

# Architecture des ordinateurs

---

## 31 - Les interfaces d'entrées-sorties

Philippe Darche  
IUT Paris Descartes

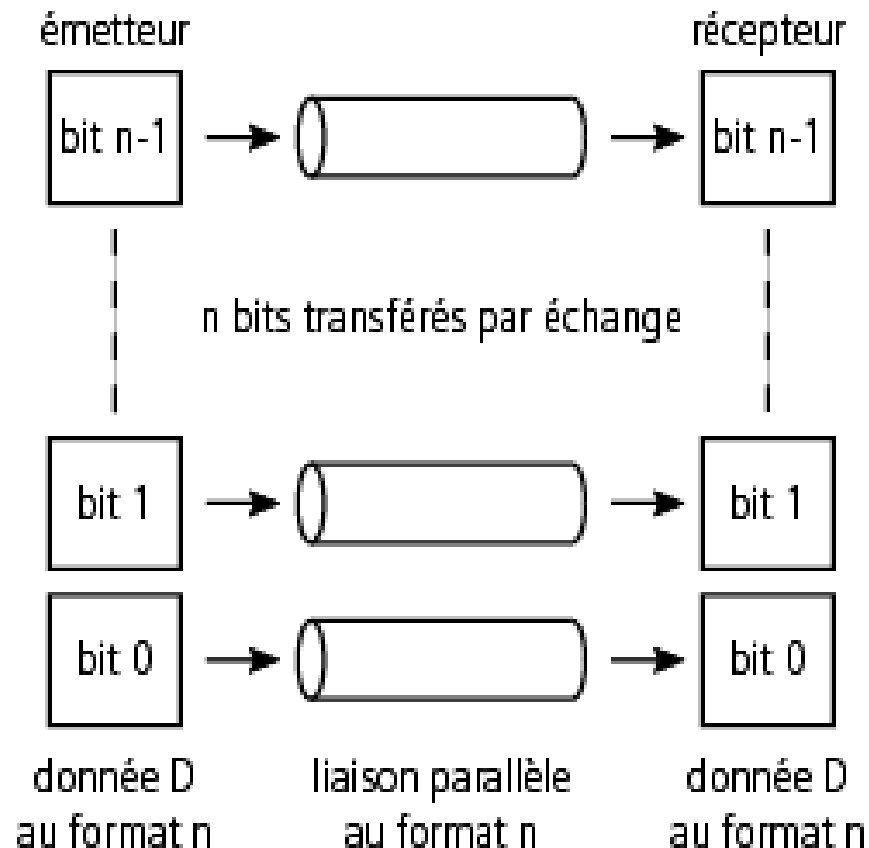
# Introduction : types de liaison (rappel)

---



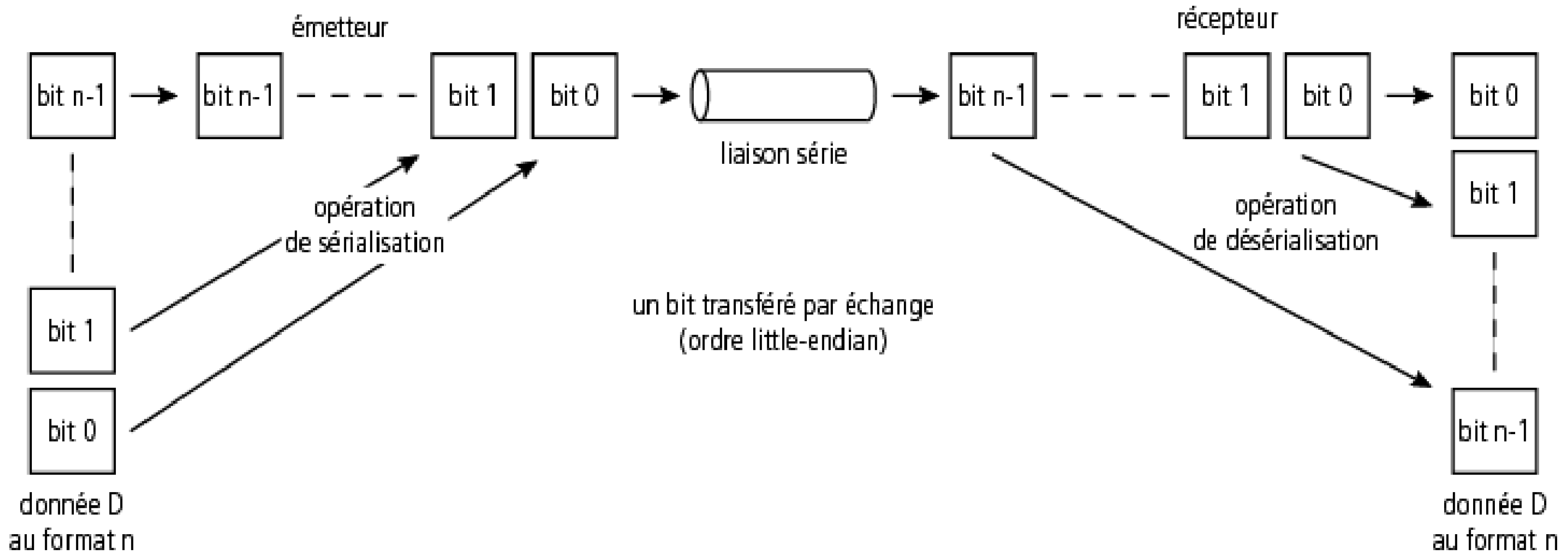
# Connexion entre deux points

- Liaison parallèle avec transfert parallèle

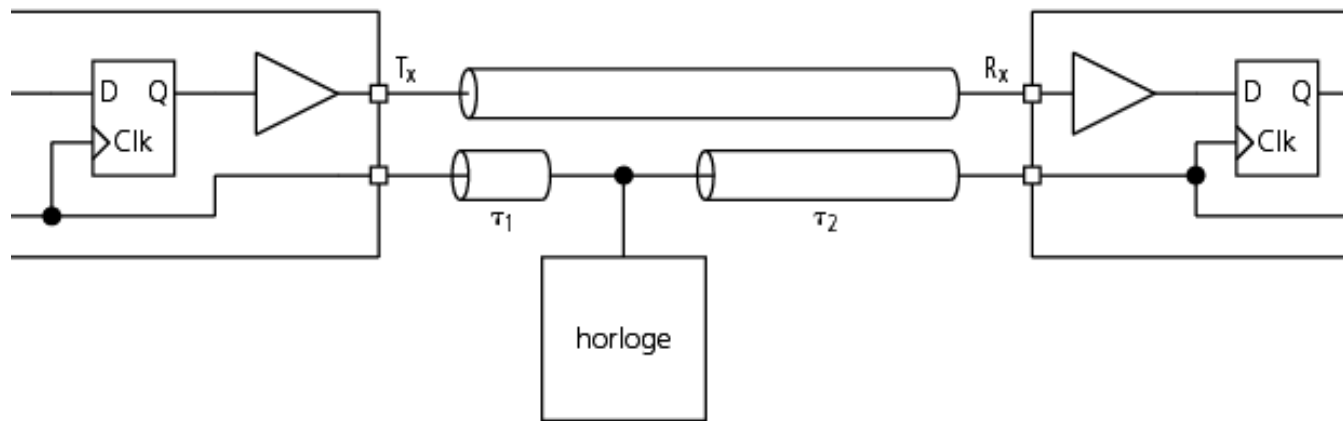
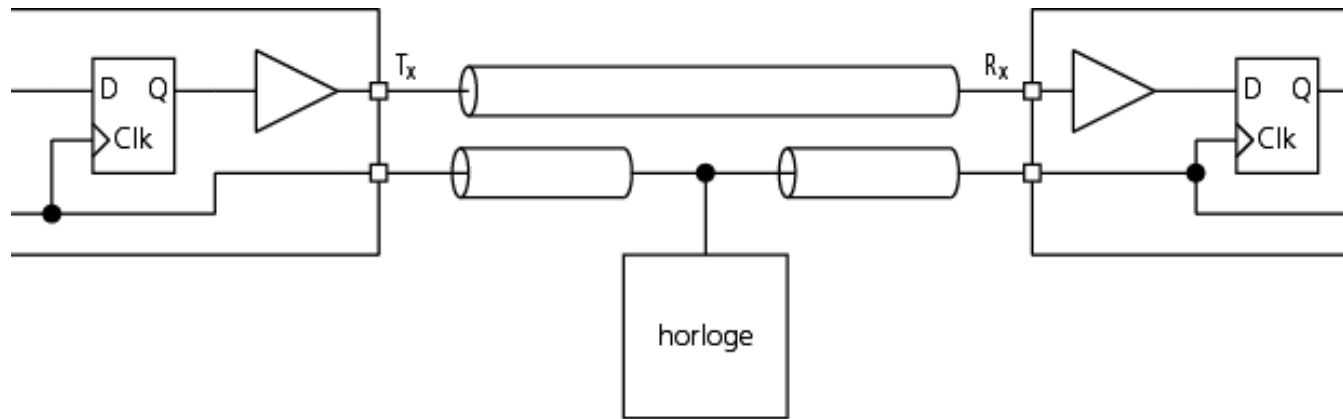


