

## Chapitre 2

### Couche physique

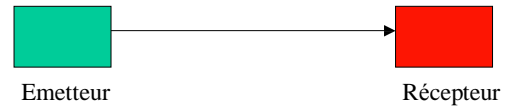
05/12/03

Couche physique

Page 1

## Communication simplex

- Unidirectionnelle
- Exemple : radio / télévision



05/12/03

Couche physique

Page 5

## Plan

- Introduction
- Transmission numérique et codage
- Transmission analogique et modulation
- Cas de figures de transmission
- Déformation des signaux
- Caractéristiques de transmission
- Multiplexage

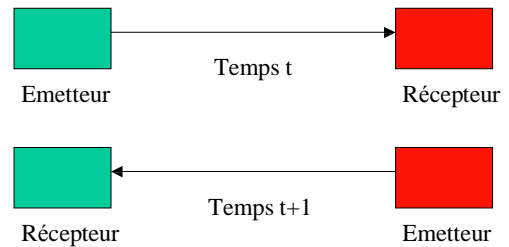
05/12/03

Couche physique

Page 2

## Communication half duplex

- Bidirectionnelle à l'alternat
- Exemple : voie ferrée



05/12/03

Couche physique

Page 6

## Introduction

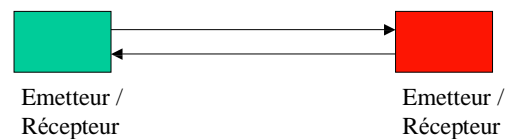
05/12/03

Couche physique

Page 3

## Communication full duplex

- Bidirectionnelle
- Exemple : téléphone



05/12/03

Couche physique

Page 7

## Liaison physique

- Établit une connexion physique entre deux équipements.
- Modes d'exploitation :
  - simplex
  - half duplex
  - full duplex

05/12/03

Couche physique

Page 4

## Types de transmission

- Parallèle
  - Utilisable sur de courtes distances
  - Problèmes de synchronisation
- Série
  - Synchrones
    - Synchronisation assurée constamment
  - Asynchrones
    - Synchronisation assurée à chaque émission

05/12/03

Couche physique

Page 8

## Transmission asynchrone

- Transmission caractère par caractère
- La synchronisation s'effectue à chaque émission de caractère
- Structure de la transmission asynchrone
  - 1 bit start
  - 7 ou 8 bits de données (en général)
  - 1 bit de parité
  - 1 bit stop

05/12/03

Couche physique

Page 9

## Transmission numérique

= transmission en bande de base

- Valide sur des distances
  - Courtes (quelque kms) sur un support en cuivre
  - Longue (30 kms) sur un support optique
- Mais le signal peut passer par plusieurs générateurs (répéteurs)

05/12/03

Couche physique

Page 13

## Types de signaux

- numériques
  - réseaux locaux
  - artères à longue distance du RTC
- analogiques
  - desserte locale du RTC

05/12/03

Couche physique

Page 10

## Types de codage

- NRZ (Non Return to Zero)
- NRZI (NRZ Inverted)
- Manchester
- Manchester différentiel
- Miller
- Bipolaire simple

05/12/03

Couche physique

Page 14

## Transmission numérique et codage

- Technique la plus simple
- Principe
  - bit de donnée à 0 : tension -a volts
  - bit de donnée à 1 : tension +a volts
- Inconvénient : pas de transitions lorsque de longues successions de 0 ou de 1 ⇒ difficulté de synchronisation

05/12/03

Couche physique

Page 11

## Codage NRZ

05/12/03

Couche physique

Page 15

## Signaux numériques

- Représentation
  - Deux niveaux de tension
  - Impulsion ou non de lumière
- Utilisation d'un codage pour la transmission
  - Maximiser le nombre de changements d'états
  - Diminuer la largeur de bande
  - Transposer celle-ci vers des fréquences élevées

05/12/03

Couche physique

Page 12

## Codage NRZI

- Variante du codage NRZ
- Principe :
  - Bit de donnée à 0 : la tension est inversée
  - Bit de donnée à 1 : la tension reste la même
- Avantage si le signal reste de longues périodes à 0.

