

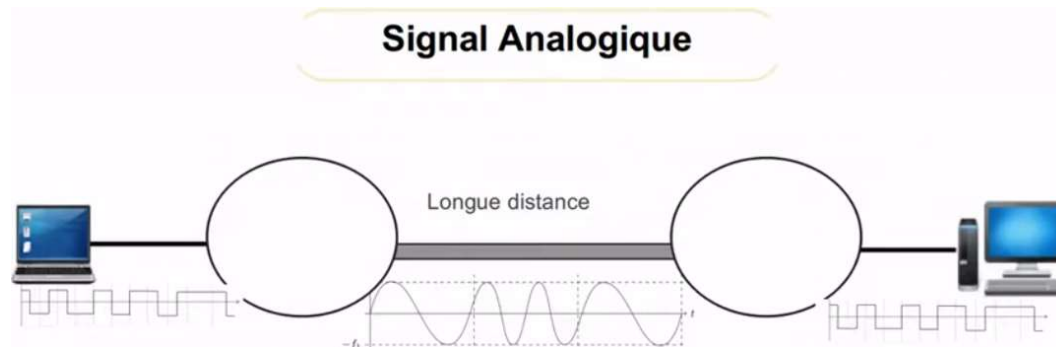
Chapitre 4 – Couche Physique et Transmission de Données (Partie II)

La Transmission en Bande de Base (Numérique) && Transmission en large bande (Analogique)

- Lorsque la **longueur de la liaison** ne dépasse pas **quelques centaines de mètres**, les informations peuvent être transmises sur le support de liaison sans transformation du **signal numérique** en signal analogique. ➡ [Transmission en Bande de Base](#)

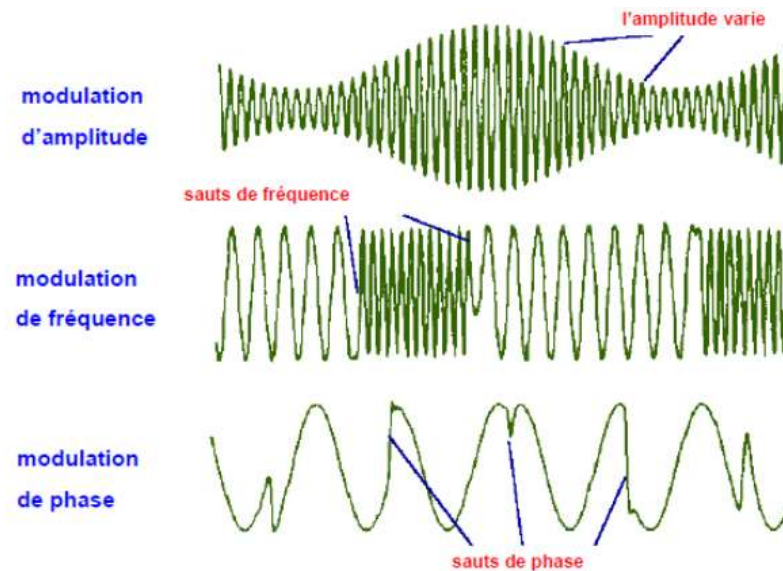


- Les techniques de la transmission en bande de base ne sont pas fiables dès que la **distance dépasse quelques centaines de mètres**. Pour avoir un signal que l'on puisse récupérer correctement, il faut lui donner une forme spéciale (sinusoïdale) en le modulant. La [Transmission par modulation ou Transmission en large bande](#) consiste à envoyer une onde sinusoïdale ou **signal analogique** appelée **porteuse**.



Transmission en bande large - Modulation

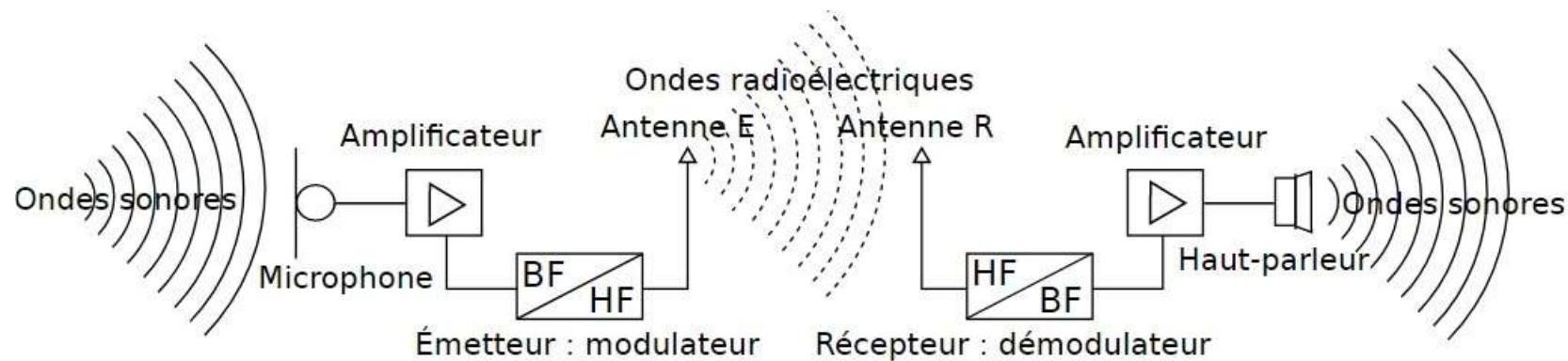
- ❑ En télécommunications, le signal transportant une information doit passer par un moyen de transmission entre un émetteur et un récepteur. Le signal est rarement adapté à la transmission directe par le canal de communication choisi, hertzien, filaire, ou optique.
- ❑ La **modulation** peut être définie comme le processus par lequel le signal est transformé de sa forme originale en une forme adaptée au canal de transmission, par exemple en faisant varier les paramètres d'amplitude, phase ou fréquence d'une onde sinusoïdale appelée **porteuse**.
- ❑ Le dispositif qui effectue cette modulation, en général électronique, est un **modulateur** (voir **modem**). L'opération inverse permettant d'extraire le signal de la porteuse est la **démodulation**.



Les diverses modulations possibles de la porteuse.

Transmission en bande large - Modulation

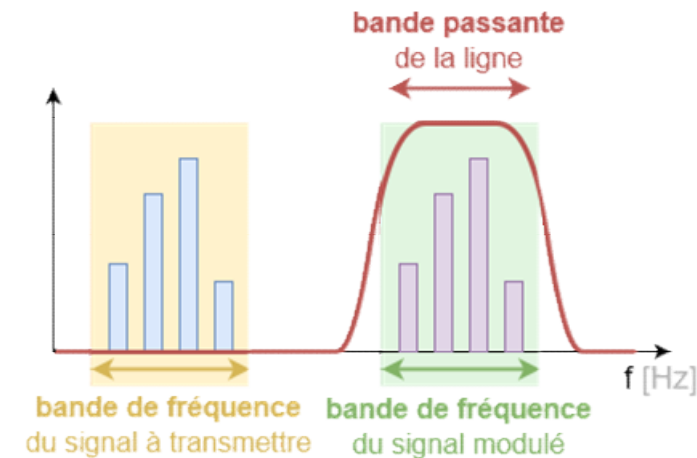
- ❑ La modulation d'un signal a pour objectif de transmettre des informations (**numériques ou analogiques**) en les **adaptant au canal** de transmission ou le médium (ligne téléphonique, ondes radio, ...).