# Connexion entre deux points

## □ Liaison série (transfert série)



# Communication synchrone

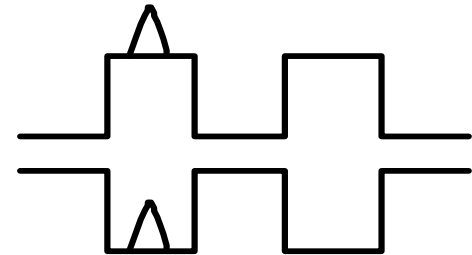
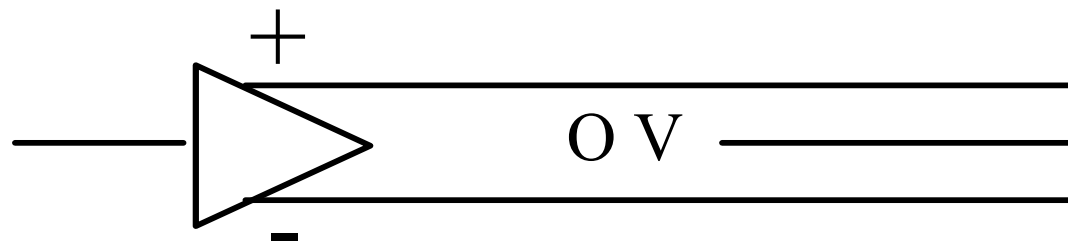
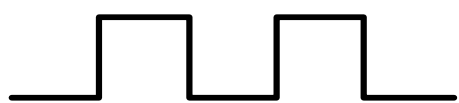
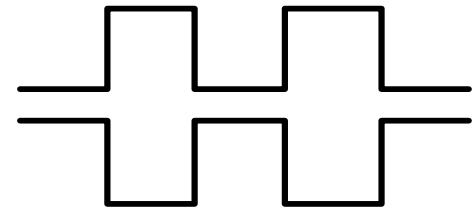
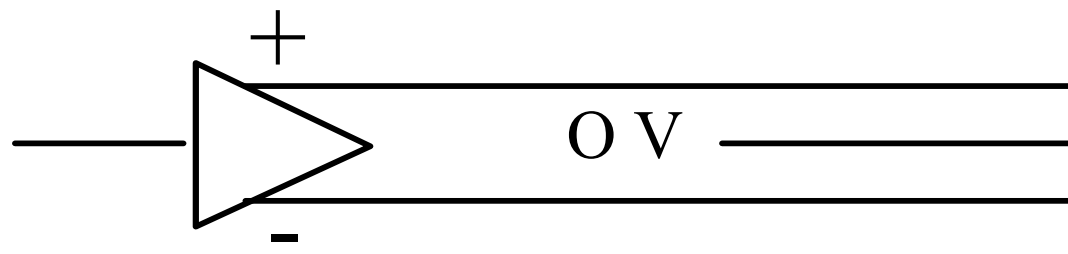
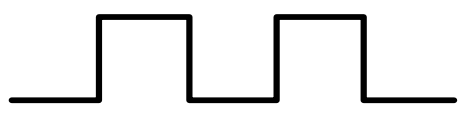
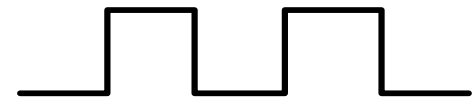
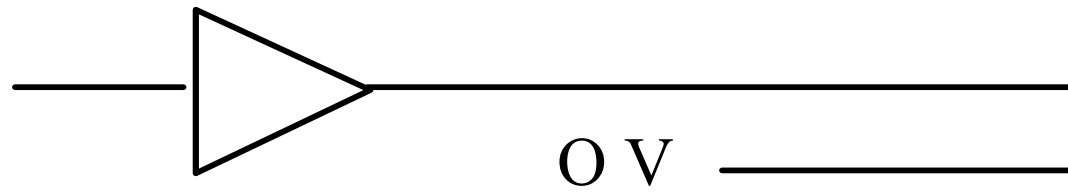
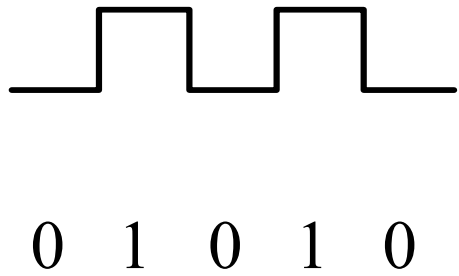


# Horloges indépendantes

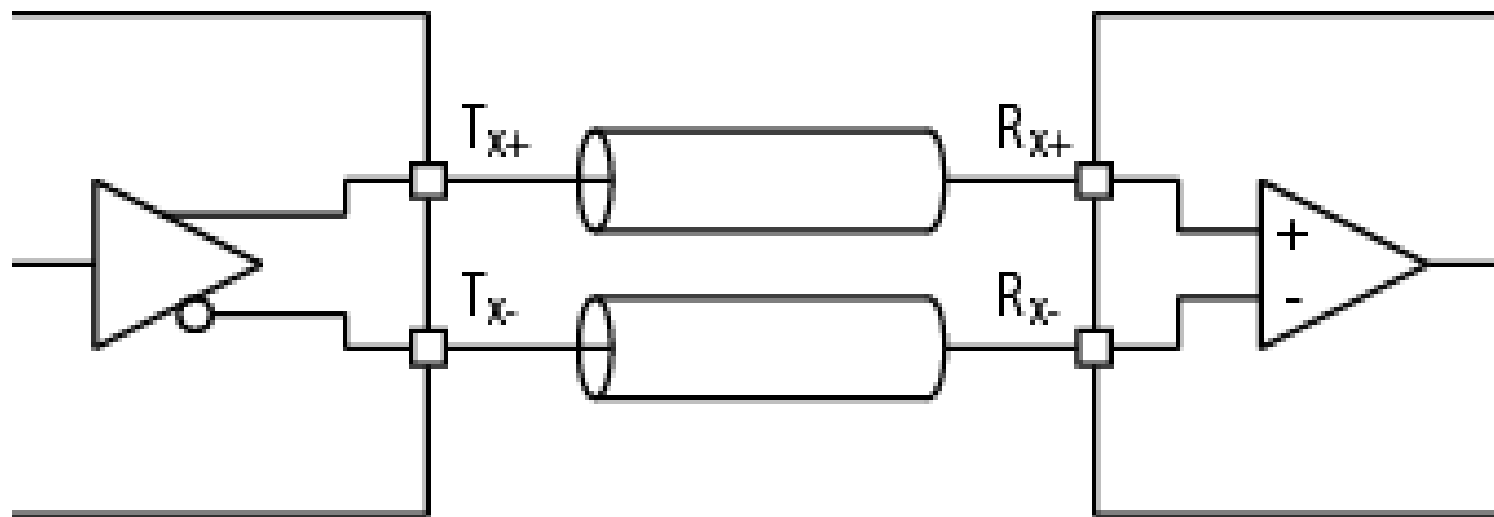
## □ Communication asynchrone



# Lignes asymétrique et différentielle



# Liaison différentielle



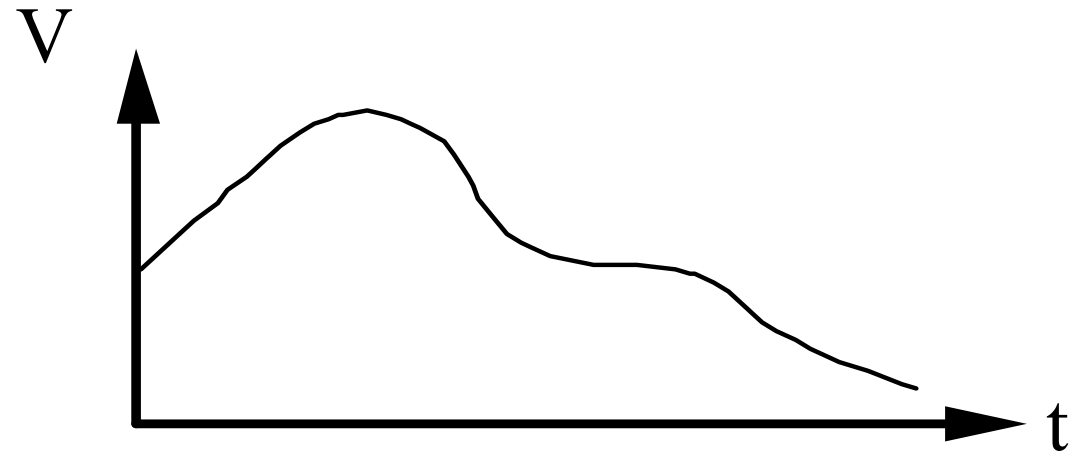
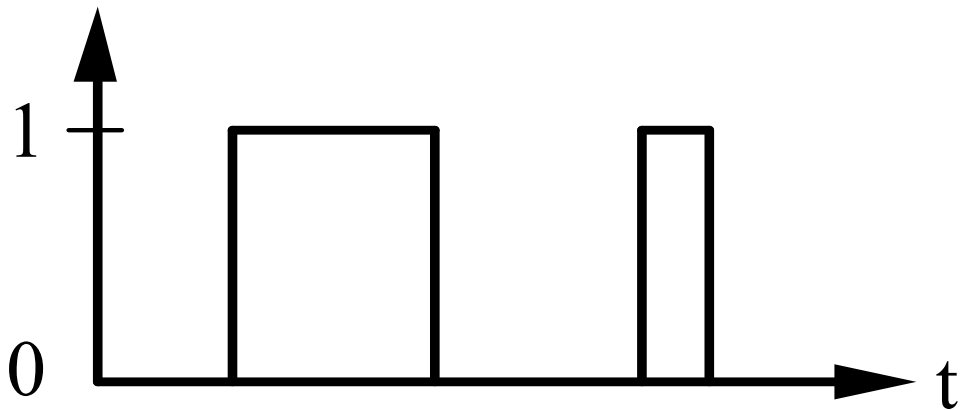
# Le problème des E/S

---

- Entrer et sortir des informations
  - logiques
    - périphériques les plus simples
      - l'interrupteur
      - la LED
  - analogiques
    - besoin d'une conversion