05/12/03

Couche physique

Page 16

## Codage Manchester

- Principe :
  - Une transition est introduite au milieu de l'intervalle significatif
  - Bit de donnée à 0 : un front descendant
  - Bit de donnée à 1 : un front montant
- Avantage : décale le spectre du signal vers des fréquences plus élevées.

05/12/03

Couche physique

Page 17

## Transmission analogique et modulation

05/12/03

Couche physique

Page 21

## Codage Manchester différentiel

- Principe :
  - Une transition est introduite au milieu de l'intervalle significatif
  - Bit de donnée à 0 : une transition au début de l'intervalle
  - Bit de donnée à 1 : pas de transition au début de l'intervalle
- Avantage : meilleur immunité au bruit

05/12/03

Couche physique

Page 18

## Signaux analogiques

- Représentation
  - Signal élémentaire  $g(t) = A \sin(f \cdot t + \varphi)$ 
    - $g(t)$  amplitude à l'instant  $t$
    - $A$  amplitude maximale
    - $f$  : fréquence (en hertz) = nombre de périodes ou oscillations par seconde
    - $t$  : temps (en secondes)
    - $\varphi$  : phase (décalage par rapport à l'origine)

05/12/03

Couche physique

Page 22

## Codage de Miller

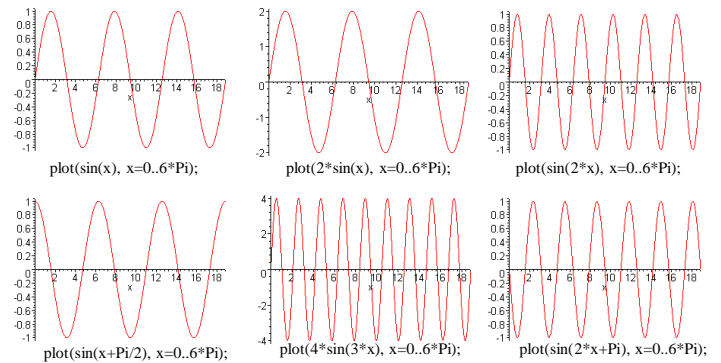
- Principe
  - Bit de donnée à 0 : une transition à la fin de l'intervalle si le bit suivant est aussi un 0
  - Bit de donnée à 1 : une transition au milieu de l'intervalle
- Le spectre associé à ce codage est très étroit.

05/12/03

Couche physique

Page 19

## Exemples



05/12/03

Couche physique

Page 23

## Codage bipolaire simple (d'ordre 1)

- Codage à 3 niveaux
- Principe
  - Bit de donnée à 0 : niveau 0 volt
  - Bit de donnée à 1 : niveau +a volts et -a volts en alternance
- Permet de grandes vitesses de transmission mais sensible au bruit

05/12/03

Couche physique

Page 20

## Transmission analogique

- = transmission par modulation
- Le signal analogique représente une forme sinusoïdale appelée porteuse
- On module un ou plusieurs paramètres de ce signal pour transporter l'information

05/12/03

Couche physique

Page 24

## Modulation

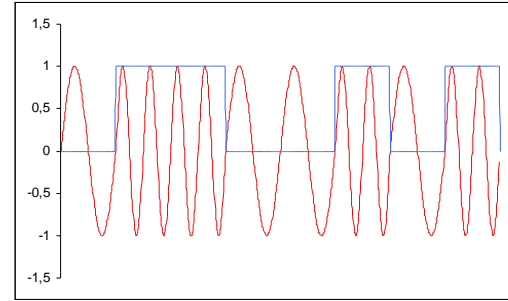
- Types de modulation
  - Modulation d'amplitude
  - Modulation de fréquence
  - Modulation de phase

05/12/03

Couche physique

Page 25

## Modulation de fréquence



05/12/03

Couche physique

Page 29

## Modulation d'amplitude

- ASK (Amplitude Shift Keying)
- Exemple : modulation à 2 niveaux d'amplitude
  - amplitude 1 pour coder 0
  - amplitude 2 pour coder 1
- Peu utilisée telle quelle