- ❑ Comme on est capable d'émettre et de recevoir une onde électromagnétique haute fréquence entre deux antennes, cela consiste à transformer le signal portant les informations (numériques ou analogiques) en un signal **haute fréquence**.
- ❑ Par exemple, la voix humaine ne peut pas être transmise directement par onde radio. On module donc une onde radio haute fréquence avec la voix. Ce signal est émis par l'antenne émettrice et reçu par l'antenne réceptrice. L'opération inverse est alors effectuée pour retrouver la voix initiale.

Transmission en bande large - Modulation

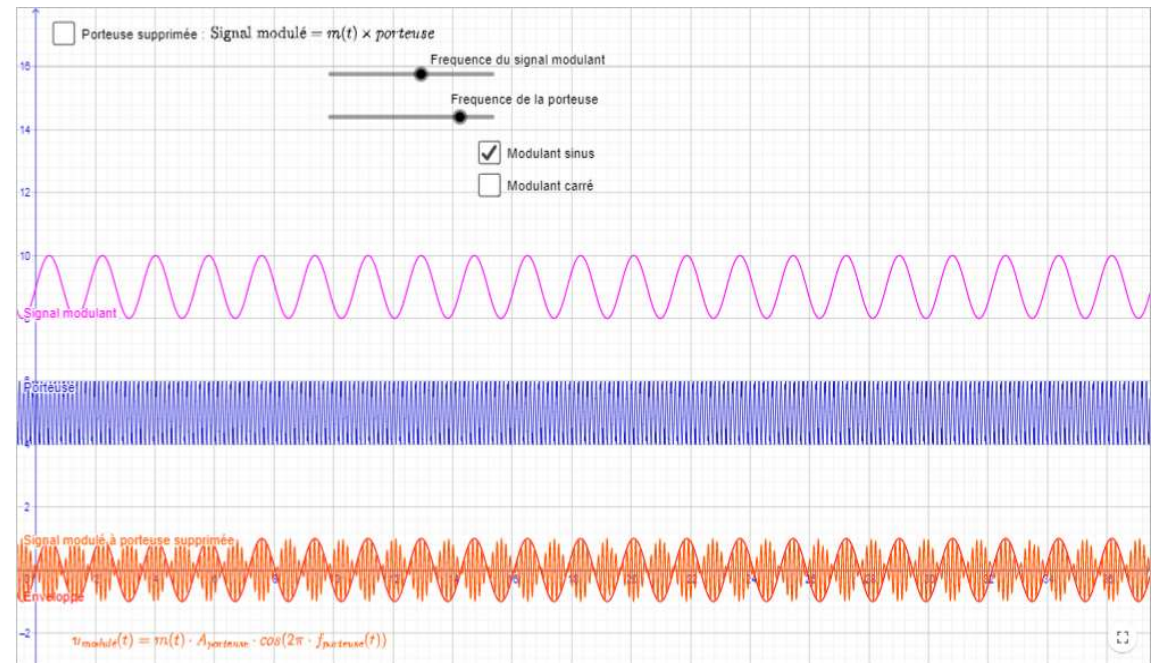
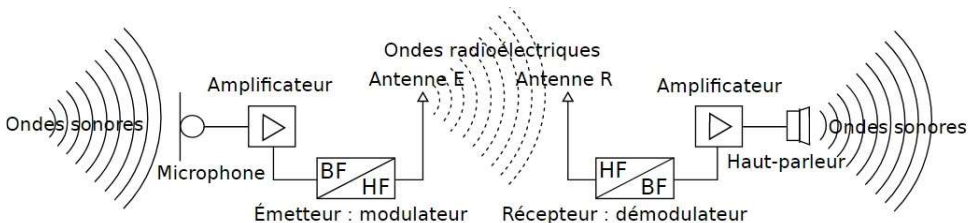
- ❑ La **modulation** consiste à transformer un **signal connu** par le **signal à transmettre**. Le signal à transmettre est appelé **signal d'information**. Lorsqu'on module un signal, on appelle :
 - **Porteuse** : le signal connu
 - **Signal modulant** : le signal d'information
 - **Signal modulé** : le signal résultant de la transformation de la porteuse par le signal modulant
- ❑ La **modulation** consiste à modifier un ou plusieurs paramètres d'une onde porteuse $S(t)=A\cos(\omega_0*t+\varphi_0)$ centrée sur la bande de fréquence du canal de transmission. Les paramètres modifiables sont :
 - L'amplitude : A
 - La fréquence : $f_0=\omega_0/2\pi$
 - La phase : φ_0
- ❑ Un canal de transmission, possède une bande passante réduite. De plus, il est affecté d'**atténuation** et de **distorsions** et soumis à des **bruits**.
- ❑ Le type de modulation employé doit être adapté d'une part au signal, aux performances demandées, et aux caractéristiques de la ligne.



