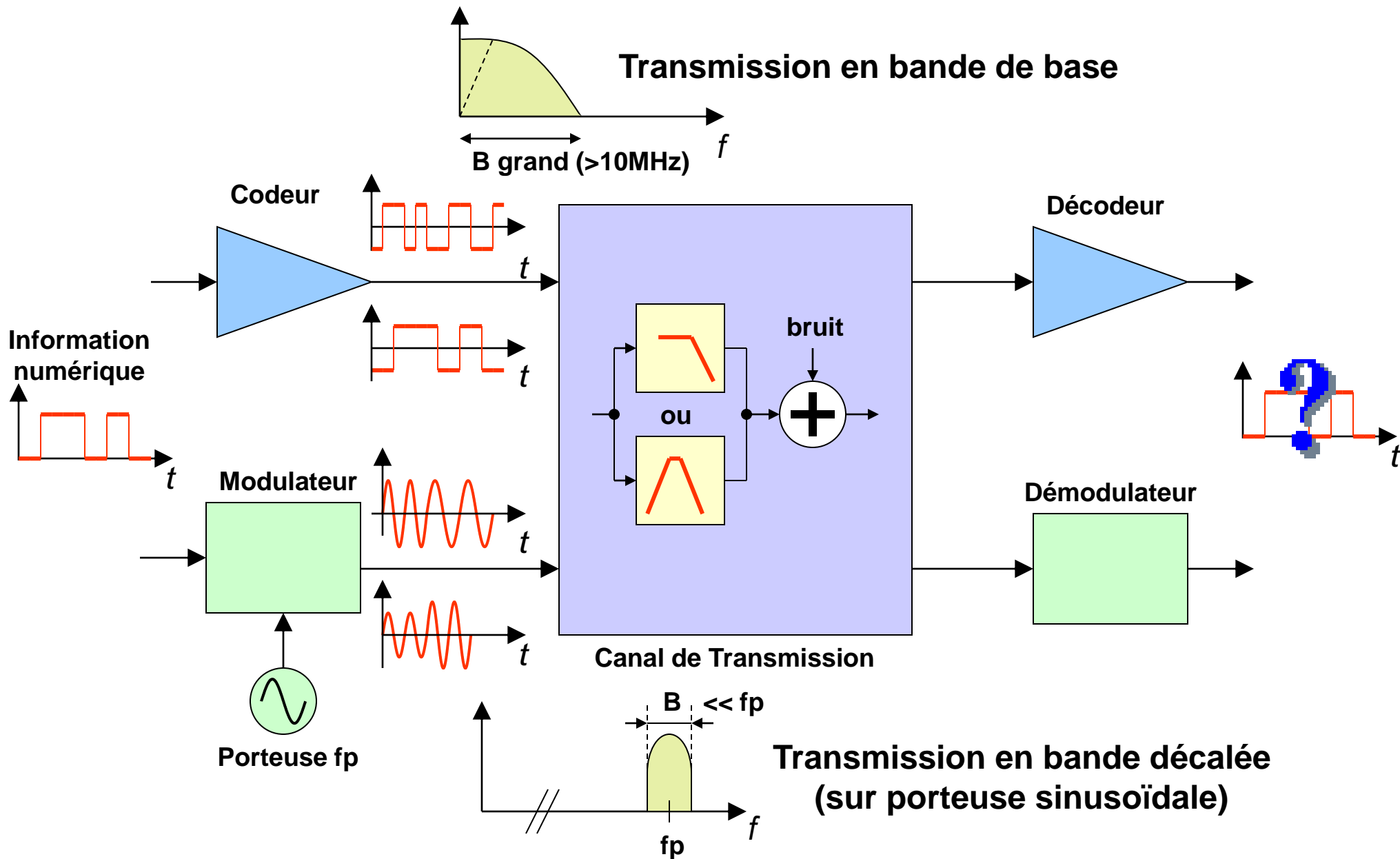


DRM RNT

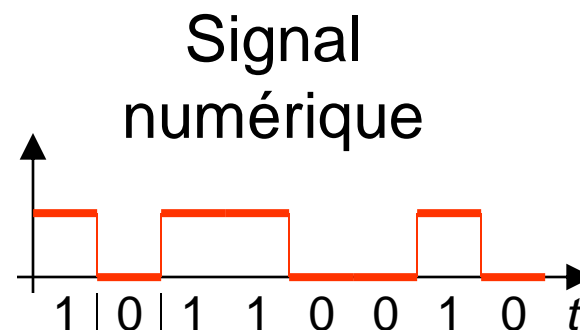
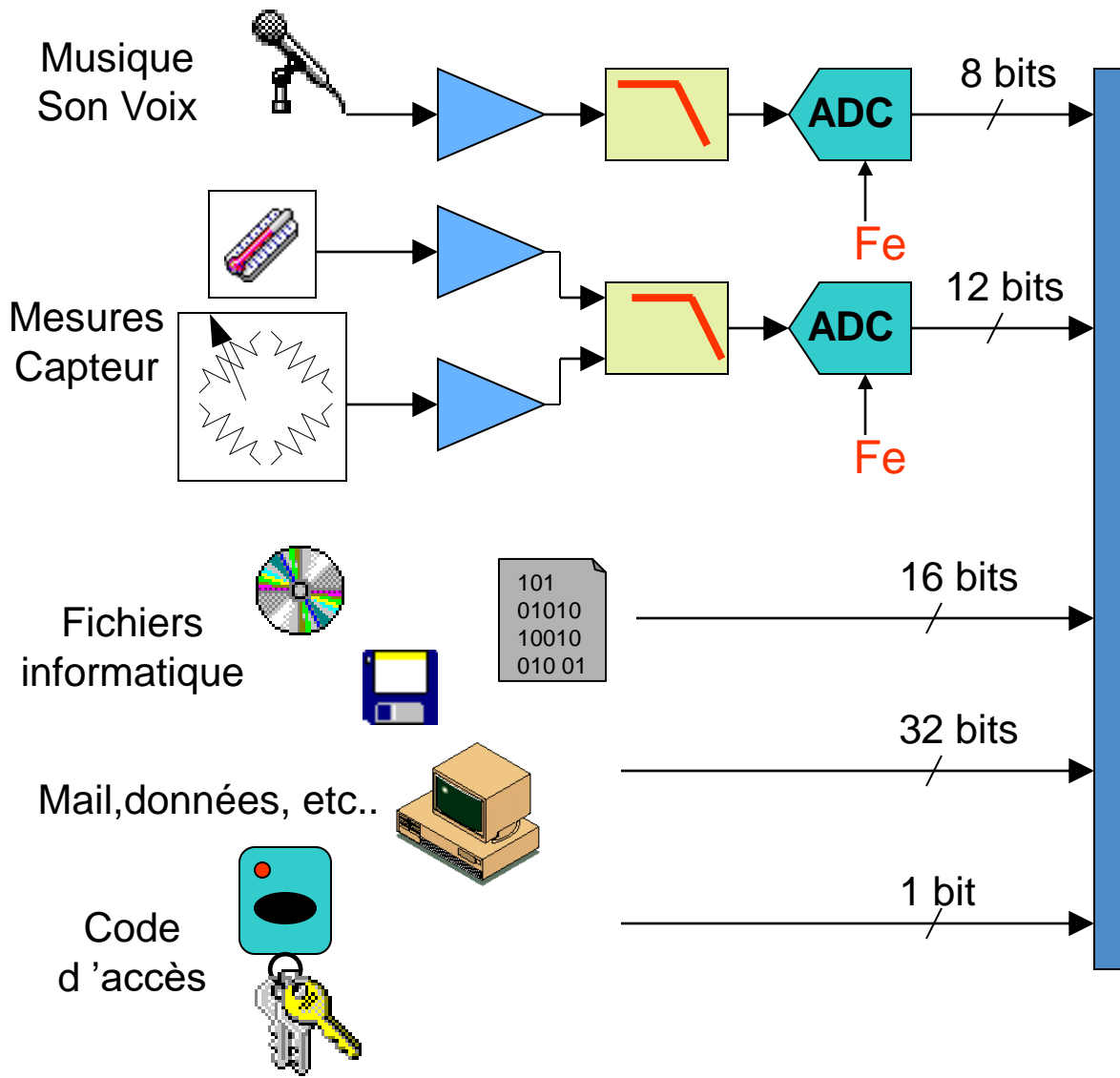


