

La Couche Physique

Jules DEGILA

***N.B.** Ce cours a été tiré principalement du livre de Cherkaoui et de Walrand.*



Contenu

- Concepts et définitions
- Caractéristiques de la couche physique
- Types de support de couche physique
- Synchronisation et tramage
- Contrôle d'erreur
- Services d'interconnexion de la couche physique

Concepts et définitions (1)

- La **couche physique** s'occupe de l'interface physique entre dispositifs et des règles de transmission des bits. Cette transmission est faite en **codant la valeur du bit sur un signal**.
- La **donnée** est l'information que nous voulons transmettre. Elle peut être analogique ou numérique.
- Le **signal** est une onde électromagnétique (électrique ou lumineuse). Il peut aussi être analogique ou numérique. Un *signal analogique* est une onde électromagnétique continue. Un *signal numérique* est une suite d'impulsions électromagnétiques ou lumineuses en séquence. Un signal peut être altéré par **l'atténuation, la distorsion de délai ainsi que par le bruit**.

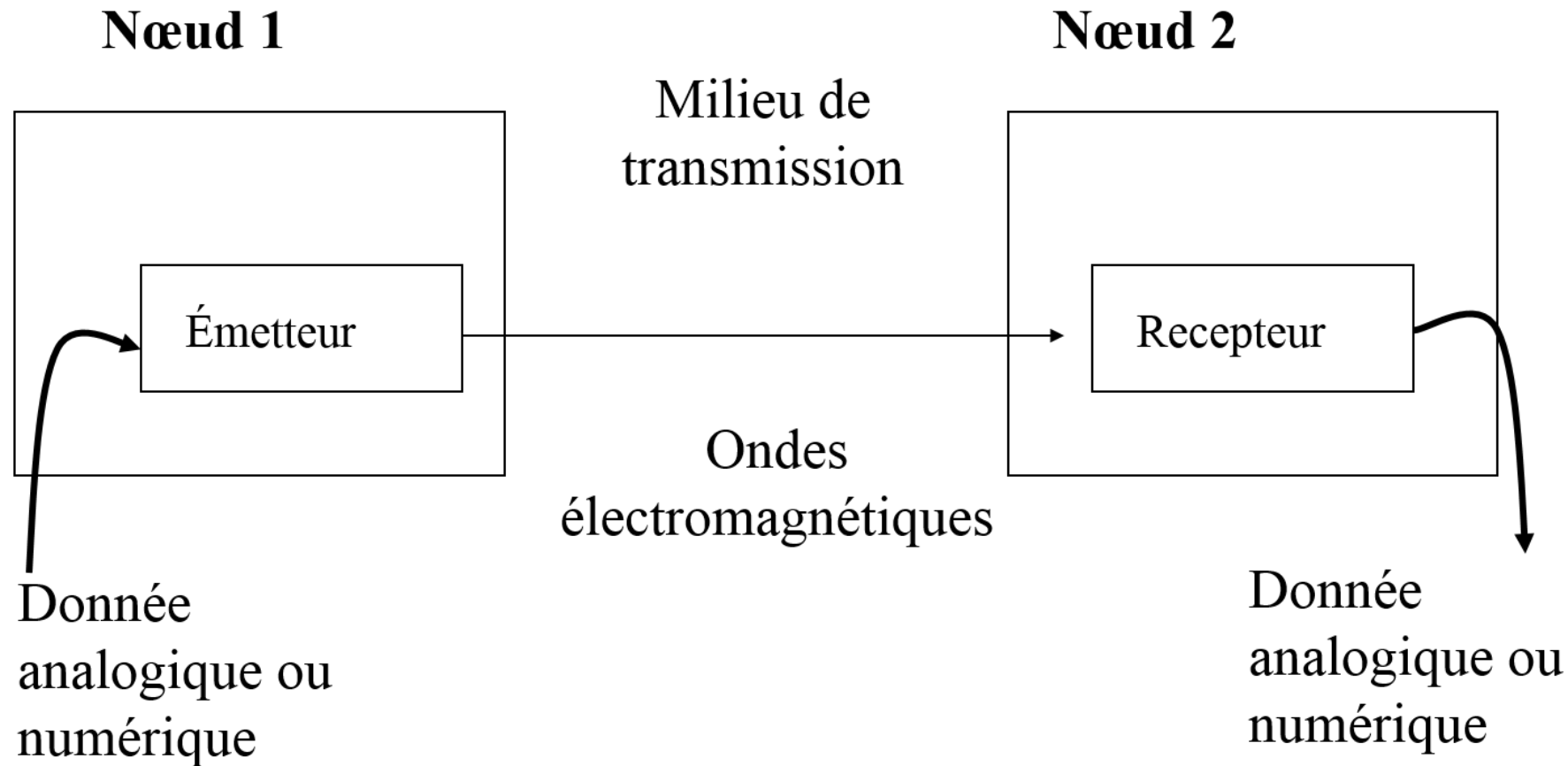
Concepts et définitions (2)