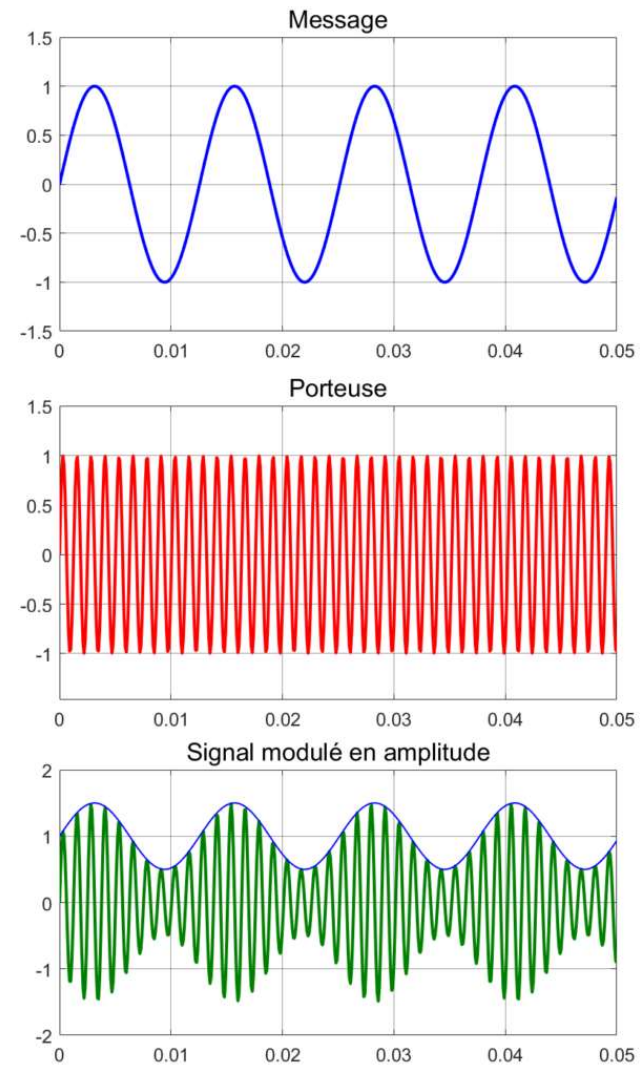
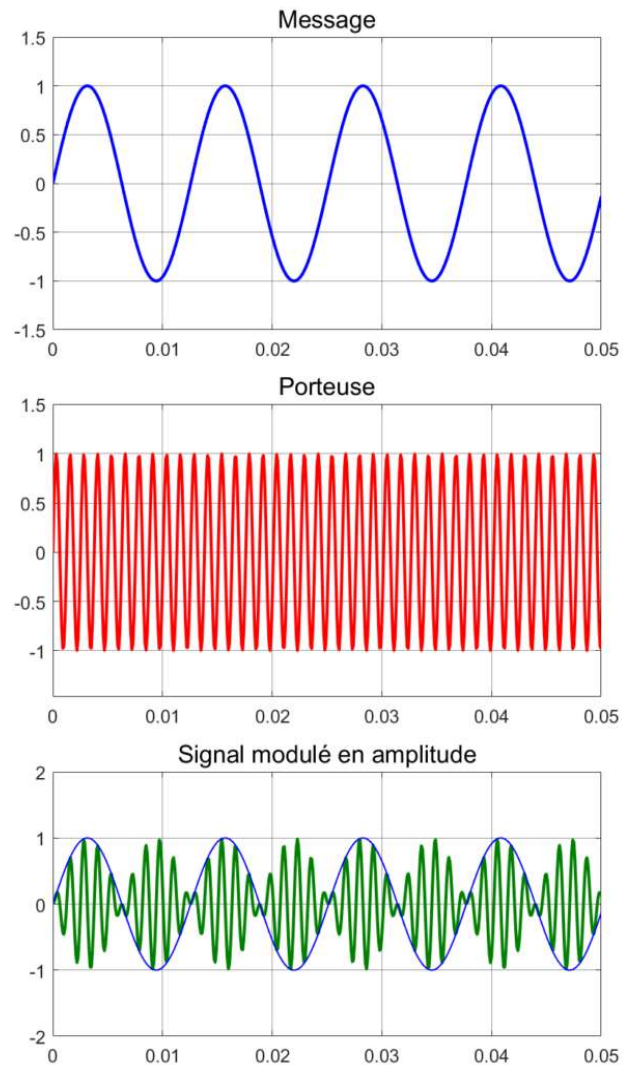
Transmission en bande large – Modulation d'Amplitude

- ❑ La **modulation d'amplitude** est utilisée en radio pour transmettre des signaux **basses fréquences** (voix, musique, etc.) à l'aide d'ondes électromagnétiques. Les ondes électromagnétiques portent très loin, elles peuvent donc être captées à longue distance. Une tension électrique, appelée **tension modulante** et contenant l'information à diffuser, module l'amplitude d'un signal porteur. Ce **signal porteur** est un signal à **haute fréquence**.
- ❑ Le **signal modulant**, de basse fréquence, est transformé en tension électrique par un microphone ; la tension ainsi formée est utilisée pour faire varier (on dit moduler) l'amplitude d'un signal de **Haute Fréquence** (H.F.) appelée **porteuse**.
- ❑ Le **signal modulé** ainsi formé est émis au moyen d'une antenne. Une antenne réceptrice capte l'onde électromagnétique et restitue le signal électrique modulé. La **démodulation** permet alors d'extraire le signal modulant d'origine du signal modulé.
- ❑ Le **signal modulant** est un signal portant l'information à transmettre (voix, musique, bits, etc.) **m(t)** de fréquence faible devant la fréquence de la porteuse.
- ❑ La **porteuse** est une tension sinusoïdale **up(t)** de fréquence **f_p** :

$$u_p(t) = A_p \cdot \cos(2\pi f_p \cdot t)$$



Transmission en bande large – Modulation d'Amplitude



Transmission en bande large – Modulation de fréquence

Pour la **modulation de fréquence**, c'est la **fréquence de la porteuse** qui est **modulée** par le **signal modulant**.

On a alors :

$$f_p(t) = f_p + k_f \cdot m(t)$$

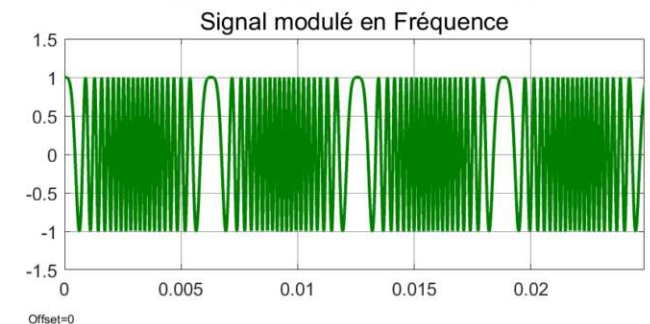
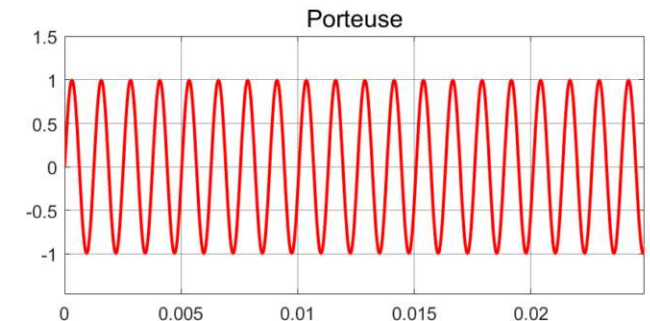
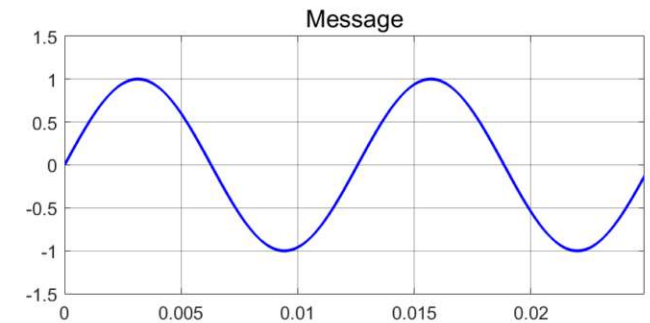
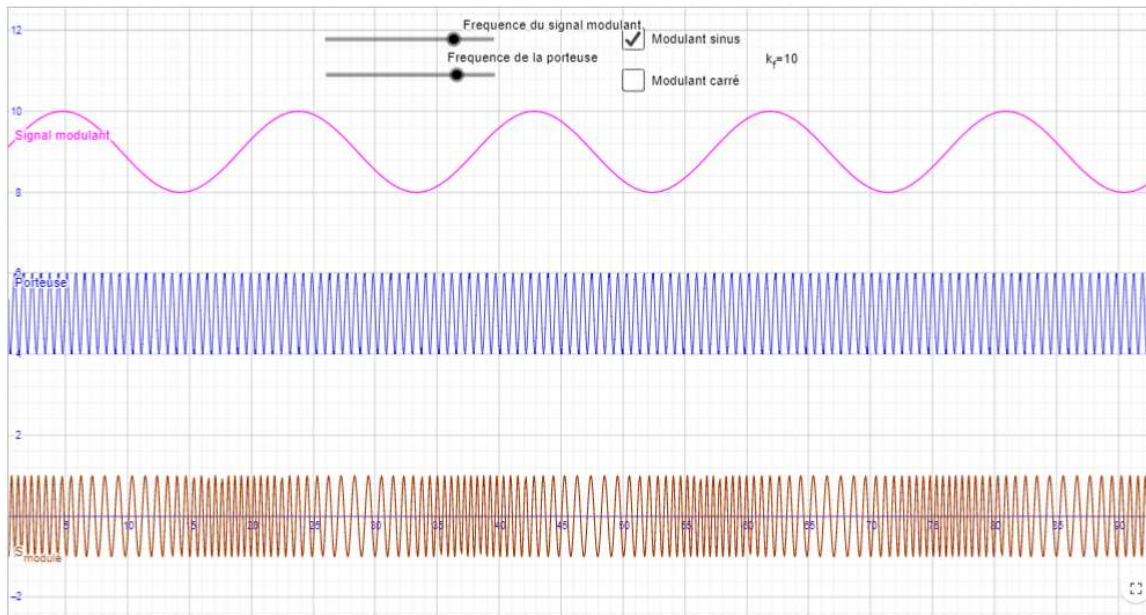
avec k_f constante