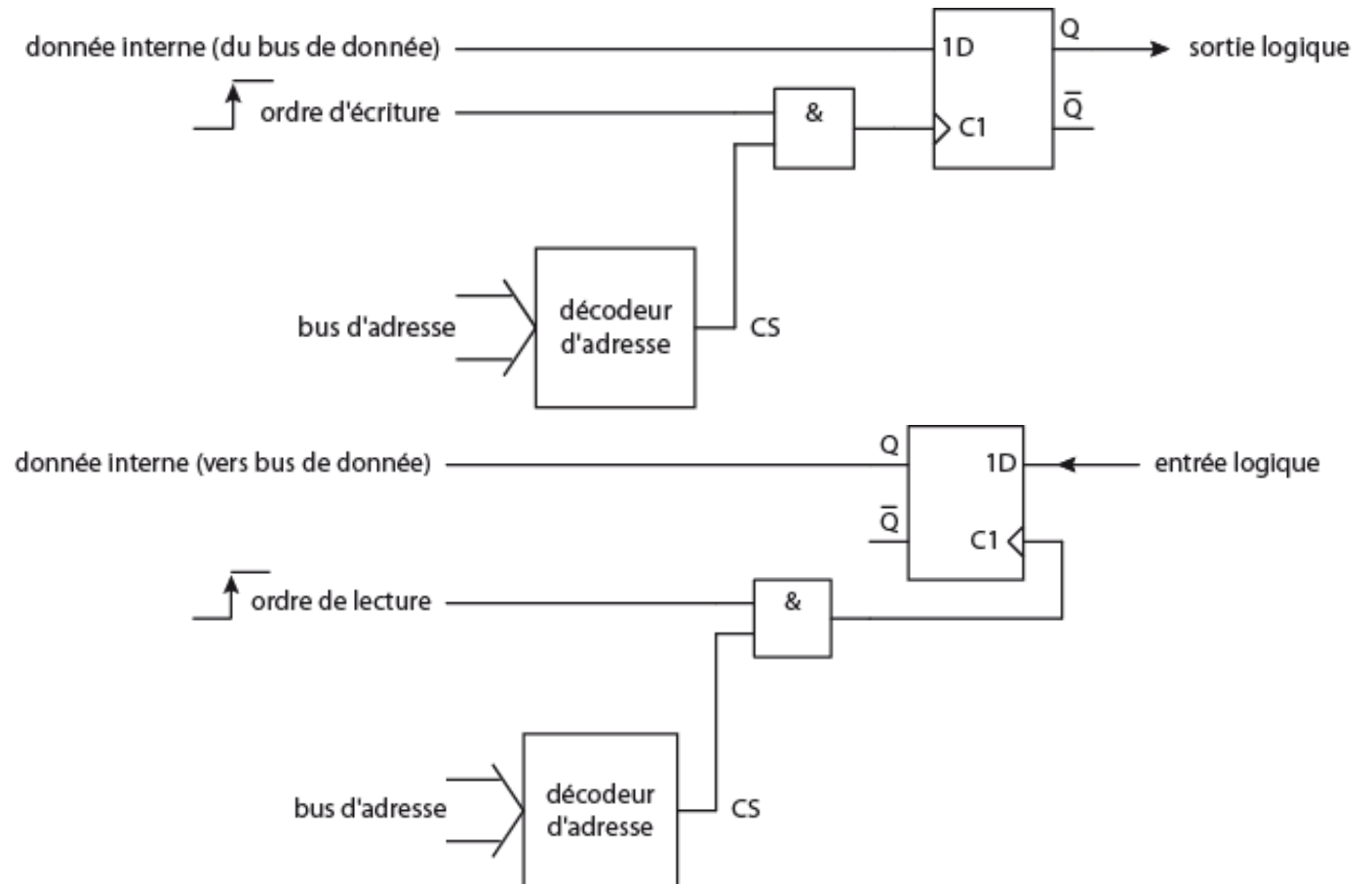
# Signaux logique et analogique

- Temps continu
- Amplitude discrète ou continue



# E/S logique

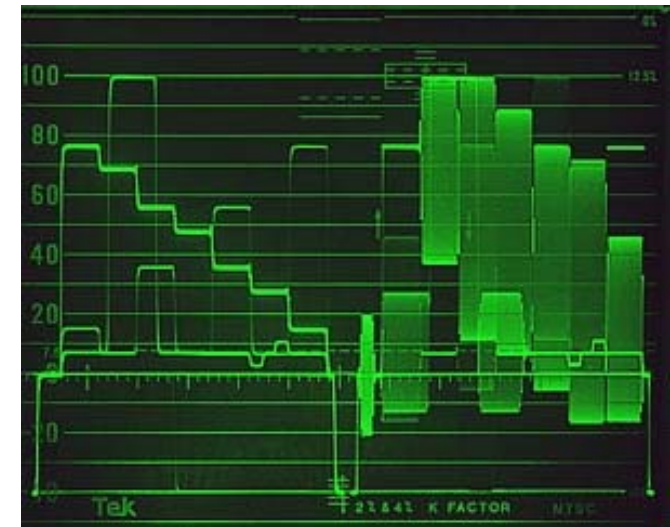
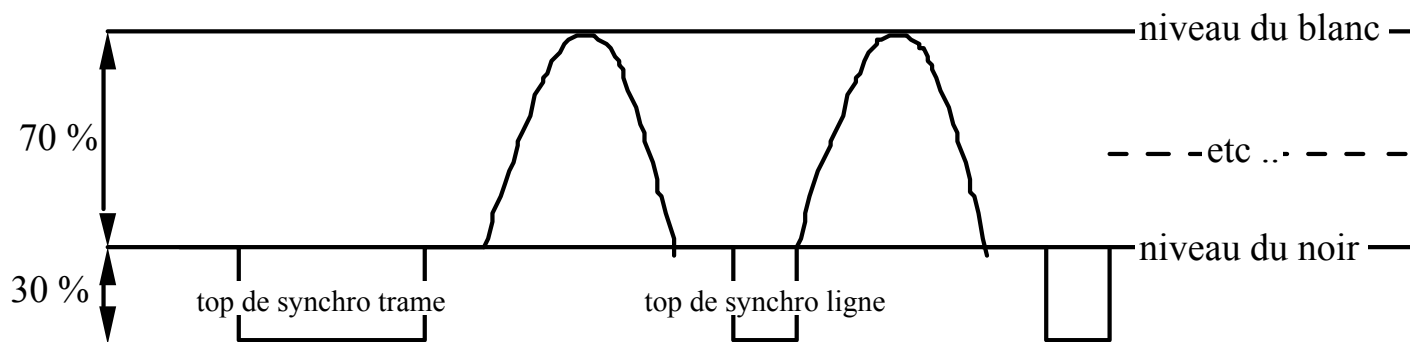
- Définir une adresse et un format de sortie
- Exemples