- **L'atténuation** est due à la résistance du support physique. Sur un support non-guidé (radio, micro-ondes), l'atténuation dépendra des conditions atmosphériques.
- La **distorsion de délai** arrive lorsque les fréquences d'un même signal arrivent à différents moments dans le récepteur.
- Le **bruit** est dû à des signaux indésirables qui s'ajoutent à la transmission.

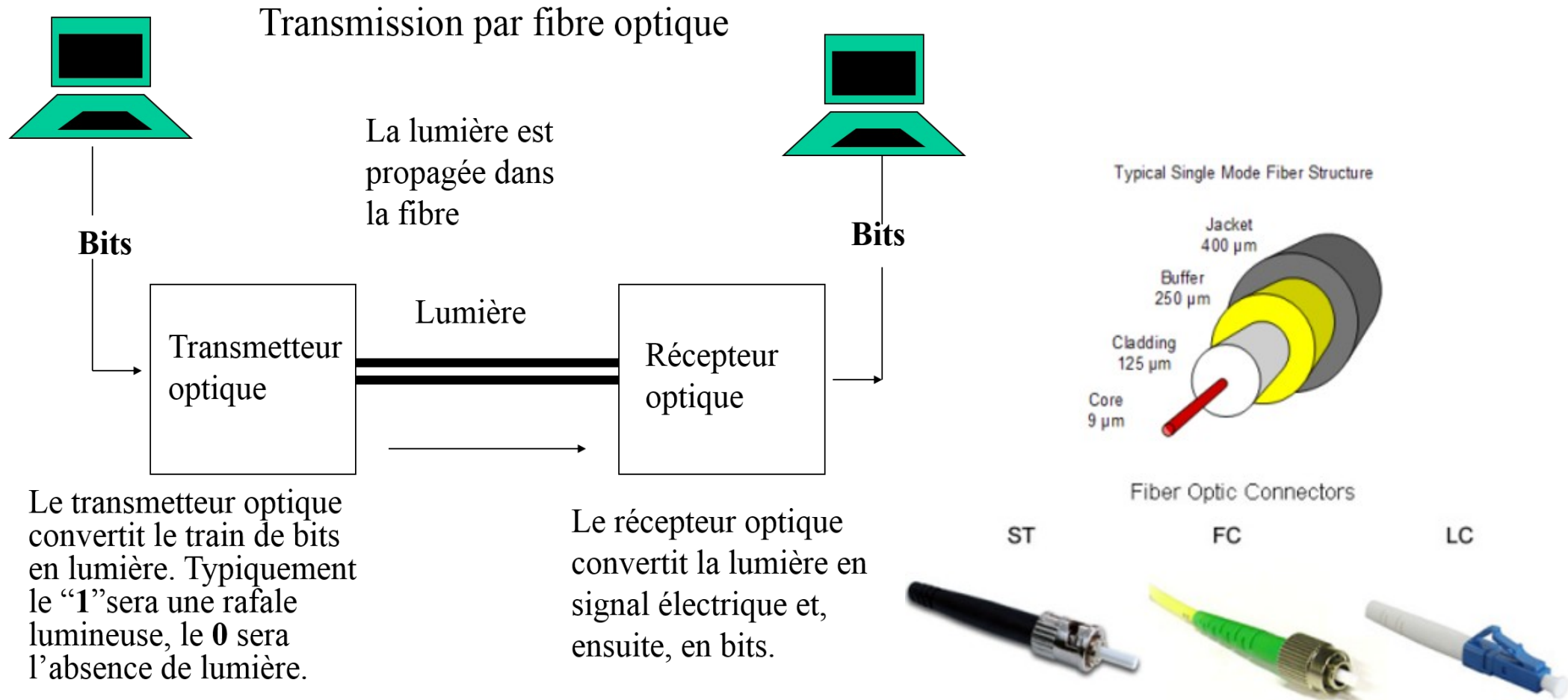
Caractéristiques de la couche Physique (1)