“ Avec un signal modulant $m(t) = M \cdot \cos(2\pi f_m \cdot t)$ alors la fréquence du signal modulé aura pour équation :

$$f_p(t) = f_p + k_f \cdot M \cdot \cos(2\pi f_m \cdot t)$$

En posant $\Delta f = k_f \cdot M$ on obtient :

$$u_m(t) = A_p \cdot \cos[2\pi f_p \cdot t + \frac{\Delta f}{f_m} \sin(2\pi f_m \cdot t)]$$



Transmission en bande large – Modulation de phase

Pour la **modulation de phase**, c'est la **phase de la porteuse** qui est **modulée** par le **signal modulant**.

On a alors :

Soit une porteuse :

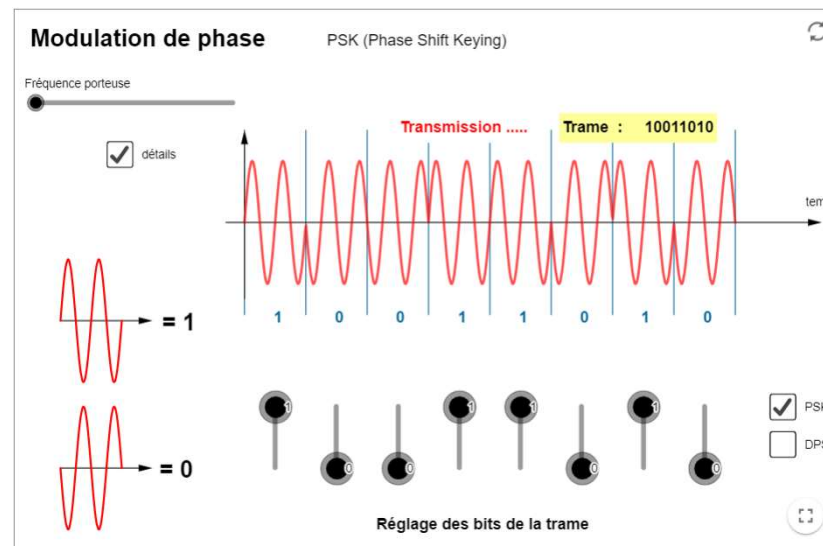
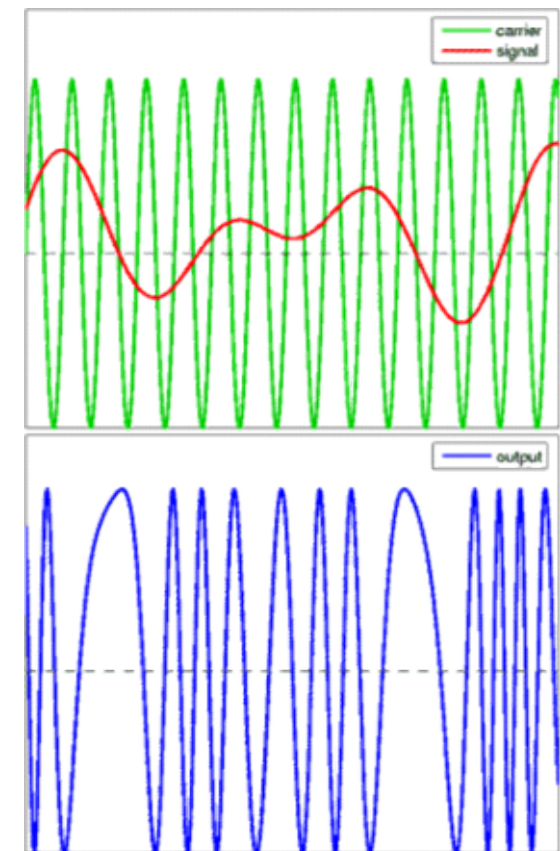
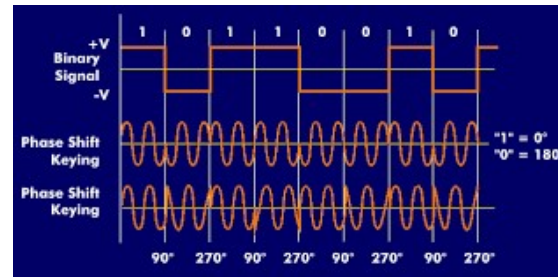
$$x_p(t) = A \cos(\omega_p t + \phi(t))$$