- ↪ Moins de sensibilité aux perturbations
- ↪ Il existe des techniques pour réduire les erreurs
- ↪ Il existe des techniques pour crypter les données
- ↪ Il existe des techniques pour compresser les données
- ↪ Réglage et mise au point facile

# 1 Les modes de transmissions



## 2 Information numérique

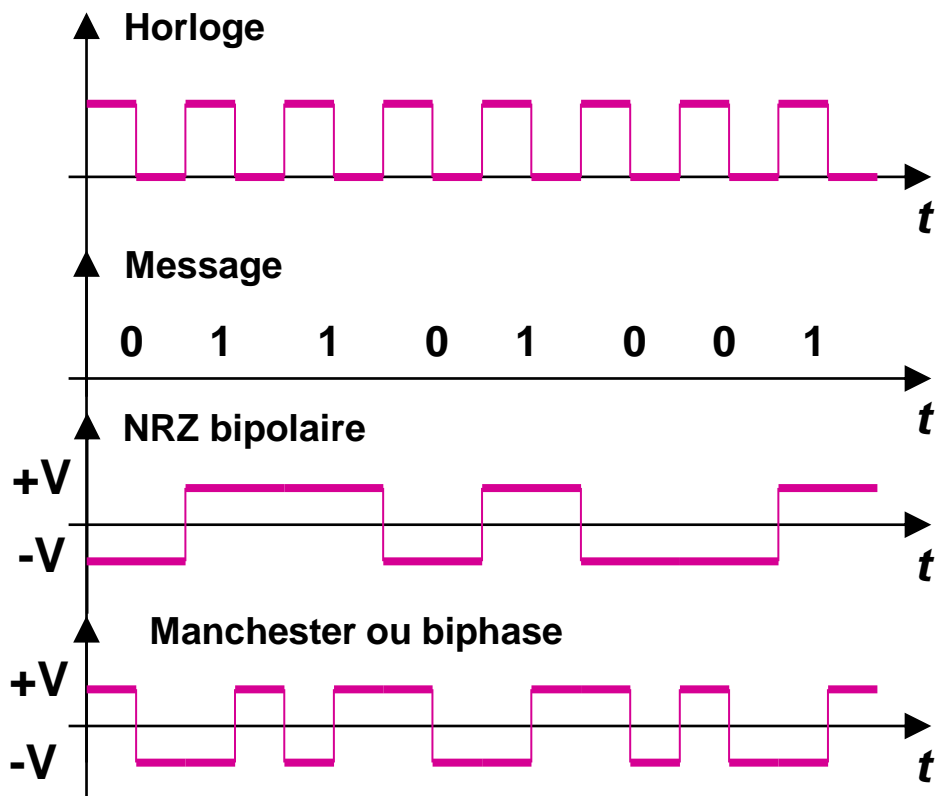


$T_b$  : temps bit

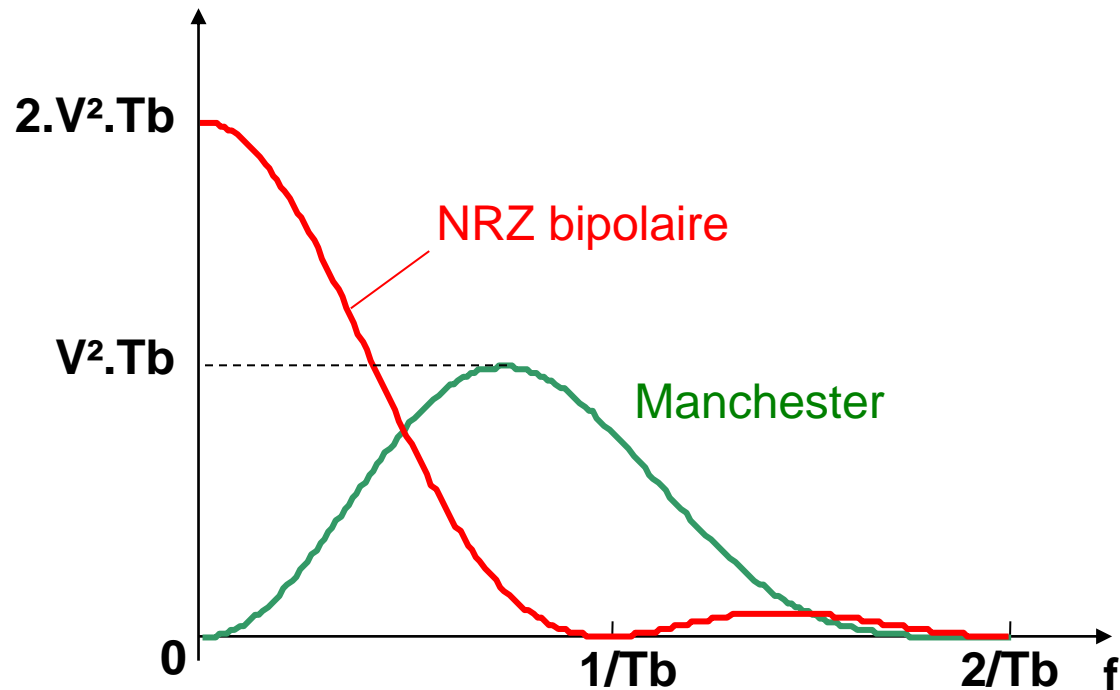
Débit binaire  
 $D=1/T_b$  (bit/s)