# Exemple d'un signal analogique

## Détail d'un signal vidéo

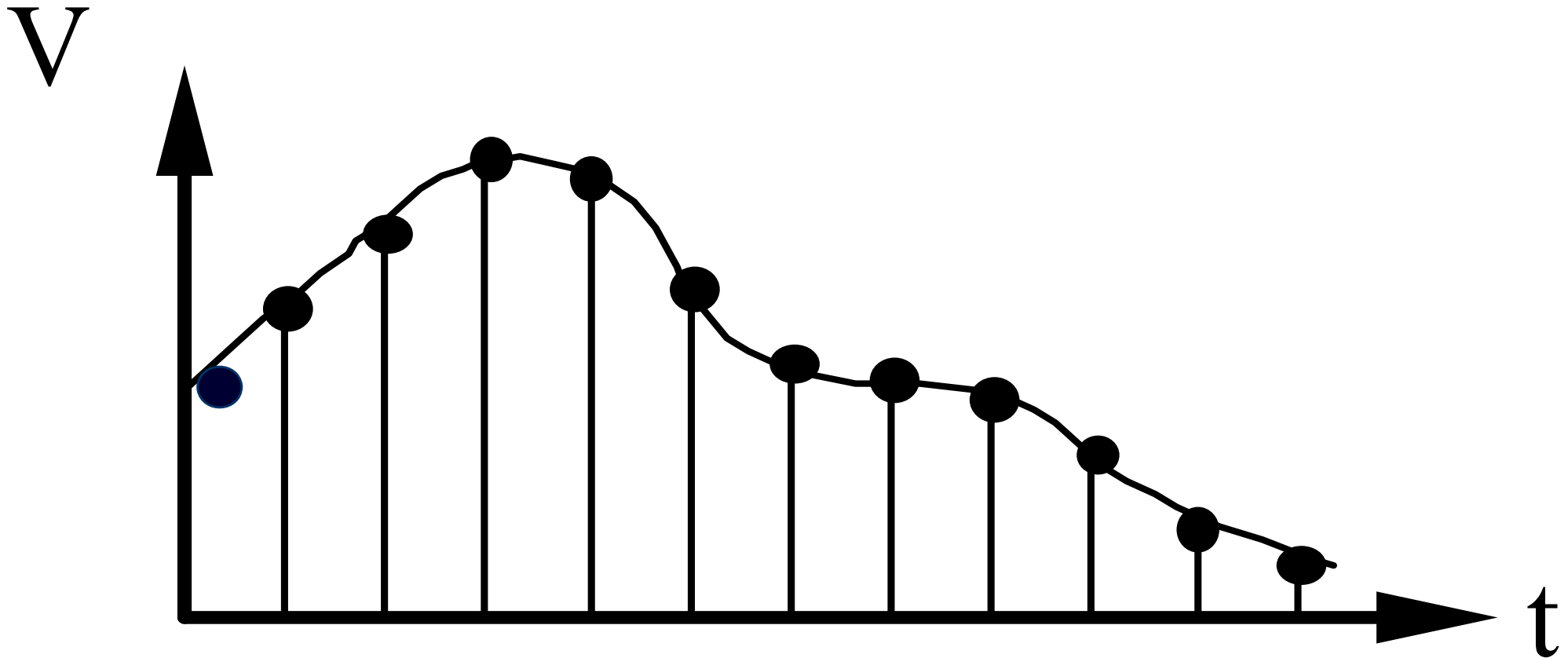
### □ Noir et blanc 1 Vcc - 75 Ω



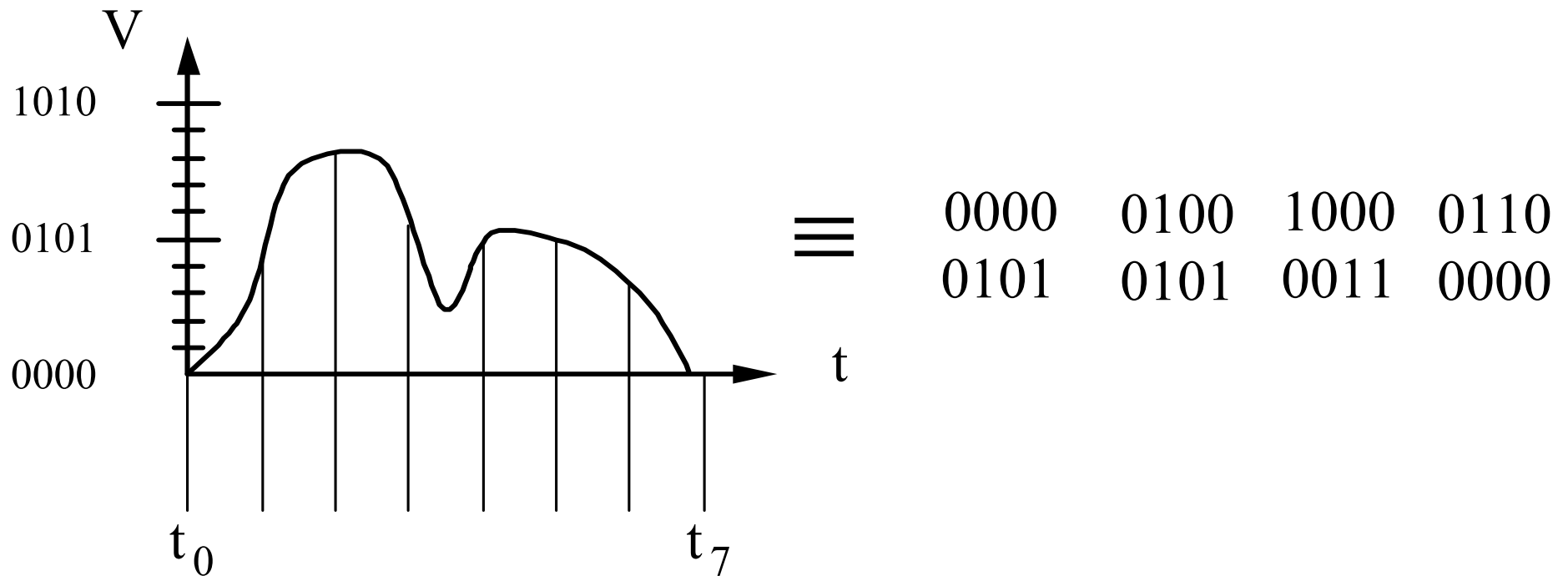
### □ Système 625 lignes PAL-SECAM

- durée d'une ligne : 64  $\mu$ s
- durée d'une trame : 20 ms

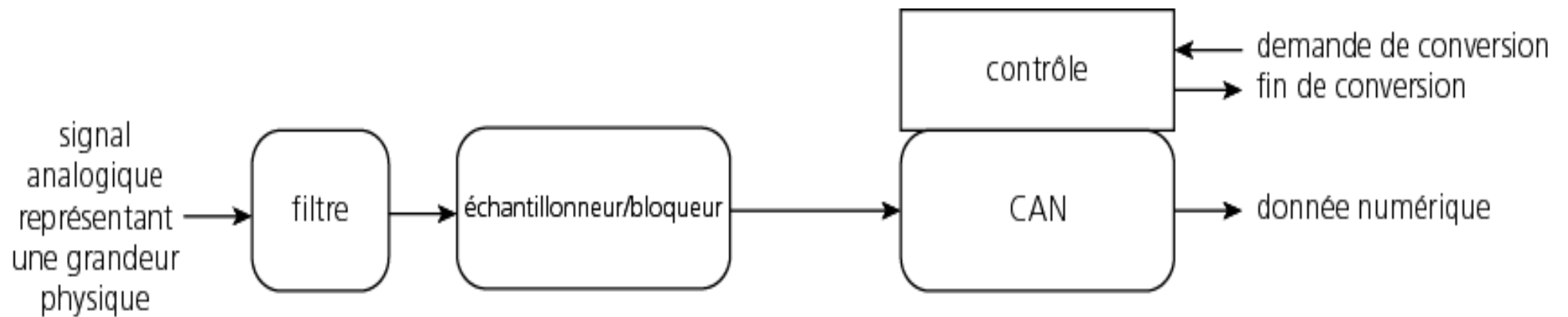
# Acquisition : échantillonnage - blocage