Soit un signal modulant sinusoïdal :

$$m(t) = A_m \cos(\omega_m t)$$

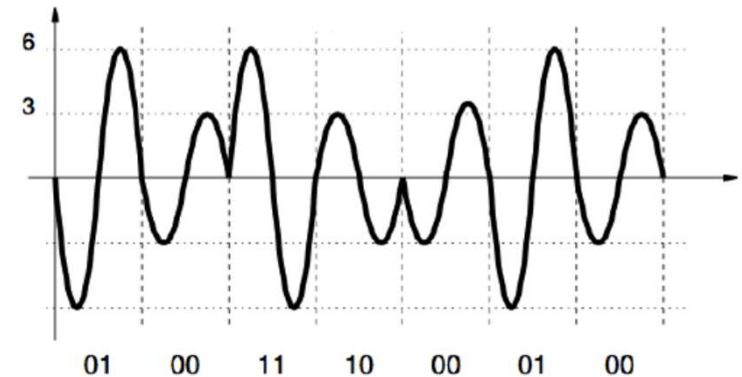
Le signal modulé devient alors :

$$e(t) = A \cos(\omega_p t + K_p A_m \cos(\omega_m t))$$



Transmission en bande large – Rapidité de Modulation

- ❖ R : exprimée en bauds
- ❖ Le nombre de changements du signal par seconde.
- ❖ Le nombre de tops d'horloge en une seconde.
- ❖ Exemple : Ligne de 100 bauds;
 - 100 émissions par secondes
 - Si une émission = 1 bit alors $D = R$
- ❖ Au lieu d'envoyer les bits un par un, on peut envoyer un signal représentant un groupe de n bits.
- ❖ Exemple:
 - Si on groupe les bits 4 par 4 et on envoie 9600 signaux par seconde, on transmet 19200 bits/s ($9600 * 4 = 19200 \text{ bit/s}$)
 - Chaque signal peut prendre 04 valeurs différentes

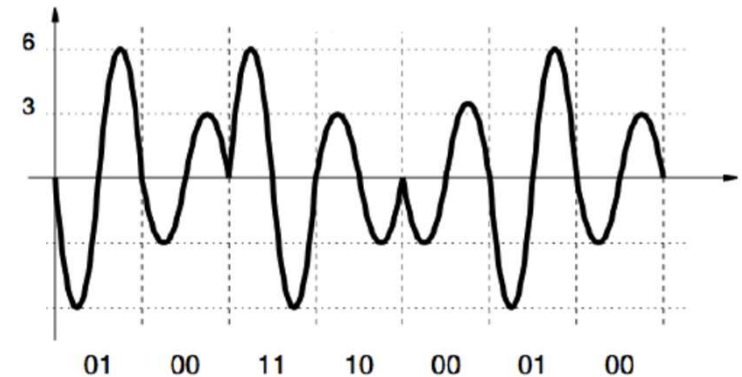


Transmission en bande large – Rapidité de Modulation

Exemples :

Signal digital :

- Deux niveaux différents
 - un changement de signal représente 1 bit
 - capacité en bits/seconde = capacité en bauds
- Quatre niveaux différents
 - un changement de signal représente 2 bits
 - capacité en bits/seconde = 2 * capacité en bauds



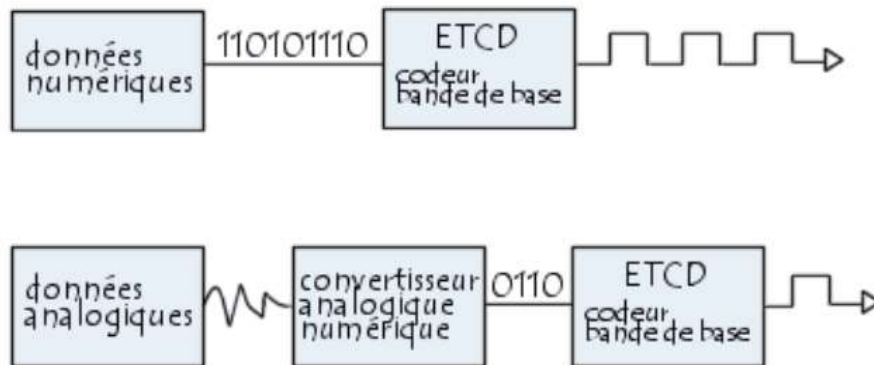
Relation :

$$D = R \log_2(V)$$

- R : Rapidité de modulation
- D : Débit binaire
- V : Valence du signal

La Transmission en Bande de Base

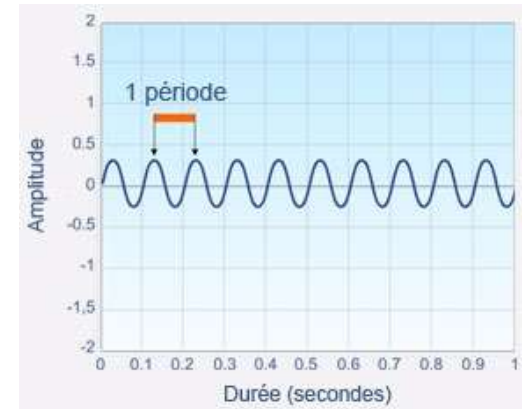
- ❑ La transmission numérique consiste à faire transiter les informations sur le support physique de communication sous forme de signaux numériques. Ainsi, des données analogiques devront préalablement être numérisées avant d'être transmises.
 - ❑ Toutefois, les informations numériques ne peuvent pas circuler sous forme de 0 et de 1 **directement**, il s'agit donc de les **coder** sous forme d'un signal possédant deux états, par exemple :
 - deux niveaux de tension par rapport à la masse
 - la différence de tension entre deux fils
 - la présence/absence de courant dans un fil
 - la présence/absence de lumière
- ...
- ❑ Cette transformation de l'information binaire sous forme d'un signal à deux états est réalisée par l'**ETCD**, appelé aussi **codeur bande de base**, d'où l'appellation de **transmission en bande de base** pour désigner la transmission numérique...



La Transmission en Bande de Base

Définition de la fréquence :

- ❑ En physique, la fréquence est le nombre de fois qu'un phénomène périodique **se reproduit** par unité de temps. ... Dans le système international d'unités la **fréquence** s'exprime en **hertz (Hz)**.
- ❑ La **fréquence** correspond au **nombre de périodes par seconde**, c'est à dire le nombre de fois que le motif se répète, soit 10 fois, la fréquence est donc de 10 Hz. En appliquant l'inverse de la période on obtient également cette valeur : $f=1/T$, $1=10 \text{ Hz}$. $F = 1 / T$ (T : durée de la période)



Transmission en Bande de base (suite) :

- ❑ La transmission est dite en bande de base lorsque le signal ne subit pas de **transposition en fréquence**. Dans ce cas le signal présente souvent un aspect rectangulaire, car la fonction de modulation simple utilisée est rectangulaire.
- ❑ Un signal de transmission contient plus d'une **fréquence unique** c'est-à-dire qu'il pourrait y avoir plusieurs différentes fréquences liées ensemble ou bien superposés les unes les autres. La transmission **en bande de base** consiste à transmettre directement les signaux numériques (suites de bits) après codage sur le support, sur des distances limitées (de l'ordre de 30Km). Le signal en bande de base ne subit pas de transposition de fréquence et se réduit à un signal simple codé. La figure ci-dessous résume le principe de la transmission des données en bande de base.



La Transmission en Bande de Base

Intérêt du codage en bande de base :

Si l'on considère le signal numérique ci-contre, on peut remarquer les caractéristiques suivantes:



- Son spectre est illimité (puisque les fronts sont raides : droit) mais concentré au tour de la fréquence nulle, or beaucoup de support ne laisse pas passer les composantes continues.
- Sa valeur moyenne est égale à $\frac{1}{2}$ et l'on préfère généralement les signaux à valeur moyenne nulle.
- La transmission en bande de base rencontrée principalement dans les réseaux locaux permet d'obtenir des circuits de données à grand débit et faible portée (débits supérieurs à 1 Mbit/s pour des distances inférieures à 1 Km) en utilisant directement des supports physiques de types métallique (paires torsadées ou câble coaxiaux) ou optique, avec éventuellement l'adjonction de répéteurs disposés sur des intervalles allant de 500 mètres à quelques kilomètres.