- ❖ **Mécaniques.**- propriétés physiques de l'interphase au moyen de transmission (i.e. connecteurs).
- ❖ **Électriques.**- représentation des bits et vitesse de transmission (l.e. niveaux de tension).
- ❖ **Fonctionnels.**- spécification des fonctions à réaliser par différents circuits/interphases.
- ❖ **Procédures.**- spécification de la séquence d'évènements pour l'échange de l'information.

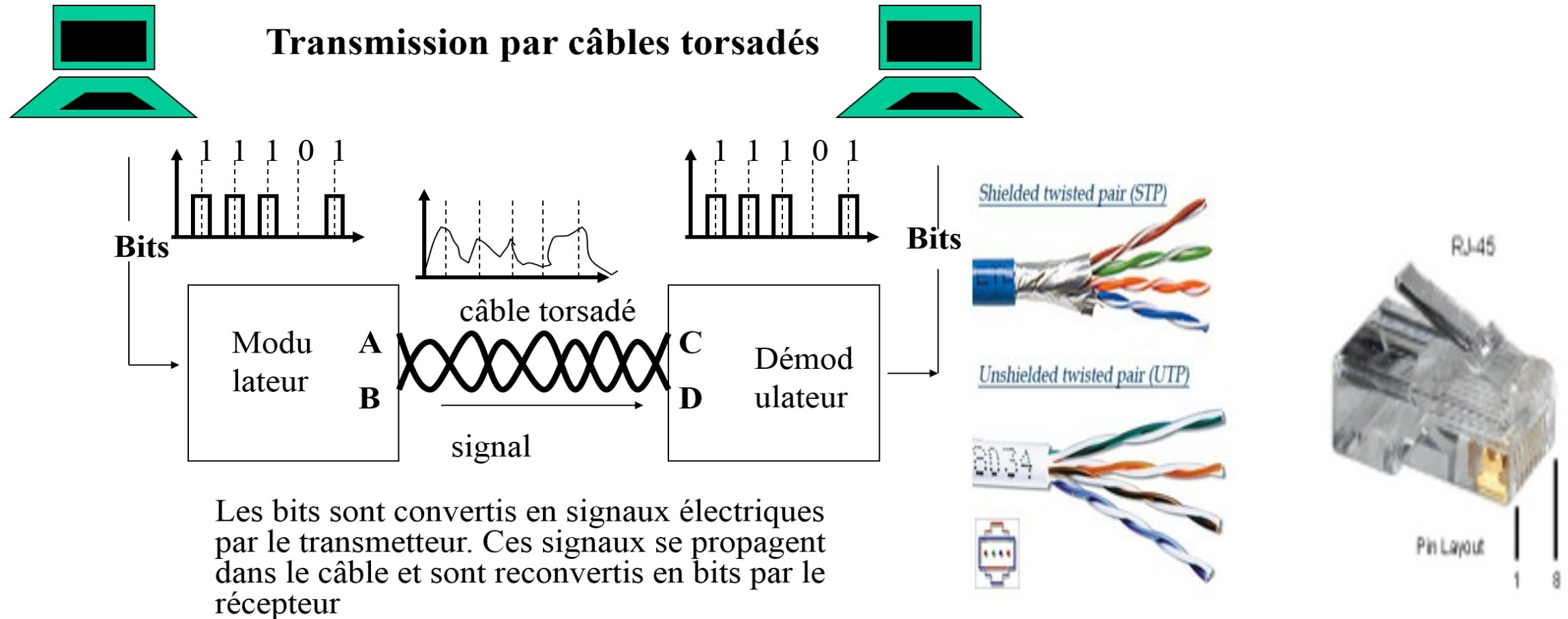
Caractéristiques de la couche Physique (2)