# Conversion analogique-numérique



# Convertisseur Analogique/Numérique (CAN)



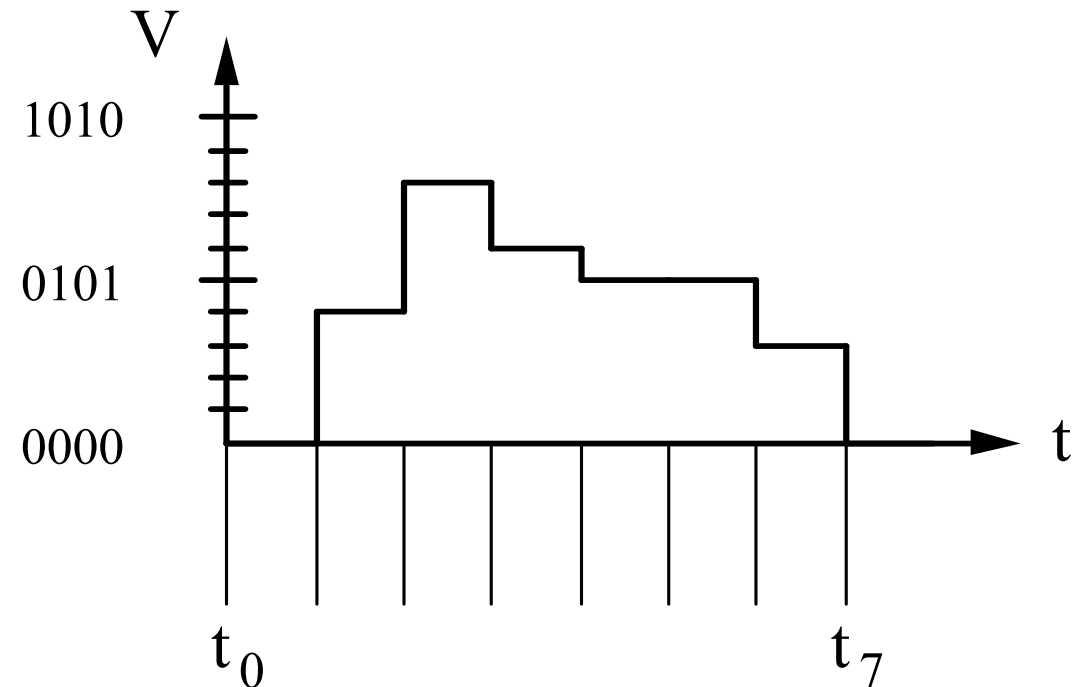
# Conversion numérique- analogique

signal numérique

0000 0100 1000 0110  
0101 0101 0011 0000

≡

signal quantifié



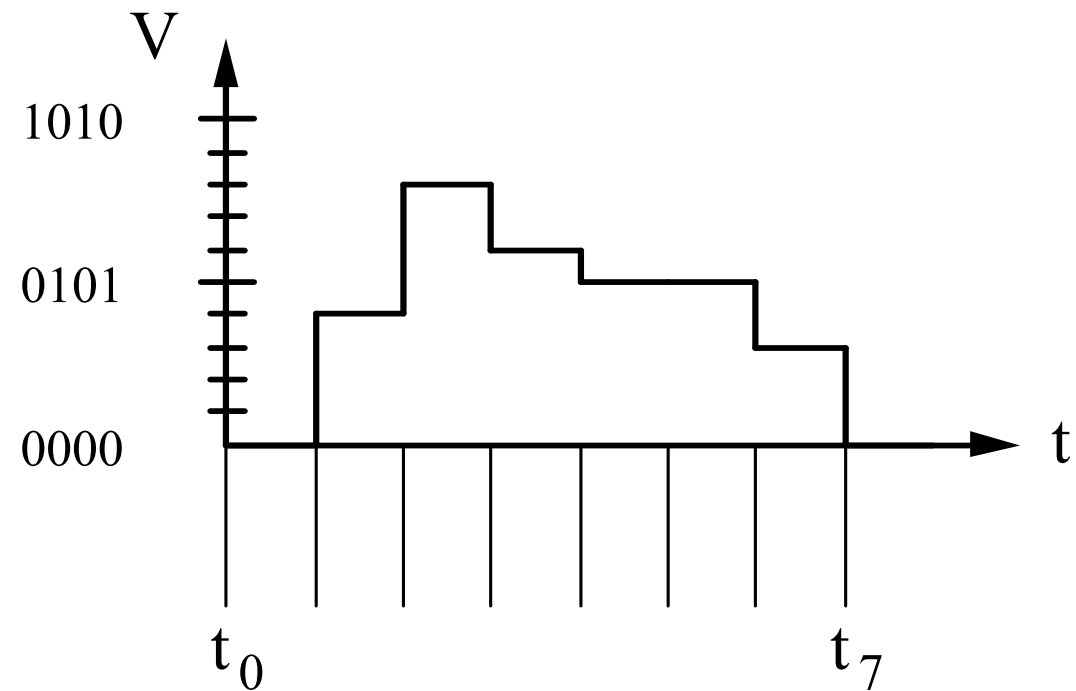
# Conversion numérique- analogique

signal numérique

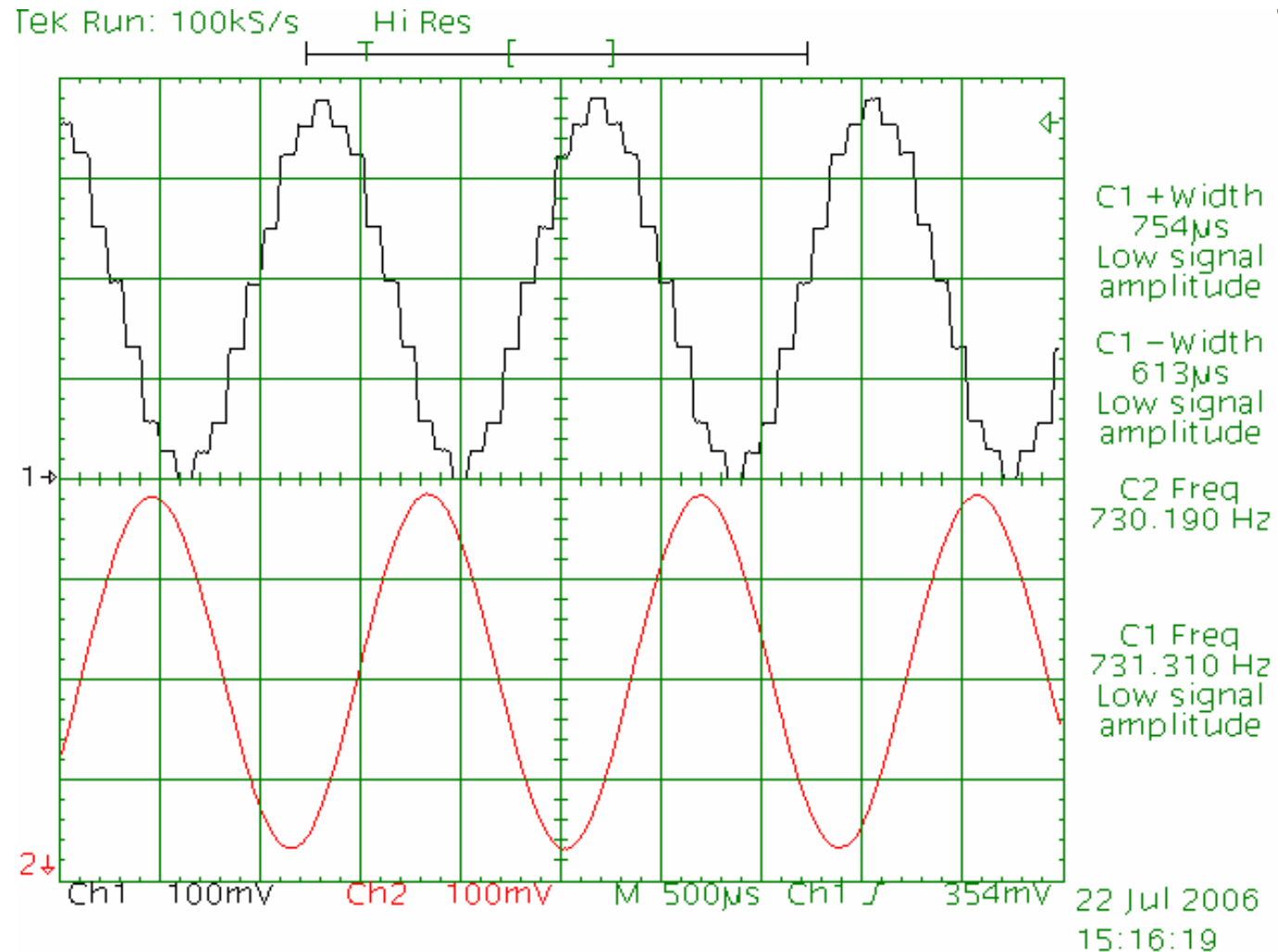
0000 0100 1000 0110  
0101 0101 0011 0000