05/12/03

Couche physique

Page 26

## Modulation de phase

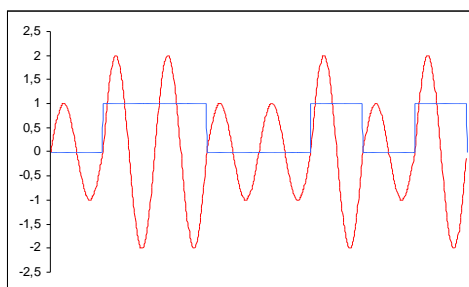
- PSK (Phase Shift Keying)
- Exemple : modulation à 4 niveaux de phase
  - Phase de  $0^\circ$  pour 01
  - Phase de  $90^\circ$  pour 00
  - Phase de  $180^\circ$  pour 10
  - Phase de  $270^\circ$  pour 11
- La modulation de phase est la plus employée dans les modems

05/12/03

Couche physique

Page 30

## Modulation d'amplitude

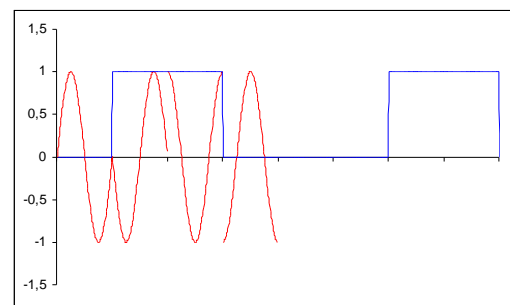


05/12/03

Couche physique

Page 27

## Modulation de phase



05/12/03

Couche physique

Page 31

## Modulation de fréquence

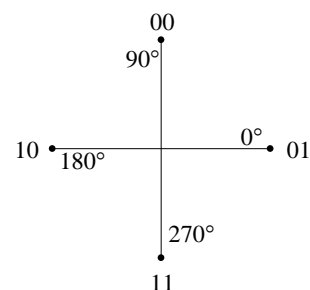
- FSK (Frequency Shift Keying)
- Exemple : modulation à 2 niveaux de fréquence
  - Un niveau de fréquence pour 0
  - Un niveau de fréquence pour 1
- Ce type de modulation réclame de grandes largeurs de bande passante

05/12/03

Couche physique

Page 28

## Diagramme spatial



05/12/03

Couche physique

Page 32

## Cas de figures de transmission

05/12/03

Couche physique

Page 33

## Échantillonnage

- Elle consiste à prélever des échantillons du signal à une cadence déterminée.
- Théorème de Shannon
  - $F_e \geq 2 * F_{max}$
  - La fréquence d'échantillonnage  $F_e$  doit être au moins le double de la fréquence maximale  $F_{max}$  du signal à échantillonner

05/12/03

Couche physique

Page 37

## Transmission d'un signal

- Quatre situations possibles selon que
  - le signal d'origine est
    - numérique
    - ou analogique
  - et que le transfert s'effectue sous une forme
    - numérique
    - ou analogique

05/12/03

Couche physique

Page 34

## Quantification/Codage

- L'amplitude de chaque échantillon est quantifiée.
- Le codage de l'échantillon sur n bits est alors obtenu.
- Exemples de codages
  - Codage MIC sur 8 bits
  - Codage Compact disc sur 16 bits

05/12/03

Couche physique

Page 38

## Signal analogique / transfert analogique

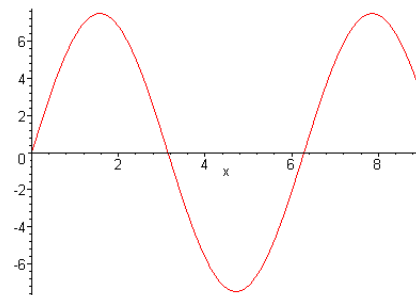
- C'est le cas de la transmission du son et de l'image télédiffusés.
- Une technique de modulation est utilisée.