Types de support de couche physique (1)



Types de support de couche physique (2)



Performance de transmission

Une mesure importante de performance de la transmission est donnée par le taux d'erreur (BER). **Le BER est la probabilité qu'un bit est détecté incorrectement par le récepteur (i.e qu'un 0 est détecté comme un 1, ou un 1 comme un 0).**

Typiquement $\text{BER} \leq 10^{-9}$ pour la transmission par fibre.

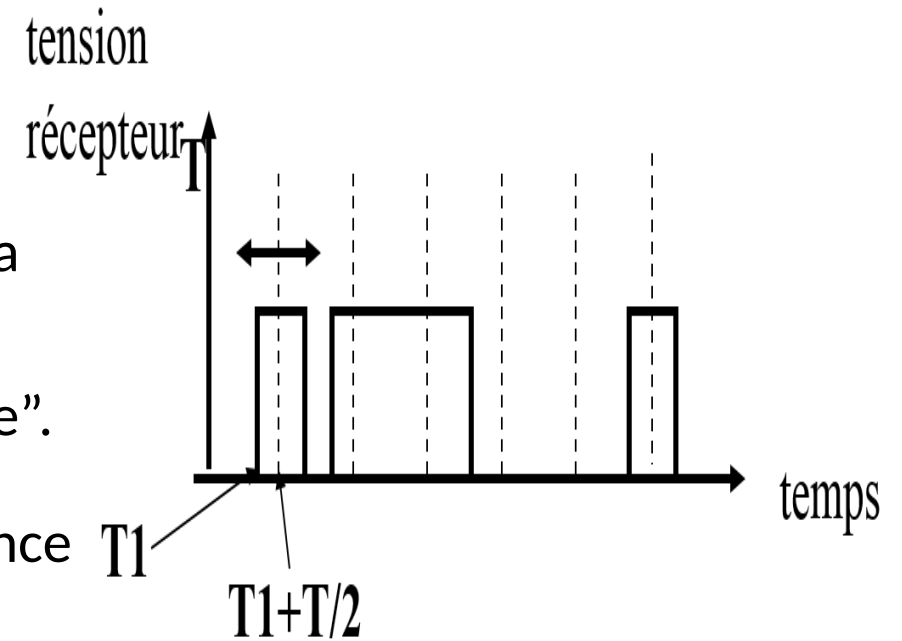
Synchronisation et tramage (1)

- Pour récupérer le signal envoyé il faut connaître le début et la fin de chaque bit et de chaque message. Nous avons donc deux problèmes:

(1) maintenir le “rythme” aux deux bouts de la transmission.

(2) déterminer quel est le **premier bit** et le **dernier** de la transmission.

- Pour maintenir le “rythme”, on fait appel à une “horloge”. Idéalement cette horloge sonnera au milieu de la transmission du bit. Si la transmission du 1^{er} bit commence à T_1 et dure T , l’horloge devrait marquer son temps à chaque T seconds à partir de $T_1 + T/2$.