# 2 Densité spectrale pour des signaux numériques

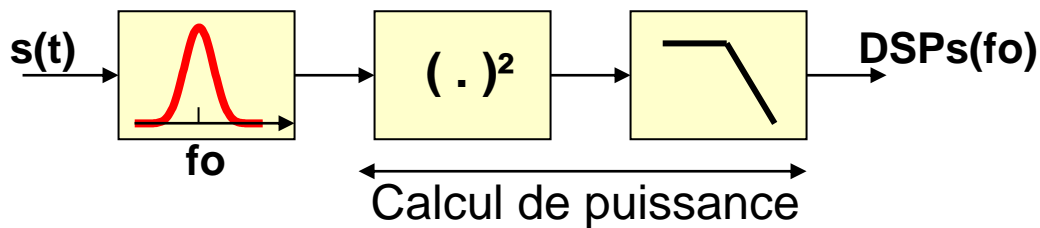
## Codage en Bande de base



## Densité Spectrale

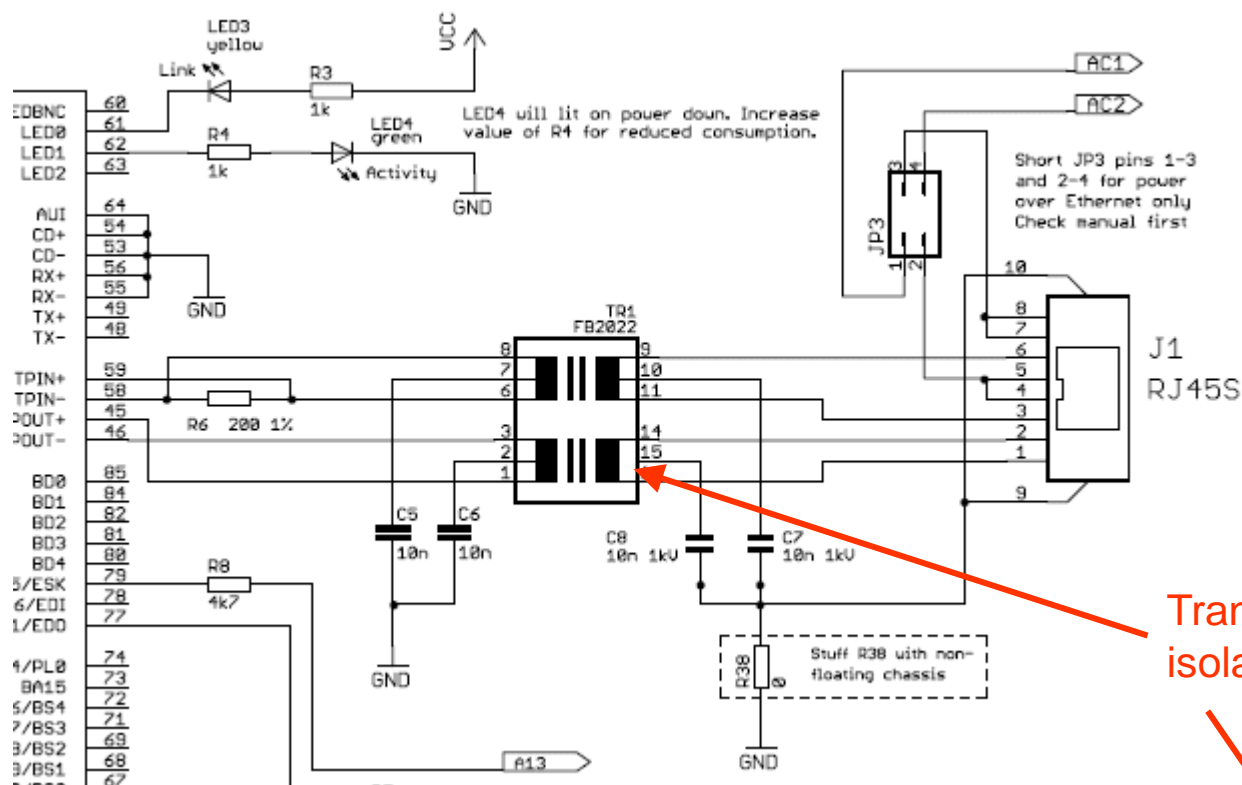


La densité spectrale de puissance d'un signal électrique traduit la répartition de la puissance de ce signal dans le domaine fréquentiel

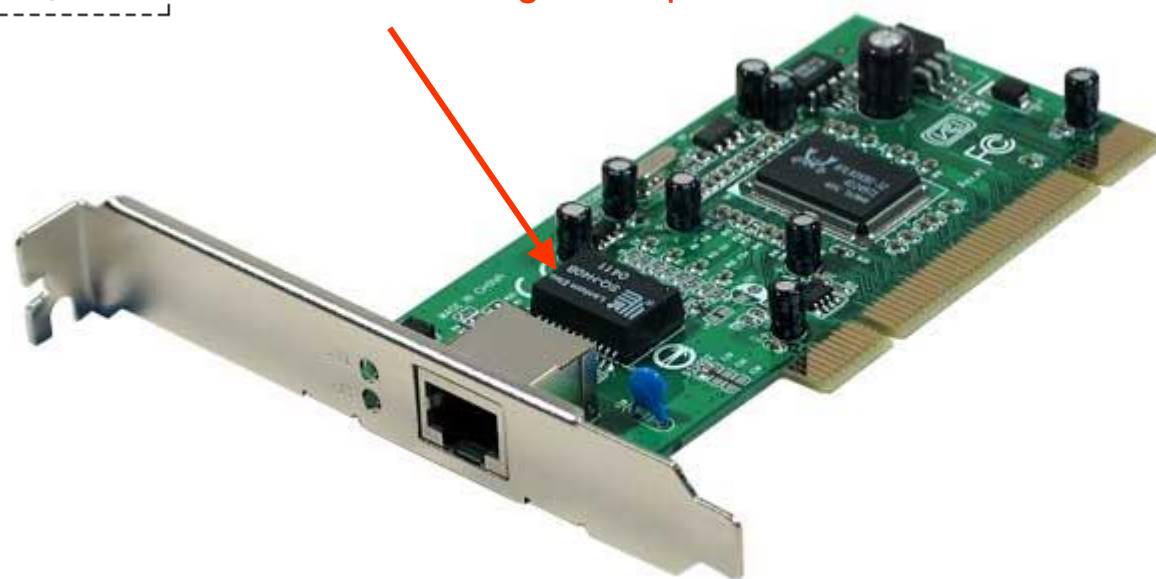


The diagram shows a shaded area under the PSD curve, representing the total power  $P$  over a bandwidth  $B_{eq}$ :

$$P = \int_0^{\infty \text{ ou } B_{eq}} DSP(f).df$$

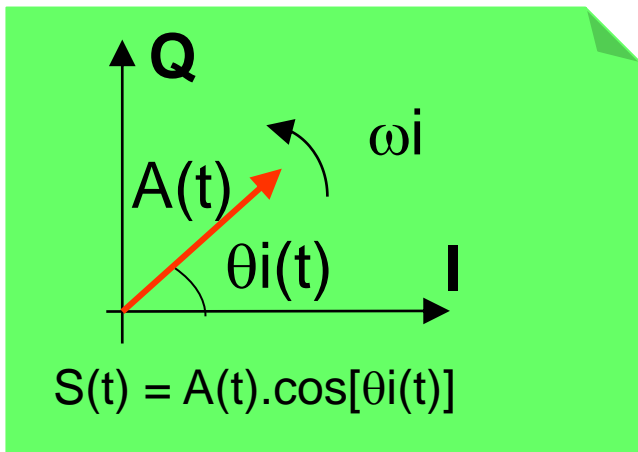


Transformateur pour isolation galvanique

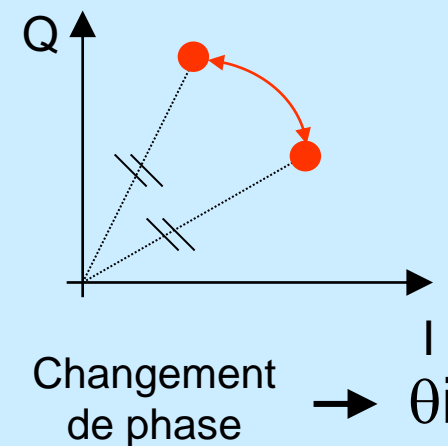
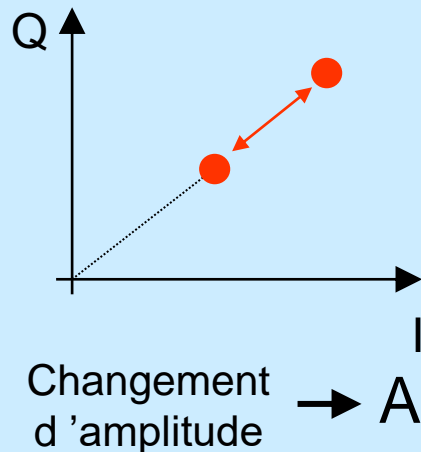