05/12/03

Couche physique

Page 35

## Exercice



Prélever 10 échantillons et coder sur 4 bits

05/12/03

Couche physique

Page 39

## Signal analogique / transfert numérique

- C'est le cas du réseau téléphonique Numéris
- Il s'agit de la « Numérisation » du signal au moyen d'une conversion analogique-numérique en émission et d'une conversion inverse en réception
- Deux opérations sont nécessaires à l'émission :
  - Échantillonnage
  - Quantification/codage

05/12/03

Couche physique

Page 36

## MIC

- Modulation par Impulsions Codées
- Il s'agit de la technique de numérisation la plus répandue.
- Le signal vocal ( $F_{max} \leq 4000$ ) est échantillonné toutes les  $125 \mu s$ , soit 8000 fois par seconde, et codé sur 8 bits.
- Le débit est alors de 64 Kbps (Numéris).
- PCM : version américaine (codage sur 7 bits)

05/12/03

Couche physique

Page 40

## Signal numérique / transfert analogique

- Utilisation de modems
- Ceux-ci permettent d'adapter le signal au moyen d'une conversion numérique-analogique par modulation en émission et d'une conversion inverse par démodulation en réception

05/12/03

Couche physique

Page 41

## Affaiblissement

- Perte de puissance du signal émis
- $A = 10 \log_{10}(P_{\text{source}}/P_{\text{destination}})$
- Exprimé en décibel
- Gain = inverse de l'affaiblissement
- Utilisation d'amplificateurs ou répéteurs pour contrer l'affaiblissement

05/12/03

Couche physique

Page 45

## Signal numérique / transfert numérique

- Utilisation de codeurs
- Ceux-ci permettent d'adapter le signal au moyen d'un codage en bande de base.

05/12/03

Couche physique

Page 42

## Distorsion

- Distorsion d'amplitude
  - Augmentation ou diminution de l'amplitude normale du signal
- Distorsion de phase
  - Déphasage intempestif du signal par rapport à la porteuse

05/12/03

Couche physique

Page 46

## Déformation des signaux

05/12/03

Couche physique

Page 43

## Bruits

- Bruits blancs
  - Agitation thermique dans les conducteurs
- Bruits impulsifs
  - Signaux parasites
  - Diaphonie entre voies

05/12/03

Couche physique

Page 47

## Type de déformations

- Affaiblissement
- Distorsion
- Bruits

05/12/03

Couche physique

Page 44

## Caractéristiques de transmission

05/12/03

Couche physique

Page 48

## Intervalle significatif

- Intervalle significatif (en secondes) T
  - durée pendant laquelle le signal ne varie pas
- Rapidité de modulation R (en bauds)
  - nombre d'intervalles significatifs par seconde

$$R = 1/T$$

05/12/03

Couche physique

Page 49

## Formule de Shannon

- Capacité maximale  $C_{max}$  d'un support de largeur de bande W
- $C_{max} = W \log_2(1 + S/N)$  où :
  - S puissance du signal
  - N puissance du bruit
- Pour le téléphone :
  - $C_{max} = 31000$  b/s si  $S/N = 1000$  (30 db)
  - $C_{max} = 20000$  b/s si  $S/N = 100$  (20 db)

05/12/03

Couche physique

Page 53

## Valence et débit

- Valence V
  - nombre de niveaux significatifs d'un signal (modulé)
- Vitesse de transmission ou débit binaire D
  - Nombre de bits transmis en une seconde

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

05/12/03

Couche physique

Page 50

## Vitesse de propagation

- Fonction de :
  - La nature du support
  - La distance
  - La fréquence du signal
- Transmission radioélectrique par satellite
  - 300 000 km/s

05/12/03

Couche physique

Page 54

## Bande passante

- Largeur de bande (bandwidth)
- C'est l'intervalle de fréquences pour lequel les signaux subissent un affaiblissement inférieur ou égal à 3db.
- Exemples
  - téléphone : de 300 à 3400 hz
  - amplificateur

05/12/03

Couche physique

Page 51

## Calcul de temps

- Temps de propagation  $T_p$ 
  - Temps nécessaire à un signal pour parcourir un support d'un point à un autre
- Temps de transmission  $T_t$ 
  - Délai qui s'écoule entre le début et la fin de la transmission d'un message sur une ligne
- Temps d'acheminement
  - $T_a = T_p + T_t$