≡

signal quantifié

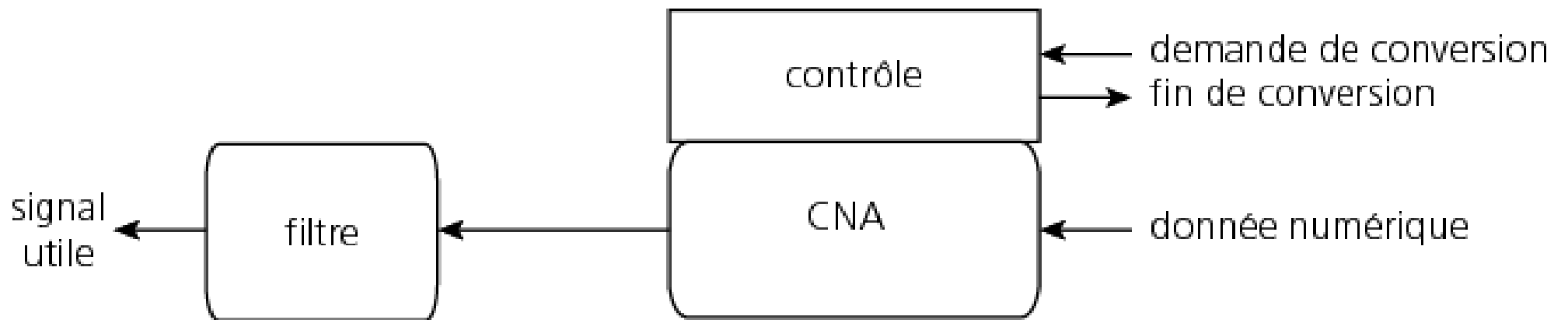


# Après filtrage

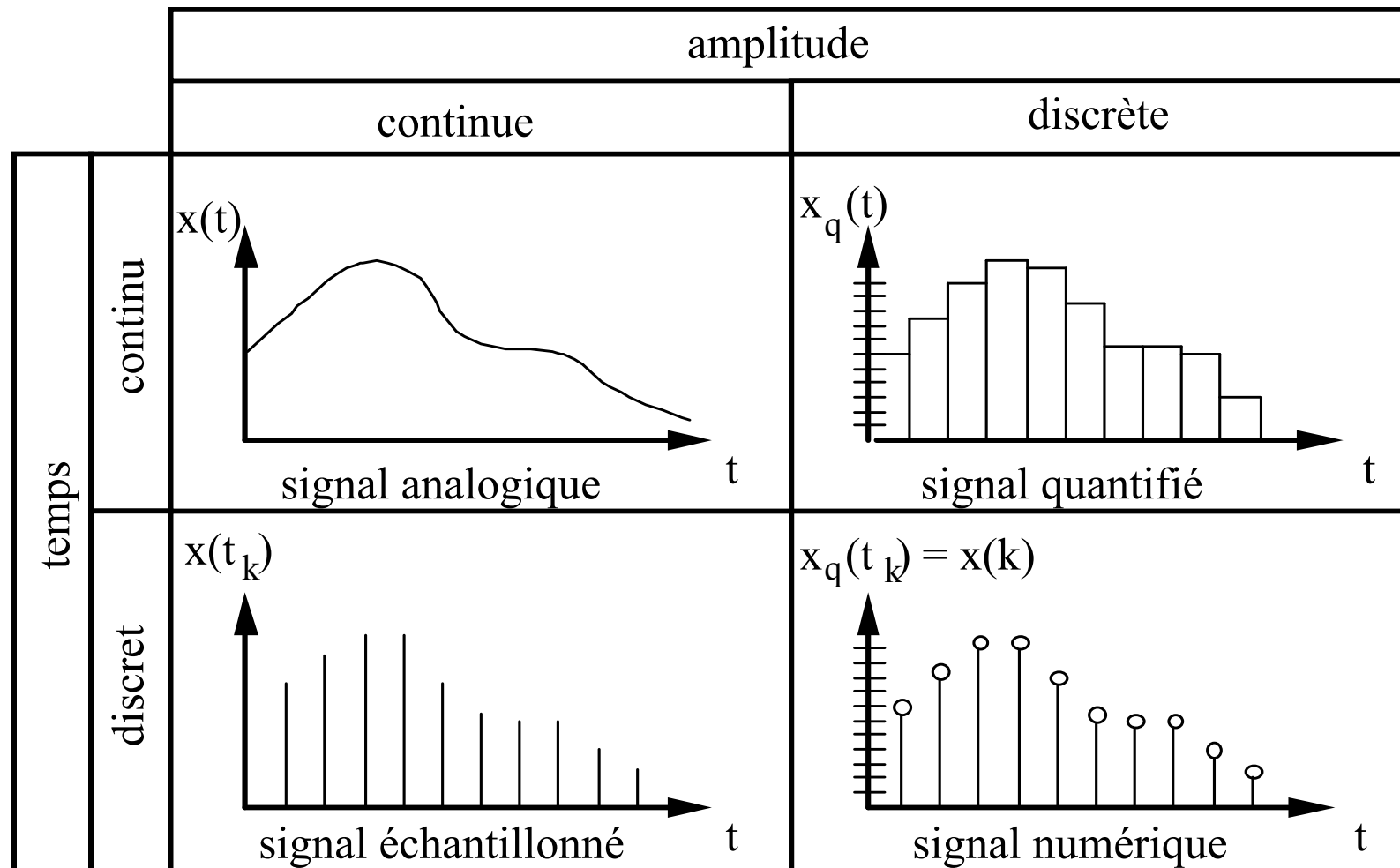


# Convertisseur Numérique/Analogique (CNA)

---



# Synthèse : classification des signaux



# L'interface d'E/S

---

## □ Formes

### ■ carte d'interface

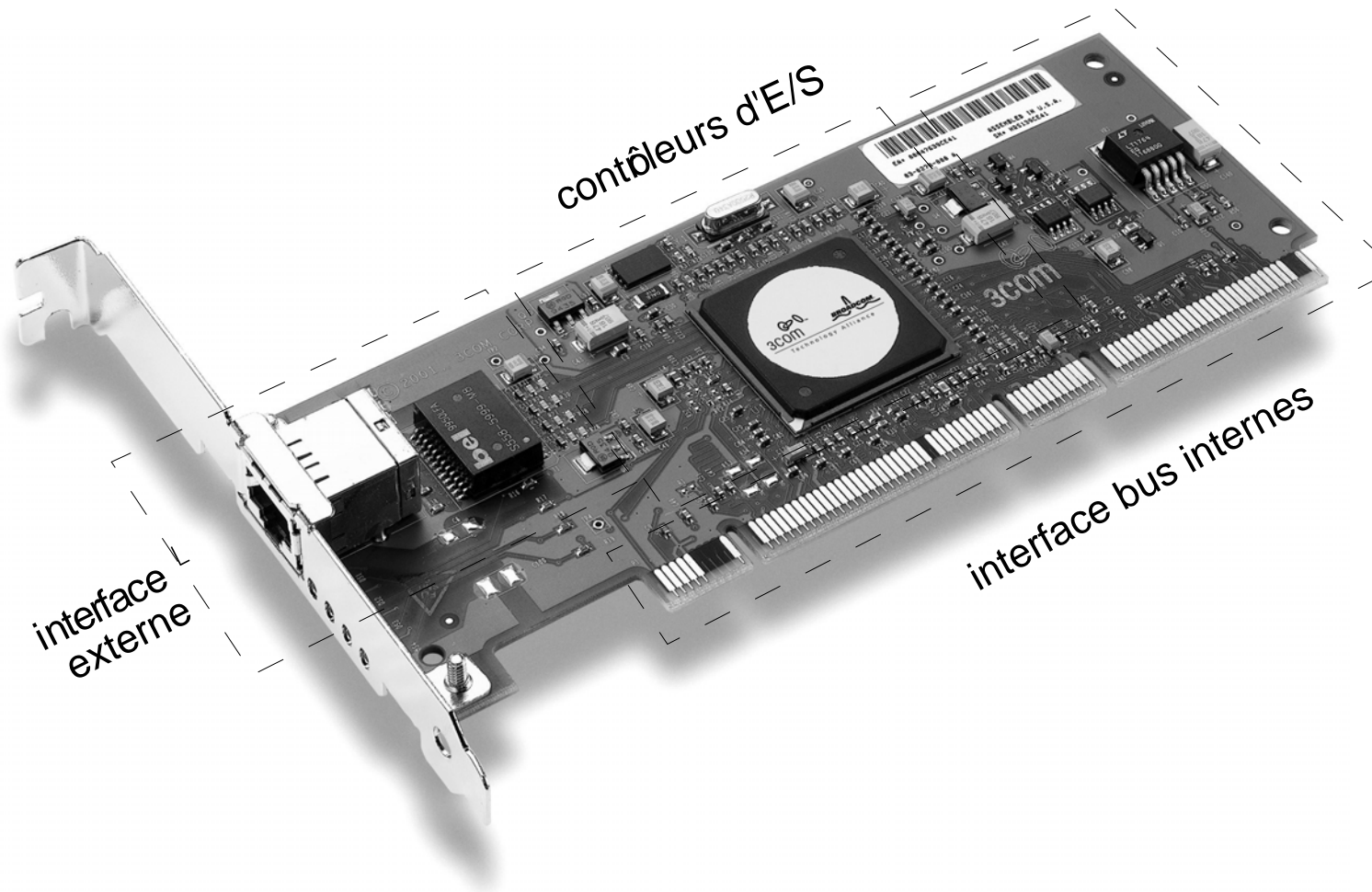
- rôle : étendre les fonctionnalités

### ■ sous-ensemble de composants sur la carte mère

### ■ maintenant intégrée dans un puce

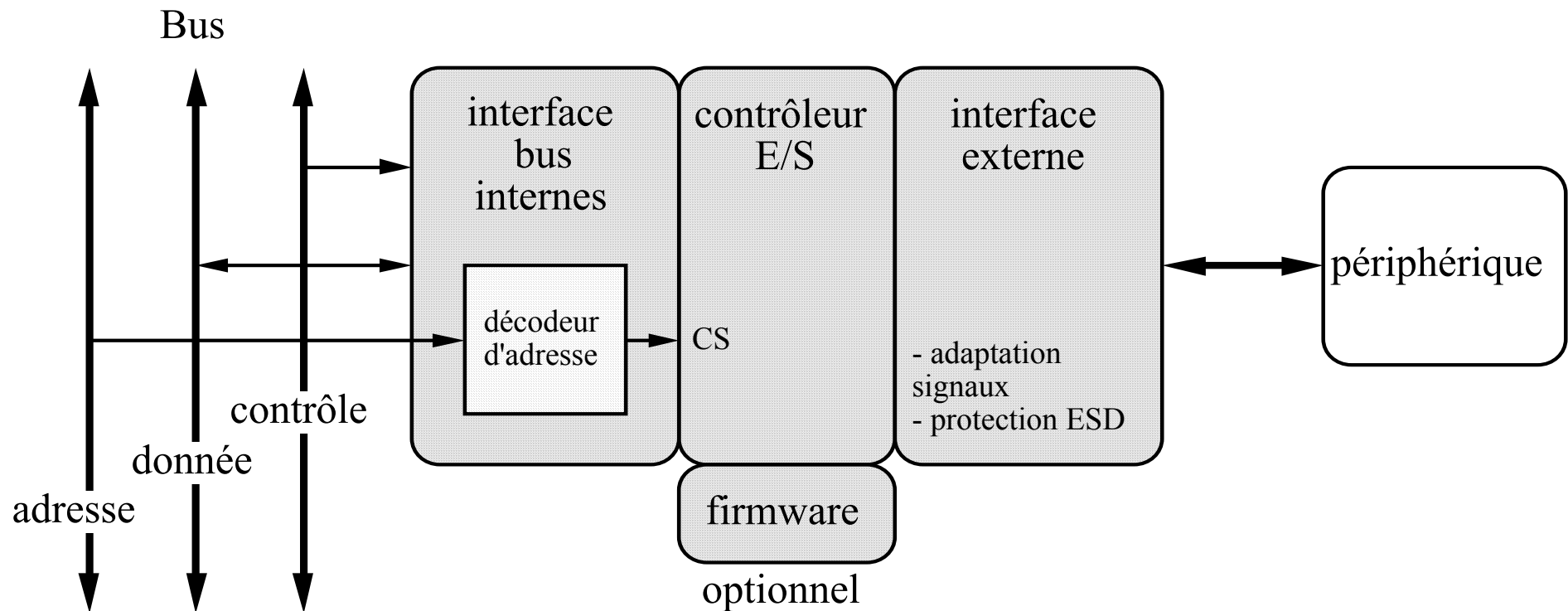
- *chipset* sud (*south bridge*) du PC
- micro-contrôleur

# Un exemple : une carte réseau



# L'interface d'E/S

## □ Structure générique



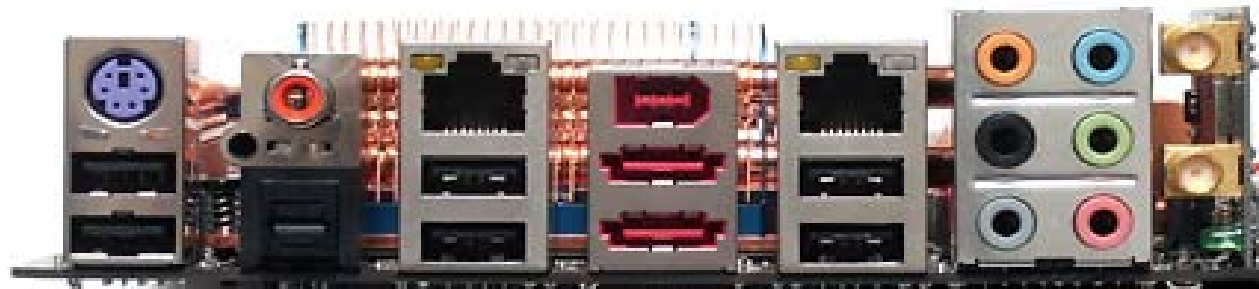
# Les cartes d'extension

---

- Type : fonction du sens du flux de donnée
  - d'entrée
  - de sortie
  - d'entrée-sortie
  
- Caractéristiques mécaniques définies
  - connecteur encartable fonction du bus d'extension
  - format taille normale ou demi-longueur (pour le PC)

# Quelques interfaces d'E/S

- Générique ou fonction spécialisée
  - parallèles
    - Centronics® et IEEE1284 → pour imprimante
    - SCSI → générique
  - séries
    - RS232
    - I2C (PS/2)
    - IrDA → générique
    - USB et IEEE 1394 → générique
  - pour unités de mémoire de masse
    - PATA (*Parallel* ATA)
    - SATA (*Serial* ATA) et e-SATA (*external* SATA)
  - graphique, réseau, son, etc.