Synchronisation et tramage (2)

- En pratique, l'horloge ne “sonne” pas à chaque T secondes exactement. Il y a donc un déphasage des bits entre horloges. L'horloge pourrait alors sonner sur un bit différent ou manquer un bit.
- Ce problème peut être contourné en spécifiant une courte longueur maximale du train de bits. On insérera un bit extra au début de chaque séquence et l'horloge sera mise à jour juste après réception du bit extra.
- La transmission de bits dans des petites séquences de longueur fixe est appelée **Transmission asynchrone**. Il y aura de l'espace (gap) entre une séquence et un autre.
- **Ce type de transmission est utilisée lorsque les temps de transmission sont aléatoires** (ex. taper sur un clavier).

Exemple

- ☐ Code ASCII.- Spécifié des séquences de 7 bits pouvant représenter 128 caractères. On doit ajouter un bit pour séparer les caractères. De plus, certains systèmes utilisent le bit de parité qui indique si le nombre de "1" dans le caractère est pair ou non.
- ☐ La lettre "A" ==> 1000001
- ☐ Transmission avec parité ==> 1'1000001'1
- ☐ CR avec parité =====> 1'0001101'0
- ☐ Avec la parité le récepteur peut vérifier certains erreurs. (Nombre de bits 1 pairs => bit de parité allumé)

Synchronisation et tramage (3)

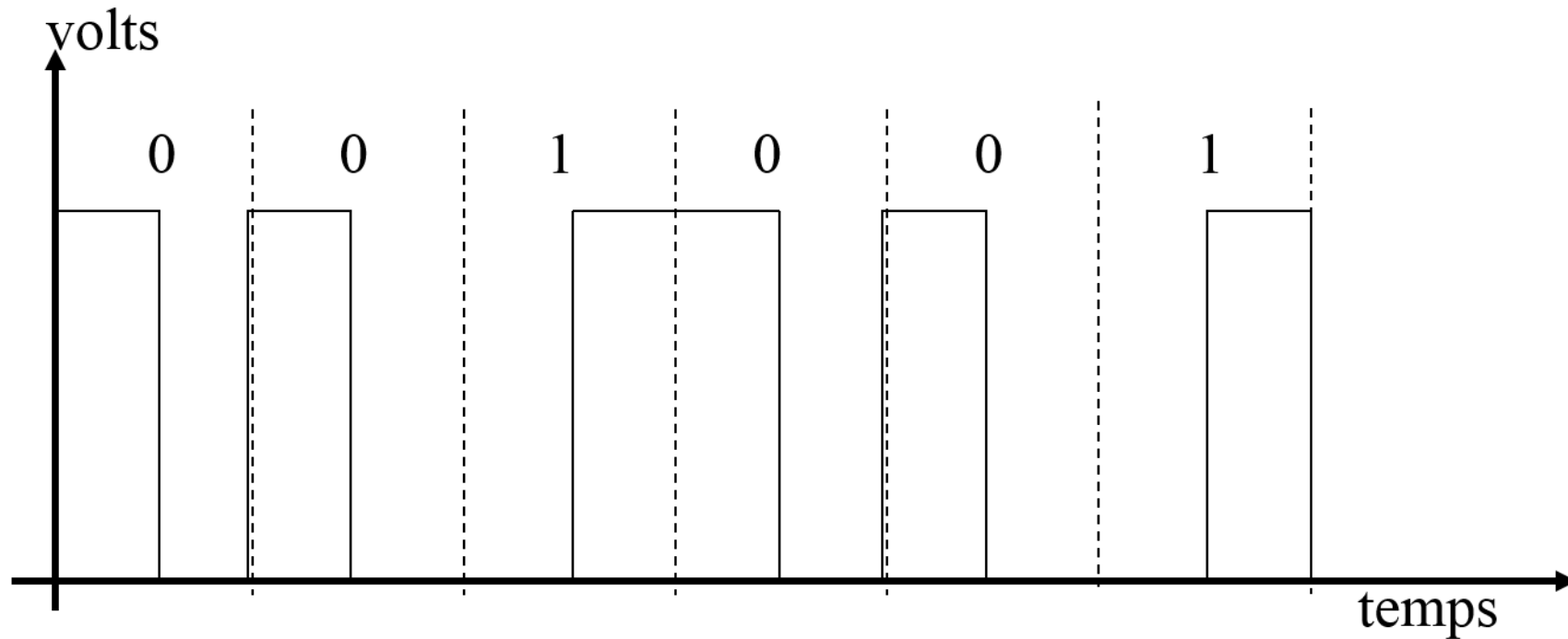
- ❖ La transmission **asynchrone** n'est pas très efficace car elle nécessite de courtes séquences de données entourées de bits de synchronisation et de gaps.
- ❖ Dans la transmission **synchrone** le bloc de données au complet est transmis sans délai entre séquences de bits. Pour cela il faut que l'émetteur et le récepteur soient synchronisés.
- ❖ On utilise la transmission **synchrone** pour envoyer des longs messages, qu'il faut par contre bien encadrer.
- ❖ La transmission **synchrone** utilise le message lui-même pour synchroniser les horloges de l'émetteur et le récepteur. Donc l'émetteur et le récepteur doivent avoir un moyen d'obtenir l'horloge.
- ❖ Pour obtenir la **synchronisation** de longs paquets il faut avoir un code auto-synchronisateur.