05/12/03

Couche physique

Page 55

## Critère de Nyquist

- Rapidité de modulation maximale  $R_{max}$  sur un support dont la largeur de bande est W.
  - $R_{max} = 2 * W$
- Pour le téléphone :
  - $R_{max} = 2 * 3100 = 6200$  bauds

05/12/03

Couche physique

Page 52

## Multiplexage

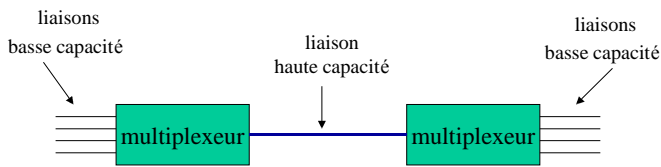
05/12/03

Couche physique

Page 56

## Principe

- Partager le même canal de communication.



- Intérêt : point de vue économique.

05/12/03

Couche physique

Page 57

## Exemple 2/2

- Le RTC possède une structure hiérarchique donnée par le tableau suivant :

Groupe	Nombre de voies	Bande passante
primaire	12	60-108 khz
secondaire	60 (12*5)	312-552 khz
tertiaire	300 (60*5)	812-2044 khz
quaternaire	900 (300*3)	8616-12338 khz

05/12/03

Couche physique

Page 61

## Types de multiplexage

- Le partage de la ligne à haut débit peut être effectué par une technique de :
  - Multiplexage fréquentiel (FDM : Frequency Division Multiplexing)
  - Multiplexage temporel (TDM : Time Division Multiplexing)

05/12/03

Couche physique

Page 58

## Multiplexage temporel

- La bande passante de la ligne à haut débit est affectée périodiquement à chaque ligne à bas débit pendant des intervalles de temps (IT) constants.
- Ce type de multiplexage est utilisé :
  - pour la transmission de signaux numériques,
  - En considérant la possibilité de transmettre 1 bit ou 1 caractère par IT.

05/12/03

Couche physique

Page 62

## Multiplexage fréquentiel

- La bande passante de la ligne à haut débit est divisée en sous-bandes à l'aide de techniques de modulation et de filtrage.
- Pour limiter les interférences, une bande de garde est nécessaire entre chaque canal.
- Ce type de multiplexage est utilisé :
  - pour la transmission de signaux analogiques,
  - par câble ou voie hertzienne,
  - pour des applications telles que le téléphone, la radio ou la télévision.

05/12/03

Couche physique

Page 59

## Signalisation

- Les informations de service sont appelées signalisation. Elles concernent la gestion de la transmission.
- La signalisation concernant un canal peut être placée :
  - avec les données (signalisation dans la bande),
  - sur un canal séparé (signalisation hors bande).

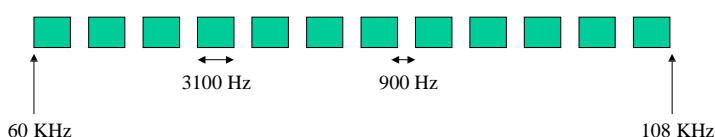
05/12/03

Couche physique

Page 63

## Exemple 1/2

- Le groupe primaire du RTC correspond à un multiplexage de 12 voies.

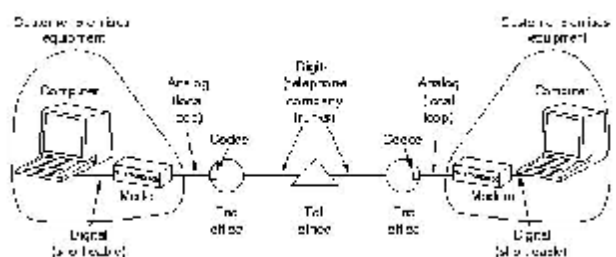


05/12/03

Couche physique

Page 60

## Transmission entre deux ordinateurs



05/12/03

Couche physique

Page 64



## Exemple 1/2

- Un codage MIC permet d'effectuer la transmission d'un signal analogique (par exemple, la voix) sur liaison numérique.
- Un multiplexage MIC de base est constitué en Europe (technique E1) de :
  - 30 voies basse vitesse,
  - 1 voie de synchronisation,
  - 1 voie de signalisation.

## Exemple 2/2

- La structure de la trame MIC est définie comme suit :