# 3 La base des modulations numériques : Le diagramme IQ

## Principe des modulations



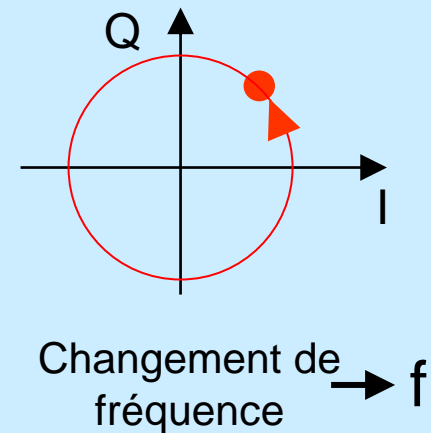
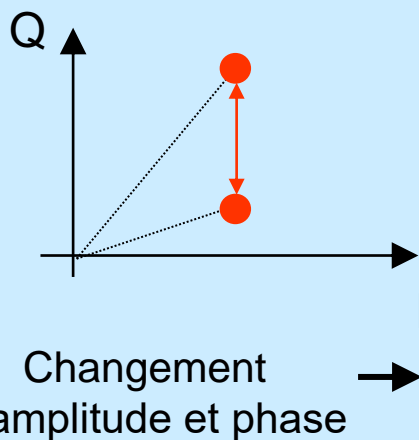
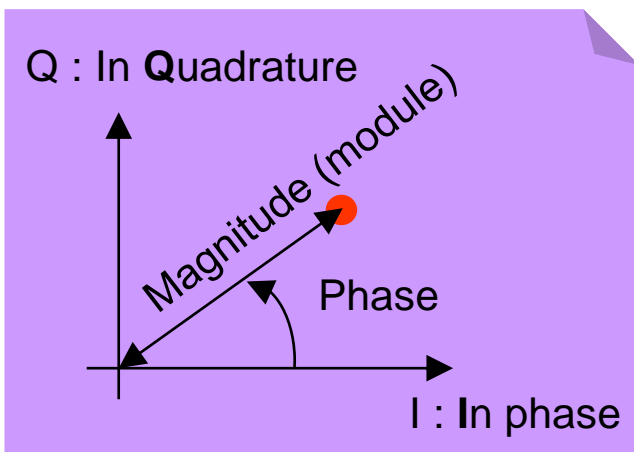
## Action du signal modulant