Les différents codages en bande de base :

- ❑ La transmission de longues suites de 0 ou de 1 (silences) peut rendre difficile la récupération de l'horloge causer, par conséquent, la perte de la synchronisation entre l'émetteur et le récepteur. Plusieurs types de codage sont utilisés pour introduire des changements d'état fréquents sur le signal pour éviter les silences.
- ❑ Avant l'injection des informations dans un canal, un codage est nécessaire. Le choix d'un code est fonction du spectre de ce code, la bande passante disponible, du bruit et interférence du canal, du contrôle de la performance, de la tenue en horloge et la fiabilité de la réalisation.
- ❑ Le codage électrique choisi sera celui qui s'adapte le mieux au support de transmission que l'on va utiliser pour la transmission. Par exemple, en transmission numérique sur câble, les lignes métalliques utilisées sont constituées de tronçons séparés par des transformateurs ne laissant passer ni le continu, ni les fréquences basses. On a alors intérêt à utiliser, au lieu du code NRZ, un code bipolaire (dont le spectre de puissance est décalé vers les fréquences hautes) de façon à ne pas perdre d'informations.

Transmission en Bande de Base : Codage NRZ

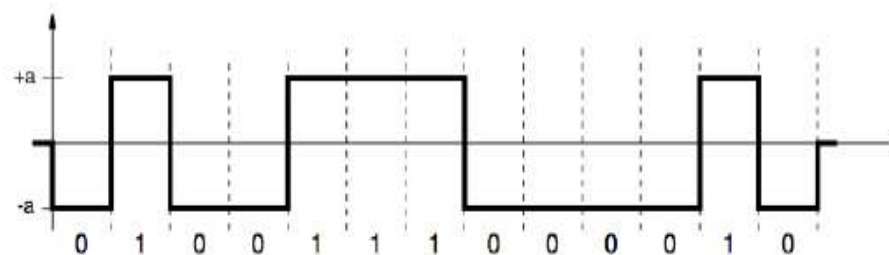
Non Return to Zero (NRZ) :

La méthode NRZ (Non Return to Zero) représente la technique la plus simple de codage. Dans cette technique à 2 niveaux, le signal numérique est codé suivant les règles :

- Bit de données à 0 -> Tension négative (-a)
- Bit de données à 1 -> Tension positive (+a)

Les principales caractéristiques du codage NRZ sont :

- Une bonne résistance au bruit;
- Une mauvaise adaptation au support (spectre centré sur la fréquence nulle);
- Peu de transitions, donc difficulté de synchronisation d'horloge.

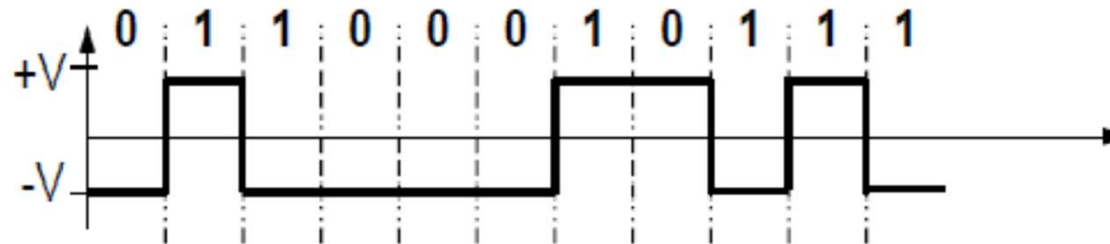


Transmission en Bande de Base : Codage NRZI

Non Return to Zero Inverted (NRZI) :

Dans cette technique à 2 niveaux, le signal numérique est codé suivant les règles :

- **Bit de données à 0** -> Pour transmettre le bit '0', on garde le même niveau de tension que le bit précédent
- **Bit de données à 1** -> Quand on a le bit '1' à transmettre, on change le niveau de la tension par rapport au bit précédent.

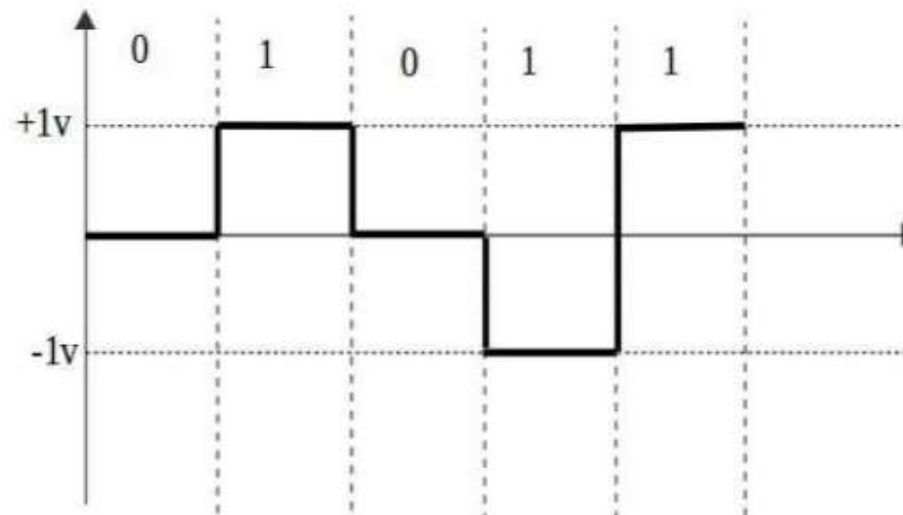


Transmission en Bande de Base : Codage Bipolaire

Codage Bipolaire ou AMI (Alternate Mark Inversion) :

Dans cette technique de codage, le signal numérique est codé suivant les règles :

- **Bit de données à 0** -> Le bit 0 est représenté par l'absence de voltage.
- **Bit de données à 1** -> Le bit 1 alterne entre un voltage positif et un voltage négatif



Transmission en Bande de Base : Codage Biphase ou Codage Manchester

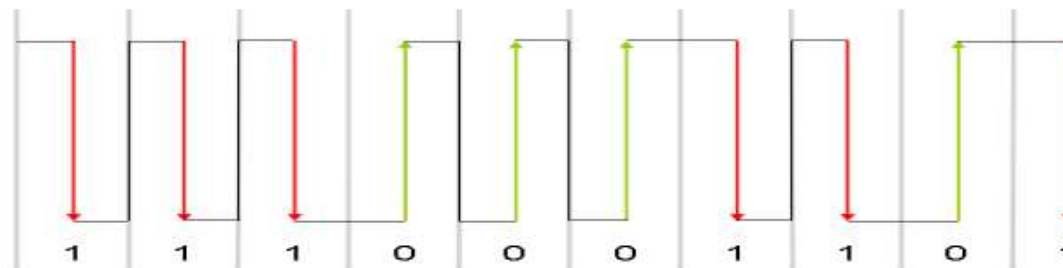
Une solution permettant de décaler le spectre du signal vers les fréquences plus élevées consiste à coder les états de base par des transitions et non par des niveaux. C'est la solution adoptée par le codage **Manchester**, encore appelé **Codage Biphase**.