Synchronisation et tramage (4)

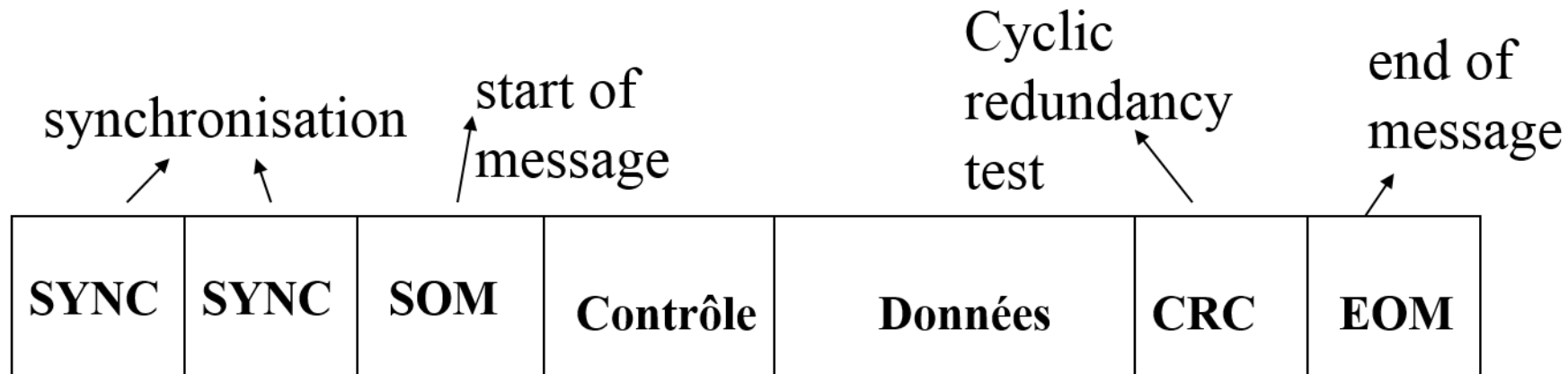
- ❖ Les circuits qui font la synchronisation sont appelés DPLL (Digital Phase-Locked Loop).
- ❖ Les DPLL exploitent les transitions pour pouvoir synchroniser.
- ❖ L'exploitation des transitions est faite à moyen de codes de synchronisation.
- ❖ Un exemple de code est **le code Manchester**.
- ❖ La transition se fait au milieu de l'intervalle. Une transition à la hausse indique un "1" tandis qu'une transition à la baisse indique un "0".
- ❖ Exemple: **001001**.

Exemple de code Manchester

Séquence 001001



Exemple de message en trame synchrone



Le message débute avec deux flots de caractères de synchronisation ainsi que ceux du début du message. Le champ de contrôle indique le type de données ou de message. Le CRC fait la vérification d'erreurs et le EOM indique la fin du message.