**ASK** : Amplitude Shift Keying  
**OOK** : On Off Keying

**BPSK** : Binary Phase Shift Keying  
**QPSK** : Quadrature Phase Shift Keying

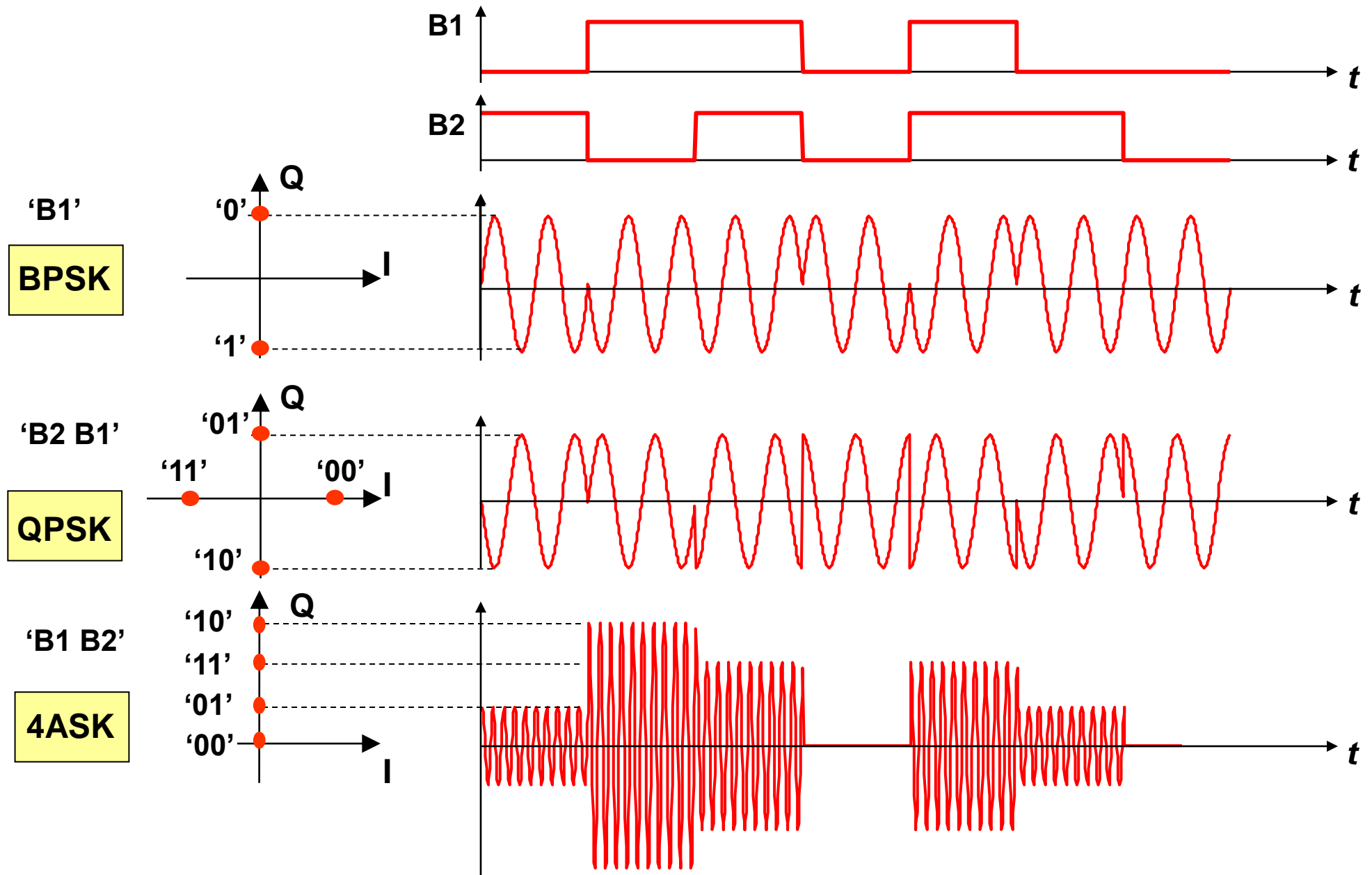
## Le diagramme IQ



**QAM** : Quadrature Amplitude Modulation

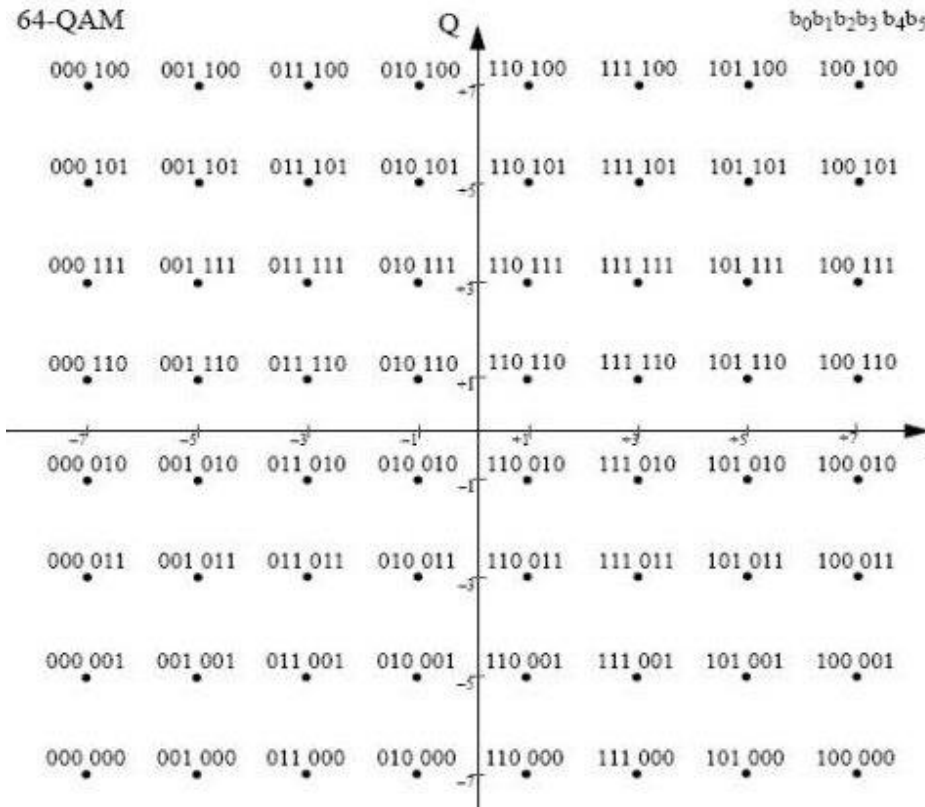
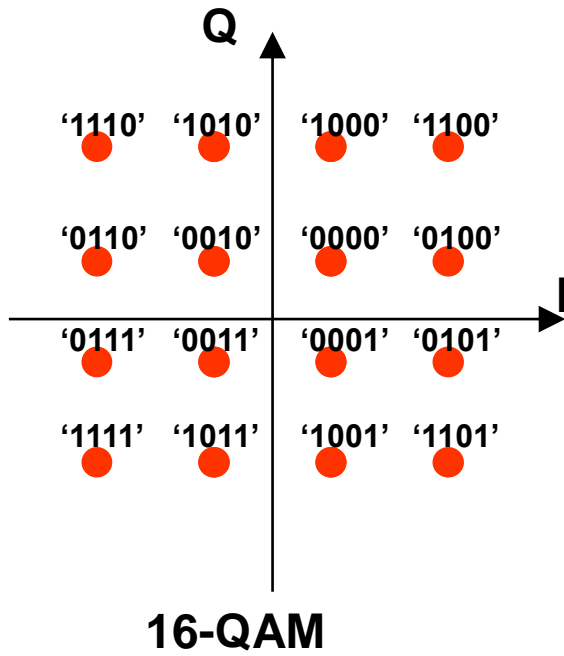
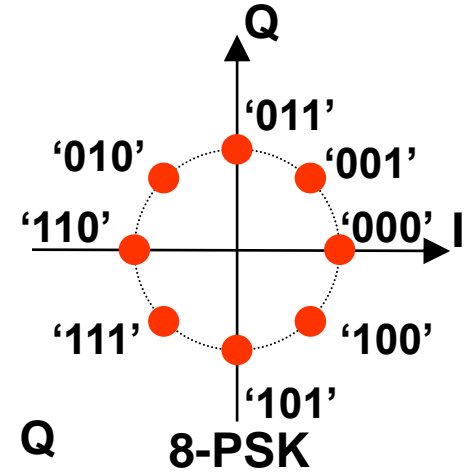
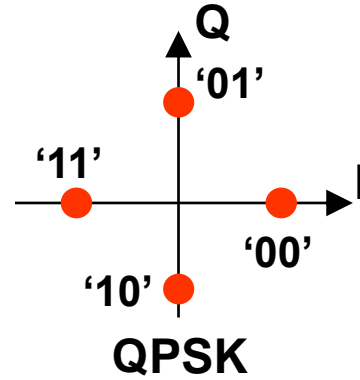
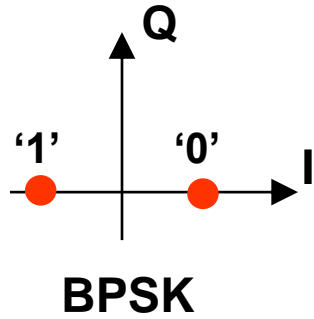
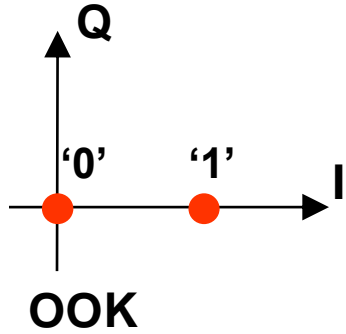
**FSK** : Frequency Shift Keying

### 3 Diagramme IQ : illustration





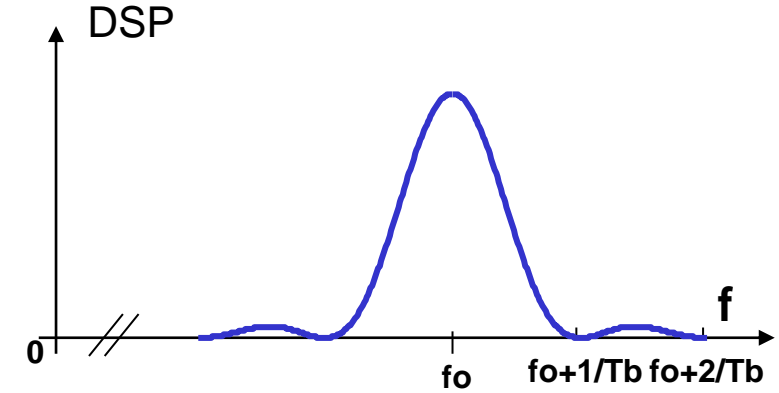
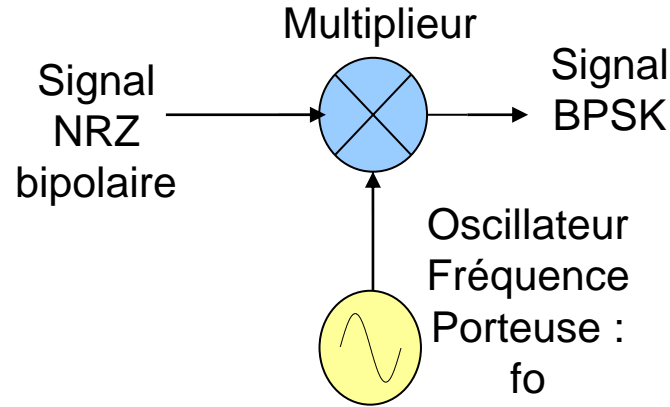
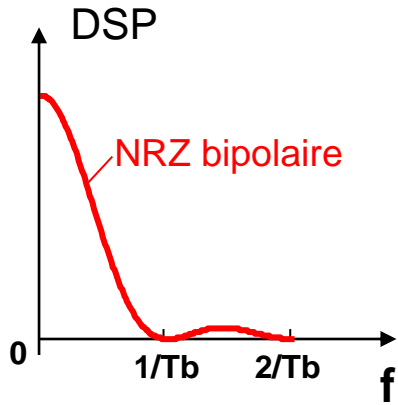
### 3 Diagramme IQ : Constellations