Cela se traduit par les règles suivantes :

- **Bit de donnée à 0** -> un Front Montant
- **Bit de donnée à 1** -> un Front Descendant

Caractéristiques de ce codage :

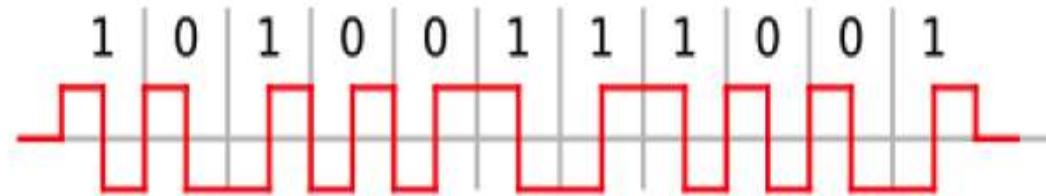
- Bonne résistance au bruit (2 niveaux);
- Bonne adaptation aux supports à bande passante large;
- Beaucoup de transitions, donc facilité de synchronisation d'horloge.



Transmission en Bande de Base : Codage Manchester Différentiel

Le codage applique les règles suivantes :

- **0 logique** -> Transition dans le même sens que la précédente au milieu de l'intervalle.
- **1 logique** -> Transition dans le sens inverse de la précédente au milieu de l'intervalle.



Transmission en Bande de Base : Codage de Miller

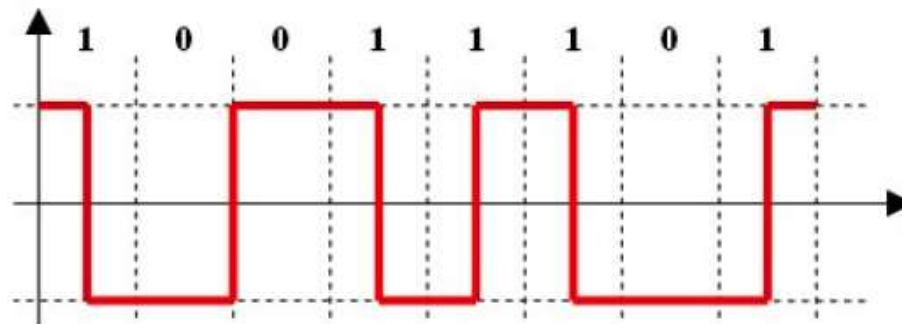
les règles d'encodages prennent la forme suivante :

- Si le bit de donnée vaut 1 -> on insère une transition au milieu de l'intervalle significatif
- Si le bit de donnée vaut 0 -> alors pas de transition au milieu de l'intervalle significatif, mais si le bit suivant vaut 0, alors on place une transition à la fin de l'intervalle significatif.

Les caractéristiques de ce code sont les suivantes :

- Permet des débits élevés sur support à bande passante limitée;
- Une puissance non nulle est transmise pour la fréquence nulle, ce qui peut introduire des distorsions.

Le principal inconvénient de ce code tient en une moins d'immunité vis-à-vis du bruit que les codes précédents.



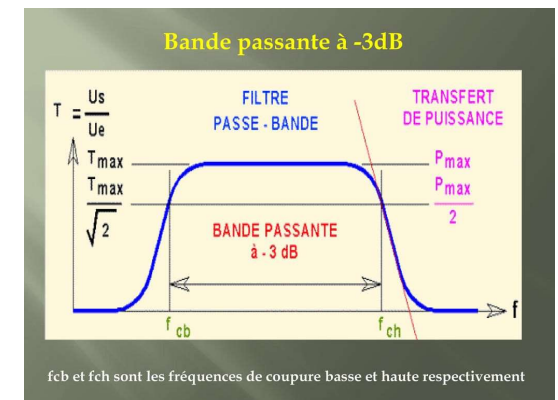
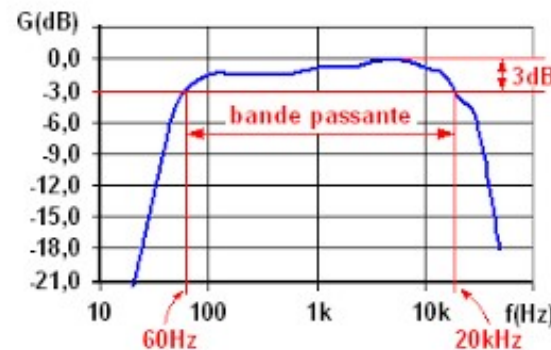
Débit Binaire & Bande Passante

Débit Binaire :

- ❖ D : exprimé en bits/s
- ❖ Le nombre de bits transmis par unité de temps
- ❖ Relation : $D = N / T_{\text{trans}}$

Bande Passante :

- ❖ La **bande passante W** (en anglais bandwidth) d'une voie de transmission est l'intervalle de fréquences sur lequel le signal ne subit pas un affaiblissement supérieur à une certaine valeur (généralement 3 dB, car 3 décibels correspondent à un affaiblissement du signal de 50%).
- ❖ Une ligne de téléphone a par exemple une bande passante comprise entre 300 et 3400 Hertz environ ($W = 3400 - 300 = 3100\text{Hz}$) pour un taux d'affaiblissement égal à 3 dB.
- ❖ Relation : $W = f_{\text{max}} - f_{\text{min}}$



Débit Binaire Vs Bande Passante

- ❑ Les termes **bande passante** et **débit/vitesse** sont souvent utilisés de manière interchangeable – mais pas correctement.
- ❑ Essentiellement, la **vitesse/débit** fait référence à la vitesse à laquelle les données peuvent être envoyées, tandis que la définition de la **bande passante** est la capacité pour cette vitesse.
- ❑ En utilisant la métaphore courante de l'eau, la vitesse fait référence à la vitesse à laquelle l'eau s'écoule dans un tuyau; la bande passante fait référence au diamètre du tuyau.
- ❑ Afin d'éviter toute confusion, il est plus judicieux d'utiliser les termes bande passante (ou capacité de bande passante) et vitesse/débit du réseau, plutôt que vitesse de bande passante.