# La ROM de la carte d'extension

---

- *Firmware* supplémentaire
- Même esprit que le BIOS sur la carte mère
  - routines de gestion du contrôleur
  - *Power-On Self-Test* (POST)
  - initialisation/configuration
  - programmes spécifiques
    - exemple : boot par réseau (*boot by LAN*)
- Signature binaire : 55h puis AAh

# Caractéristiques

---

- Type de bus internes (*i.e.* d'extension)
- Connexion externe
- Carte intelligente ou esclave
- Configuration
  - matérielle par cavaliers (*jumper*) → obsolète
  - et/ou logicielle → utilitaires
  - automatique (*Plug-and-Play* ou PnP)  
ou intervention spécifique

# Programmation d'un contrôleur d'E/S

---

- Utilisation d'un ensemble de registres
- Registre = case mémoire élémentaire
  - accessible comme une mémoire
    - une adresse
    - accessible en lecture et en écriture
- Types
  - les fondamentaux : donnée, contrôle, commande et état
  - les autres : spécialisation selon le type de contrôleur

# Adressage des contrôleurs

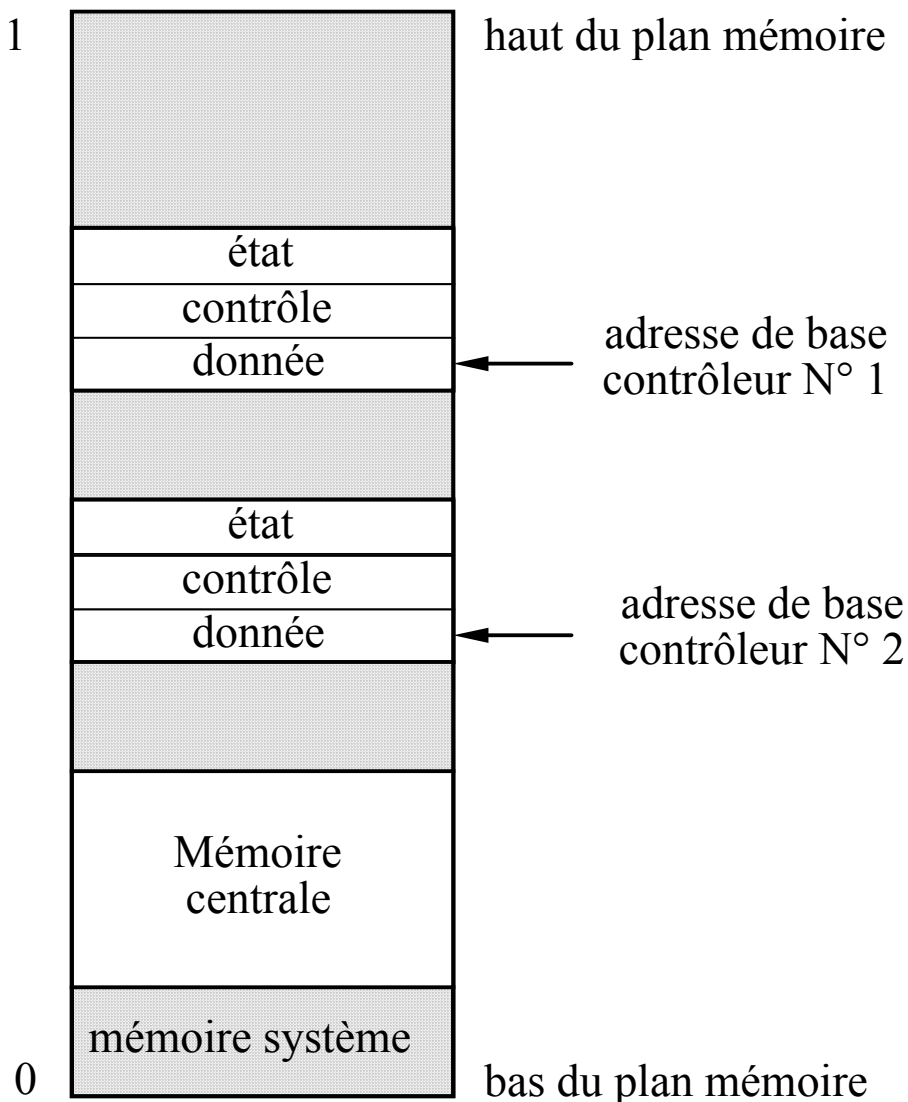
---

- Entrée-sortie en mémoire (Memory-mapped I/O)
  - adressage indifférencié mémoire-E/S
  - "philosophie" Motorola
- Port d'entrée-sortie (Port I/O)
  - bus d'adresse et instructions spécifiques
  - "philosophie" Intel

# Le plan mémoire (*memory map*) et l'adresse de base du contrôleur

- Entrée-sortie  
en mémoire

$2^n - 1$

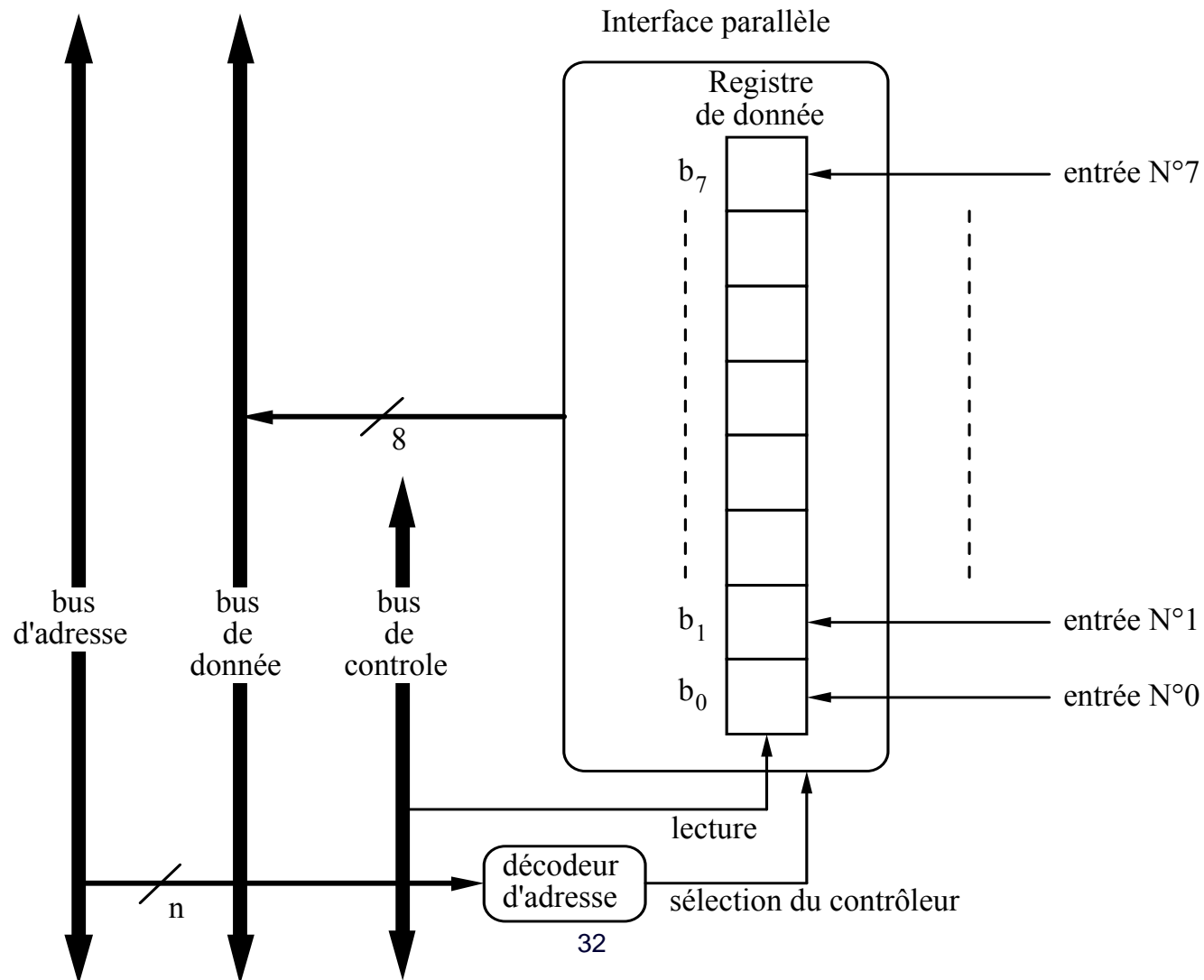


# Instructions ou API spécialisées

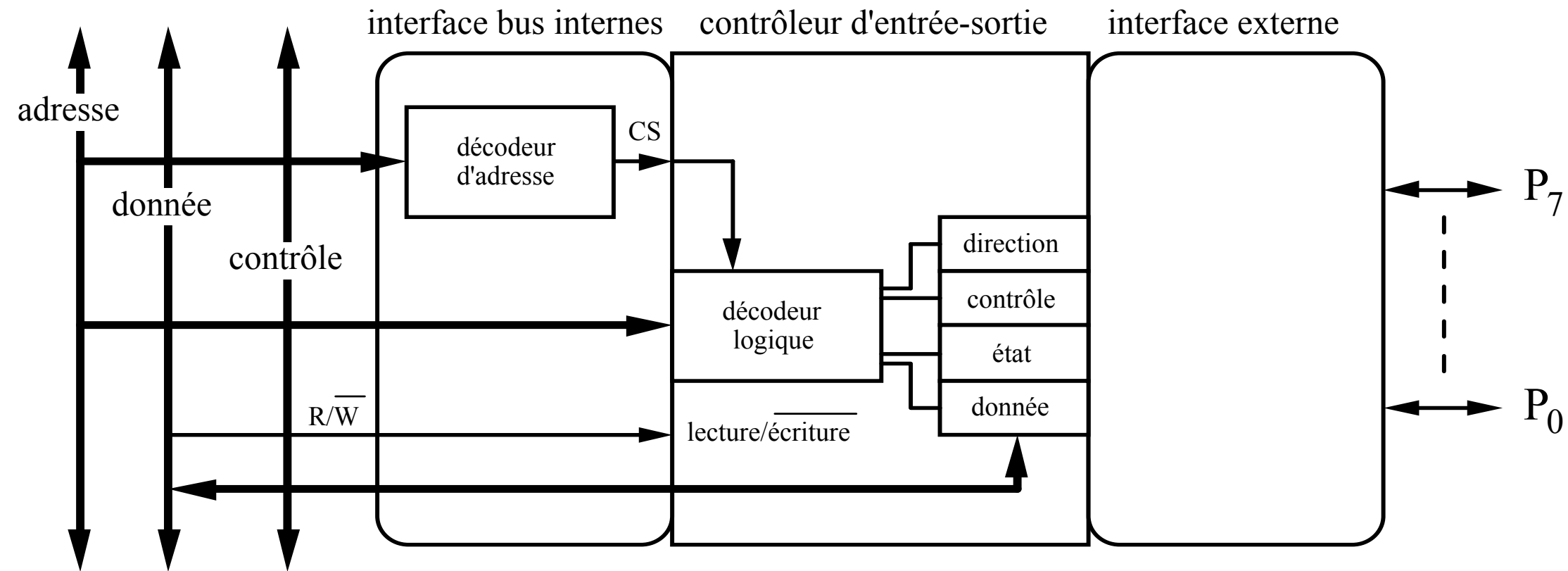
---

- En langage d'assemblage
  - IN destination, port
  - OUT port, destination
- En langage évolué (C ou C++)
  - `unsigned char InPortb(int port)`
  - `void OutPortb(int port, int valeur)`