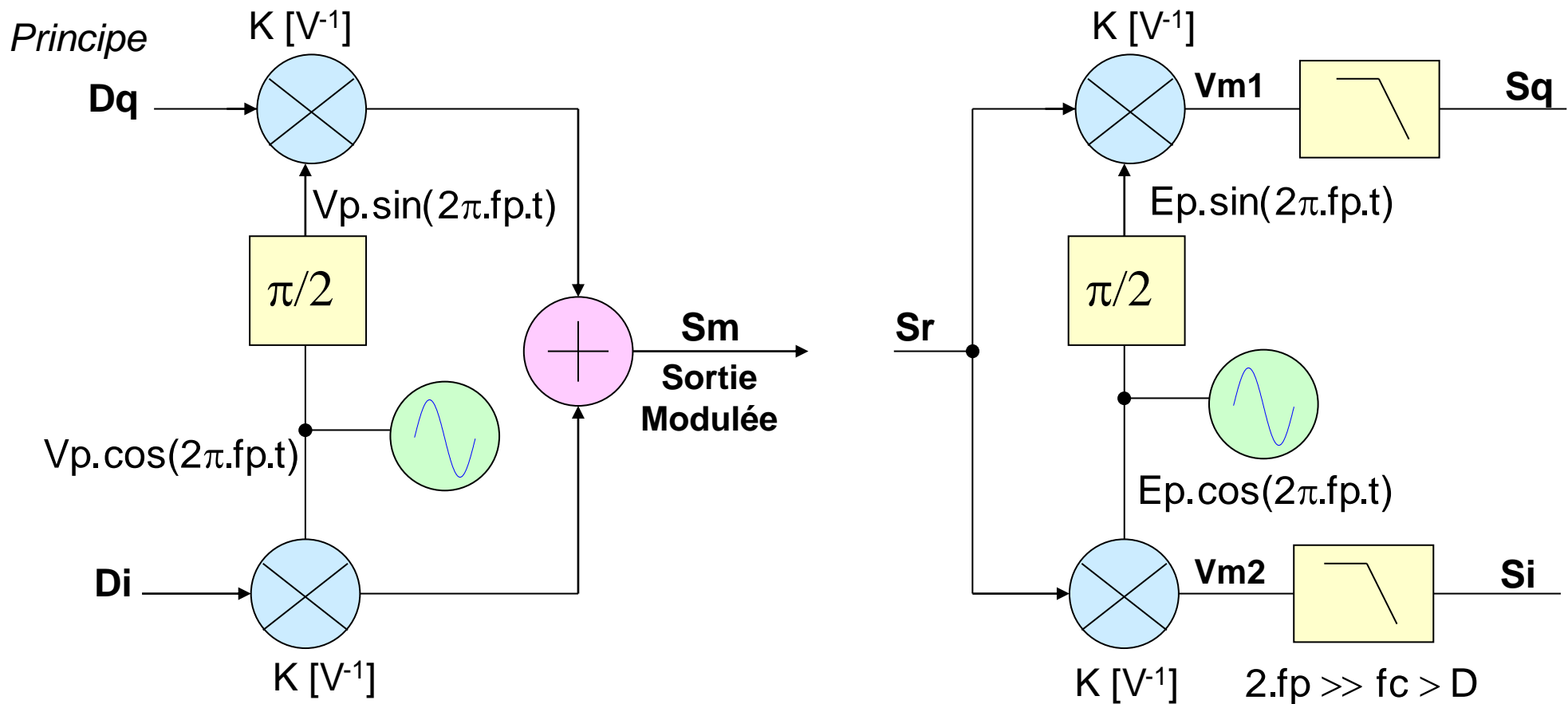
256-QAM

### 3 Diagramme IQ & occupation fréquentielle

Un cas simple : le signal modulé BPSK



### 3 Modulation / démodulation IQ



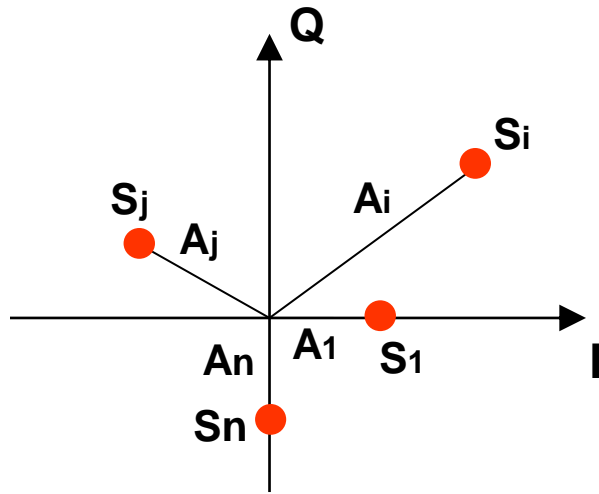
$$S_m = K.Vp.Di.\cos(2\pi.fp.t) + K.Vp.Dq.\sin(2\pi.fp.t)$$

$$S_m = I.\cos(2\pi.fp.t) + Q.\sin(2\pi.fp.t)$$

*Analyse dans le cas ou  $S_r=S_m$  (transmission sans dégradation & perte)*

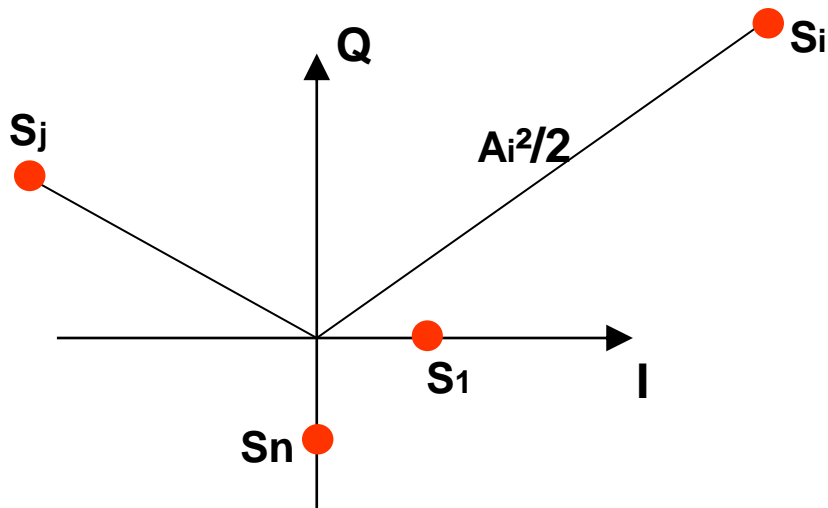
### 3 Diagramme IQ et puissance

#### Représentation en Amplitude (crête)



- $S_i$  Symbole n°i
- $A_i$  Amplitude du Symbole n°i
- $\Pr(S_i)$  Probabilité d'apparition du Symbole n°i

#### Représentation en Puissance (normalisée)



$$S_{\text{modIQ}_{\text{eff}}}^2 = \sum_{i=1}^n \Pr(S_i) \cdot \frac{A_i^2}{2}$$

$$\sum_{i=1}^n \Pr(S_i) = 1$$

## 4 Une histoire de débit, de bande passante et de bruit

**Relation de Shannon-Hartley :**

$$C = D_{\max} = B_p \cdot \log_2 \left( 1 + \frac{S}{B} \right)$$

**C** : Capacité du canal transmission

**D<sub>max</sub>** : débit maximal possible de la transmission

**B<sub>p</sub>** : Bande passante du canal de transmission

**log<sub>2</sub>** : Fonction logarithme en base 2

$$y = \log_2(x) = \frac{\log(x)}{\log(2)} = \frac{\ln(x)}{\ln(2)} \quad x = 2^y$$