Contrôle d'erreur (1)

- Le bruit introduit des erreurs de transmission. Ces erreurs limitent le taux de transmission des bits. Le taux maximal de transmission fiable est donné par la **formule de Shannon**: $C = B \log \{1 + S/N\}$ où C est la capacité du canal, B est la largeur de bande en Hz et S/N est le ratio signal/bruit.
- Le log est en **base 2**.
- Pour contrôler la transmission d'erreurs nous avons des techniques de **détection et de correction d'erreur**.
- La **détection** se fait en réalisant des opérations sur certains bits. Si erreur, une retransmission doit être faite.
- La **correction** d'erreur est préférable lorsque la probabilité d'erreur est grande ou lorsque la retransmission est impossible. Elle ajoute des bits redondants.

Contrôle d'erreur (2)

- Considérons qu' une transmission synchrone ayant des paquets de N bits a un BER donné. Trouver la probabilité de recevoir un paquet incorrectement.
- $\Pr\{1 \text{ bit détecté incorrectement}\} = \text{BER}$
- $\Pr\{1 \text{ bit détecté correctement}\} = 1 - \text{BER}$
- $\Pr\{1 \text{ paquet reçu correctement}\} = (1 - \text{BER})^N$
- $\Pr\{1 \text{ paquet reçu incorrectement}\} = 1 - (1 - \text{BER})^N$

Pour $N = 1 \text{ Mbit}$, si le BER est 10^{-7} , le PER sera 10^{-2}

Contrôle d'erreur (3)

- Une méthode simple de correction est d'envoyer le paquet 3 fois. On peut trouver que la probabilité que chaque bit soit reçu incorrectement deux ou trois fois est donné par 3×10^{-9} .
- Un code de correction serait donc d'envoyer le paquet trois fois (pas efficace!).
- Mais cela donne l'idée de base des méthode de correction d'erreur.

Les services d'interconnexion de la couche physique (1)

- **Le service téléphonique.** Offre une bande passante de 3100 Hz en commutation de circuits. Avec des modems de standard V34 on obtient une vitesse de transmission de 56 kbps.
- **Les services à large-bande numériques.** La transmission des appels téléphoniques entre commutateurs est numérisée. De plus, plusieurs standards de multiplexage ont été définis. Cette hiérarchie de multiplexage est appelée PDH (Plesiochronous Digital Hierarchy) (Standards américains).

Les services d'interconnexion de la couche physique (2)

Système	Nombre de DS0	Support	Vitesse	Niveau
DS0	1	Paires tors.	64 kbps	DS0
T1	24	“	1.544 Mbps	DS1
LD1	24	“	1.544 Mbps	DS1
RD3	672	Radio num	44.736 Mbps	DS3
FMT45	672	Fibre	44.736 Mbps	DS3
FMT150	2016	“	150 Mbps	3 x DS3
FMT650	8064	“	650 Mbps	12 x DS3

Les services d'interconnexion de la couche physique (3)

- Pour les grandes vitesses de transmission, on utilise le standard basé sur la technologie SONET-SDH.

Norme électrique	Norme Optique	Vitesse (Mbps)	Vitesse (Mbps)	DS3	DS1	DS0
STS-1 (*)	OC-1	51.840	51.840	1	28	672
STS-3	OC-3	155.52	155.52	3	84	2016
STS-9 (#)	OC-9	466.56	466.56	9	252	6048
STS-12	OC-12	622	622	12	336	8064
STS-18	OC-18	933.12	933.12	18	504	12096
STS-24	OC-24	1244.16	1244.16	24	672	16128
STS-36	OC-36	1866.24	1866.24	36	1008	24192
STS-48 (+)	OC-48	2488.32	2488.32	48	1344	32256
STS-192	OC-192	9600	9600	192	5376	129024

(*) STM-1; (#) STM-4; (+) STM-16 en SDH

Note

- ❖ Les couches physique et liaison sont étroitement liées. Des fonctions telles que le contrôle d'erreur et la mise en trame font partie de la liaison de données.
- ❖ Ces fonctions ont été mentionnées ici pour faire le lien avec la transmission des bits de la couche physique.