Temps Total de Transmission

- ❑ **Durée de transmission (T_{trans})** est délai nécessaire pour que la trame soit envoyée sur la ligne. Autrement, c'est le temps nécessaire pour que le dernier bit d'une trame à envoyer quitte la station émettrice.

$$T_{trans} = L/D$$

L : Longueur de la trame

D : Débit binaire du réseau

- ❑ **Durée de propagation (T_p)** est délai nécessaire pour que le premier bit de la trame à envoyer arrive à la station destinataire.

$$T_p = d/V$$

d : distance en m (mètre) entre les deux stations les plus éloignées sur le réseau

V : vitesse de propagation en m/s

- ❑ **Durée total de transmission** est :

$$T_{total} = T_{trans} + T_p$$

Cas particulier

- Avec accusé de réception :
- $T_{total} = T_{trans} + T_p + T_{trait} + T_{ack} + T_p$
- T_{ack} et T_{trait} négligeables
- $T_{total} = T_{trans} + 2 * T_p$

Rendement, Débit efficace et Performance réseau

❑ Rendement d'un protocole de transmission = $\text{Nb de bits de données} / \text{Nb de bits transmis}$

❑ Longueur minimale d'une trame : Physiquement, une collision dans le réseau est un signal brouillé, violant les règles du codage en bande de base. Pour détecter une éventuelle collision, une station écoute le canal pendant sa propre transmission. Si elle détecte un signal non conforme, alors elle stoppe immédiatement sa transmission, puis elle transmet une séquence de bourrage (Jamming Signal) pour avertir les autres stations. En fait, pour que l'on puisse détecter la collision, il faut que la station écoute, et donc qu'elle soit encore en train d'émettre. Pour cela, le temps de **time slot** (temps égal au temps de transmission d'une **trame de longueur minimale**) doit être **le double de temps de propagation** du signal, ainsi la station sera en émission pendant au moins le temps d'aller et de retour du signal pour détecter une éventuelle collision.

$$T_{\text{trans}} \geq 2T_p$$

$$T_{\text{trans}} = N/D$$

$$T_p = d/V$$

$$N/D \geq 2 d/V$$

















$$N \geq 2 * d * D/V$$

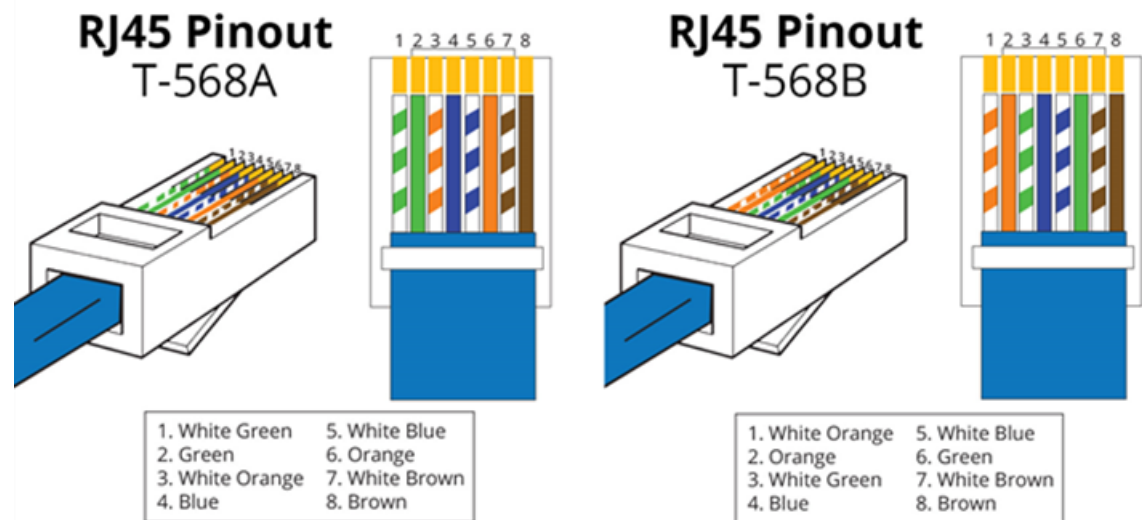
❑ $\text{Debit_efficace} = \text{Ndonnees_Brut} / \text{TempTotal_Trans}$

❑ $\text{Performance du réseau} = \text{Debit_efficace} / \text{Débit théorique}$

Les Normes de Câblage T568A et T568B

T568B T568A

Pin	Color	Color
1	 white /orange	 white /green
2	 orange	 green
3	 white /green	 white /orange
4	 blue	 blue
5	 white /blue	 white /blue
6	 green	 orange
7	 white /brown	 white /brown
8	 brown	 brown



Câble droit & Câble Croisé

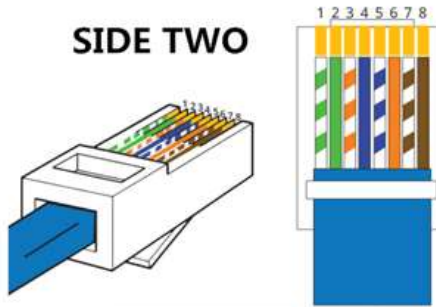
CROSSOVER

SIDE ONE



- | | |
|-----------------|----------------|
| 1. White Orange | 5. White Blue |
| 2. Orange | 6. Green |
| 3. White Green | 7. White Brown |
| 4. Blue | 8. Brown |

SIDE TWO

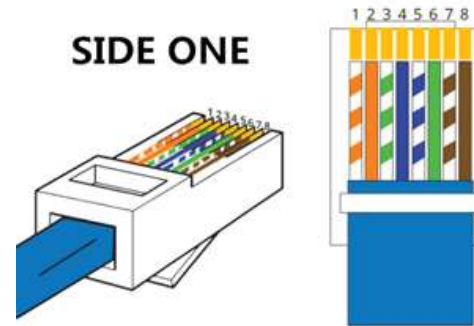


- | | |
|-----------------|----------------|
| 1. White Green | 5. White Blue |
| 2. Green | 6. Orange |
| 3. White Orange | 7. White Brown |
| 4. Blue | 8. Brown |

Câble croisé

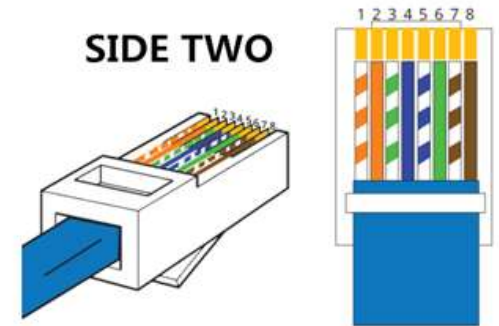
STRAIGHT-THROUGH

SIDE ONE



- | | |
|-----------------|----------------|
| 1. White Orange | 5. White Blue |
| 2. Orange | 6. Green |
| 3. White Green | 7. White Brown |
| 4. Blue | 8. Brown |

SIDE TWO



- | | |
|-----------------|----------------|
| 1. White Orange | 5. White Blue |
| 2. Orange | 6. Green |
| 3. White Green | 7. White Brown |
| 4. Blue | 8. Brown |

Câble droit

Câble droit & Câble Croisé

Utiliser un câble droit pour le câblage suivant :

- Switch vers le routeur
- Switch vers PC ou serveur
- Hub vers PC ou serveur

Utiliser des câbles croisés pour le câblage suivant :

- Switch vers switch
- Switch vers hub
- Hub vers hub
- Routeur vers routeur
- Port Ethernet du routeur vers PC NIC
- PC vers PC