$\frac{S}{B}$  : Rapport signal sur bruit dans la canal de transmission

$$\frac{S}{B} = \frac{\text{Puissance du signal utile}}{\text{Puissance du bruit}} = \frac{S_{\text{eff}}^2}{B_{\text{eff}}^2}$$

$$\left. \frac{S}{B} \right|_{\text{dB}} = 10 \cdot \log \left( \frac{\text{Puissance du signal utile}}{\text{Puissance du bruit}} \right) = 20 \cdot \log \left( \frac{S_{\text{eff}}}{B_{\text{eff}}} \right)$$

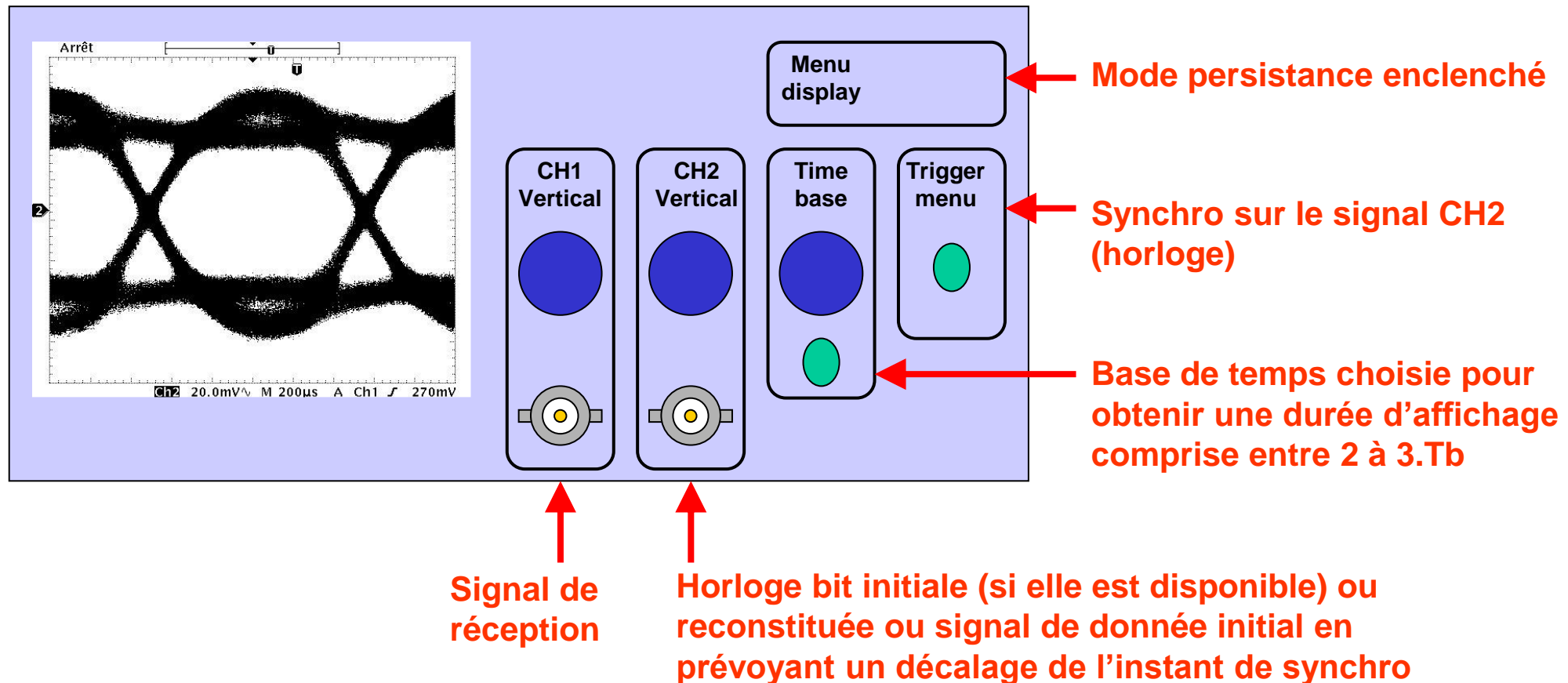
## 4 Le diagramme de l'œil : Mise en œuvre

*Diagramme de l'œil* : Il s'agit d'une représentation compacte obtenue sur un oscilloscope permettant de juger rapidement de la qualité d'une transmission numérique.

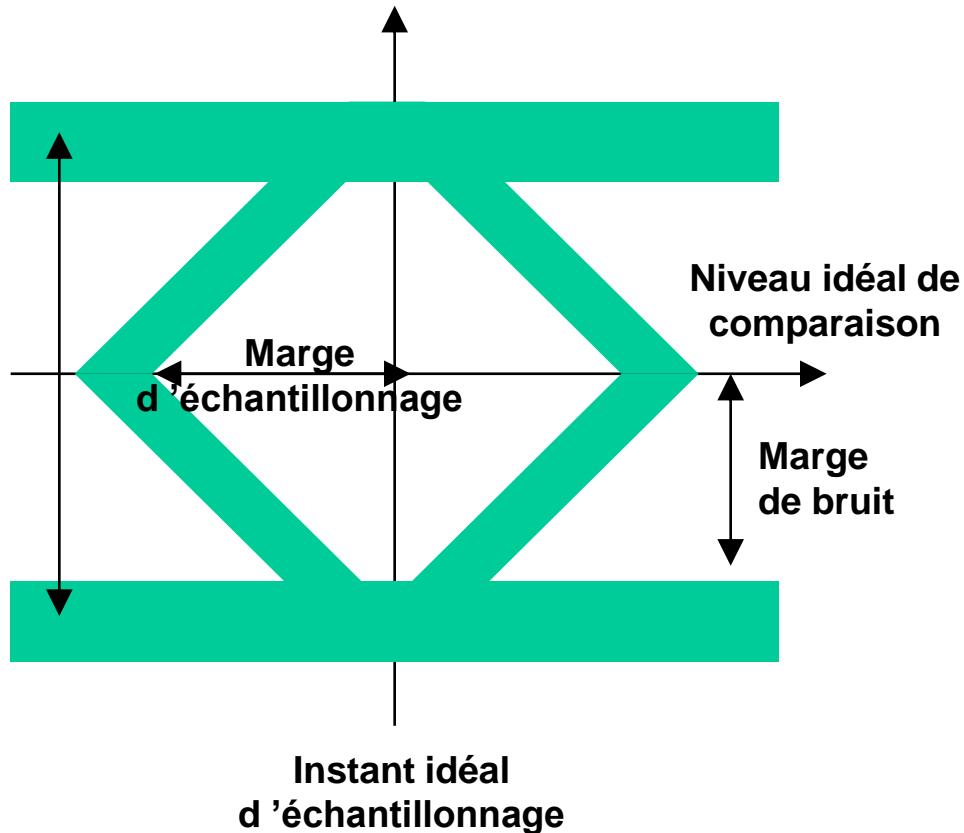
Œil « suffisamment » ouvert : Transmission numérique correcte, Taux d'erreur bit faible

Œil fermé : Taux d'erreur bit important

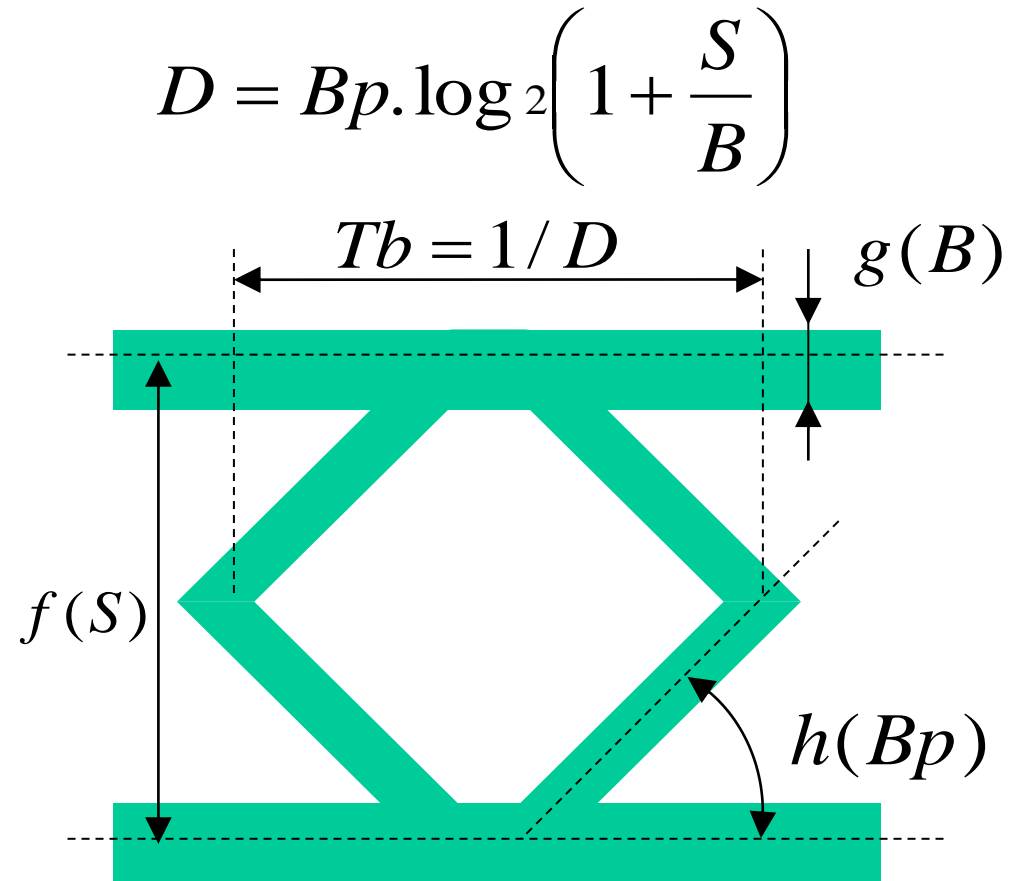
*Mise en œuvre pratique sur un oscilloscope numérique (obligatoirement) :*



Représentation simplifiée



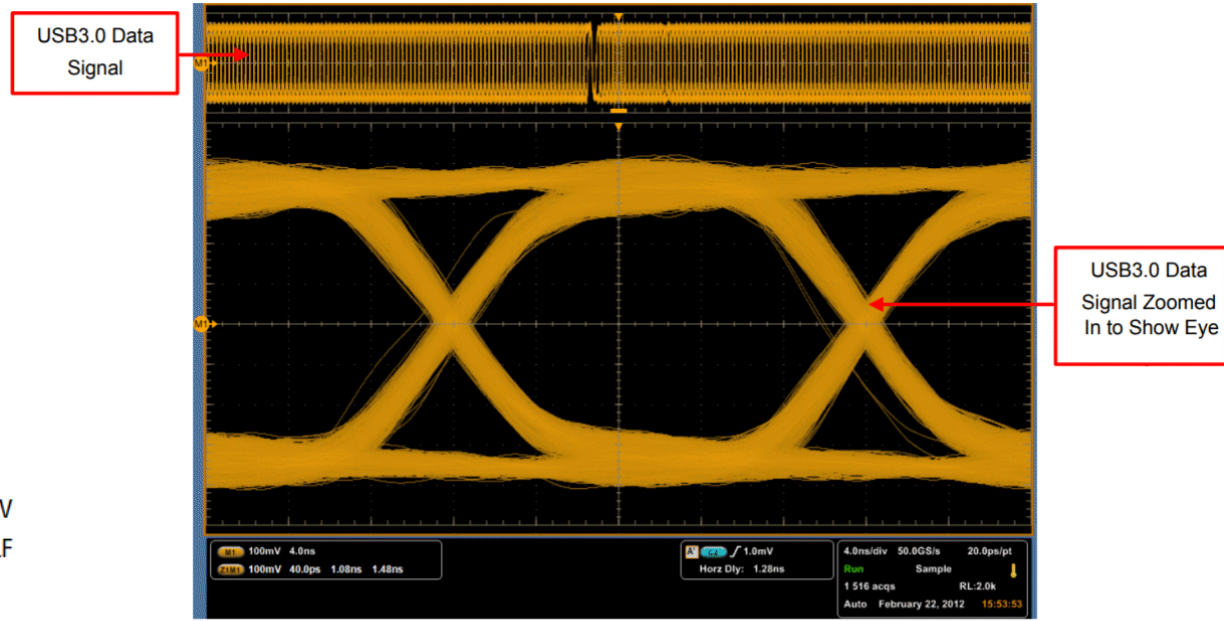
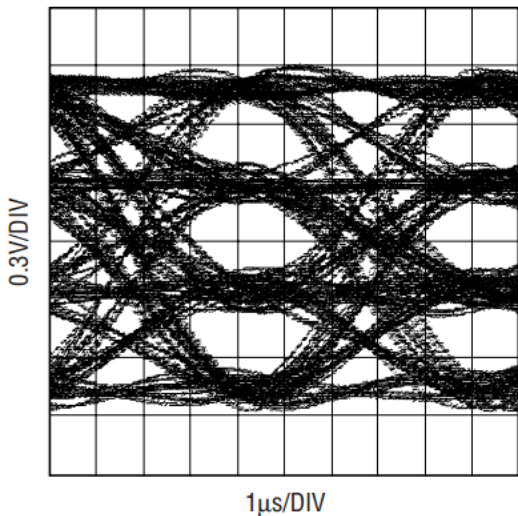
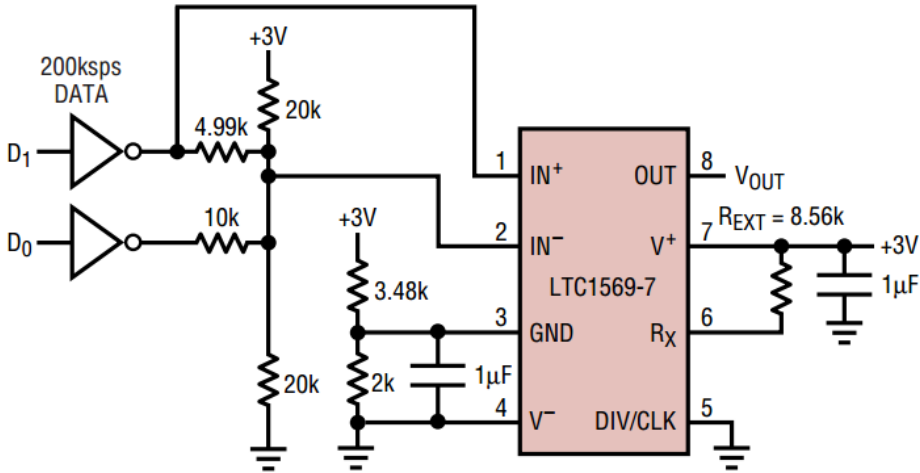
Traduction de la relation de Shannon Hartley dans le diagramme de l'œil



$f(\cdot), g(\cdot), h(\cdot)$  : fonction de .

# 4 Exemples de diagramme de l'œil

**Pulse Shaping Circuit for Single 3V Operation, 400kbps (200ksps) 4 Level Data, 128kHz Cutoff Filter**



USB3.0 Eye Diagram



**MLX73290-A**

300 to 960MHz Multi-channel Transceiver

**Eye Diagram** 250kbps GMSK transmit signal eye diagram at 868MHz