# L'interface parallèle



# L'interface parallèle (2)



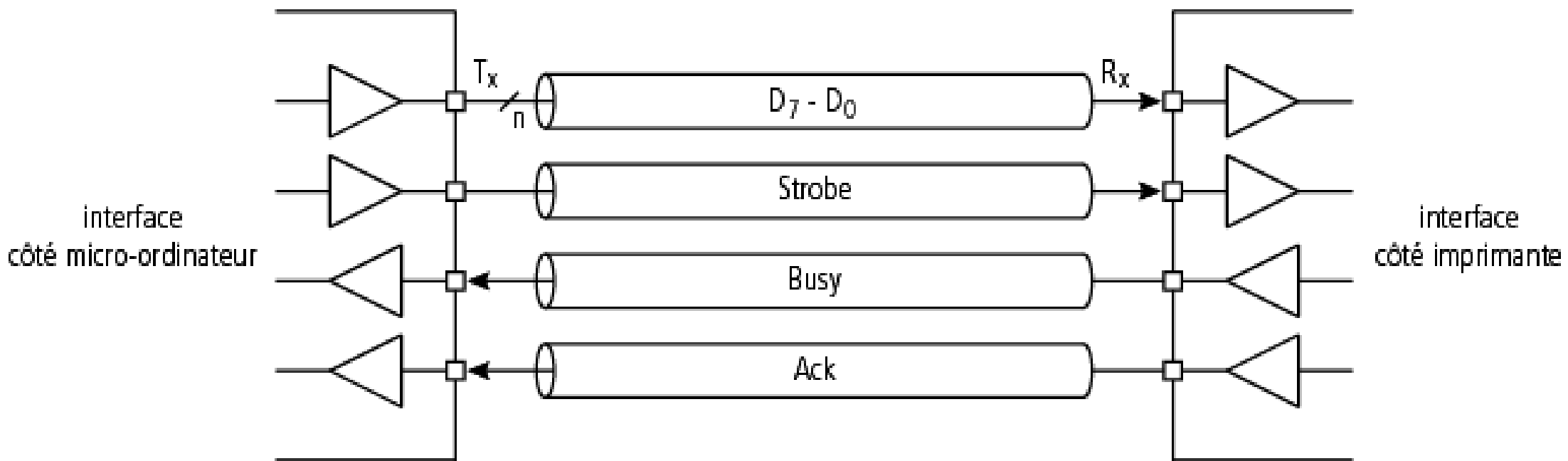
# L'interface Centronics®

- Apparue dans les années 70
- Communication avec une imprimante
- Connecteurs 25 ou 36 broches
  - Sub-D 25
  - historiquement Amphenol 57-3-360

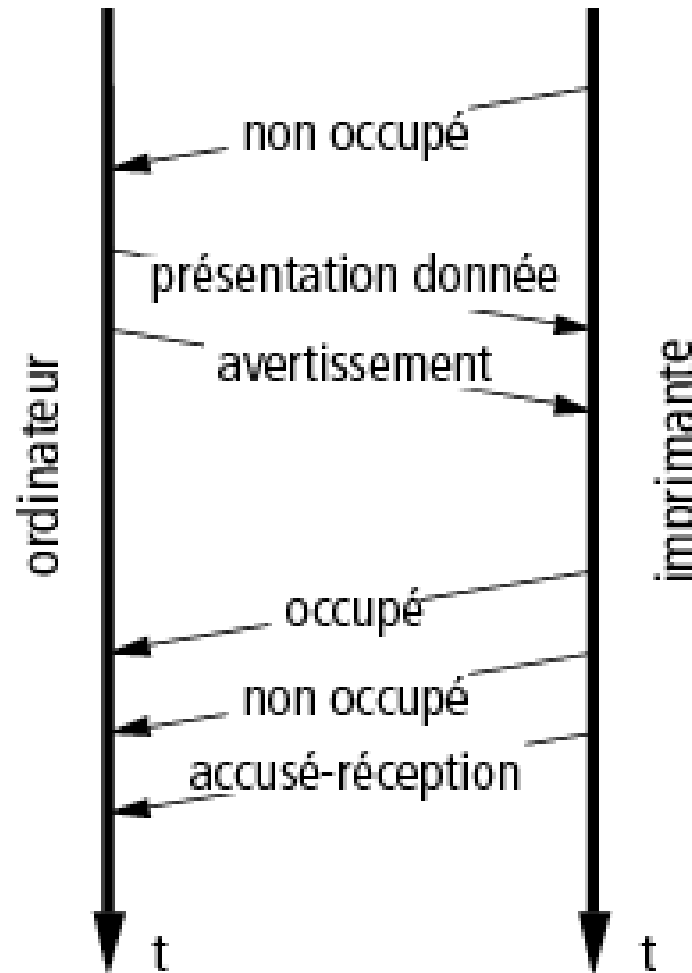


# L'interface Centronics®

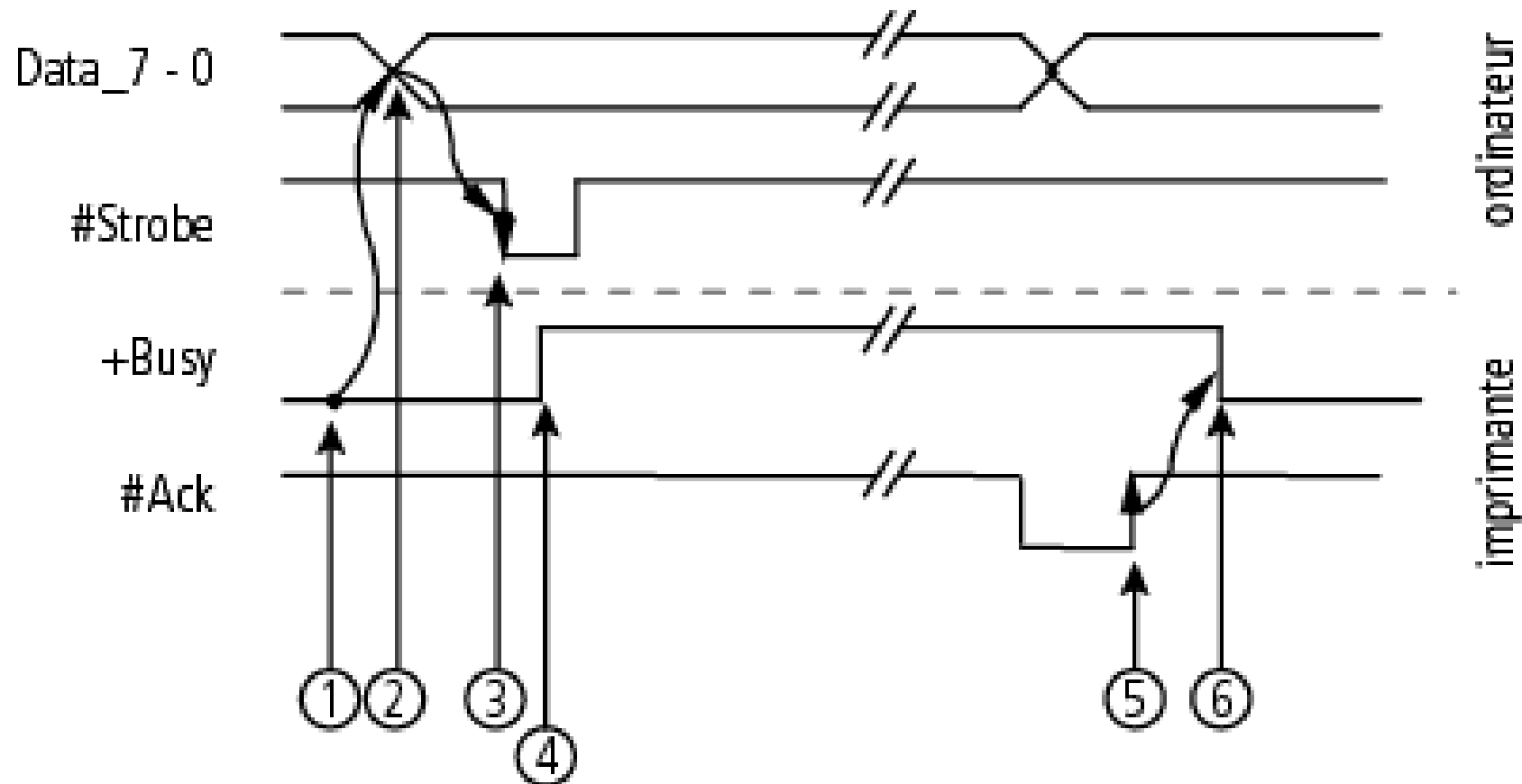
- Unidirectionnelle avec retour de quelques signaux



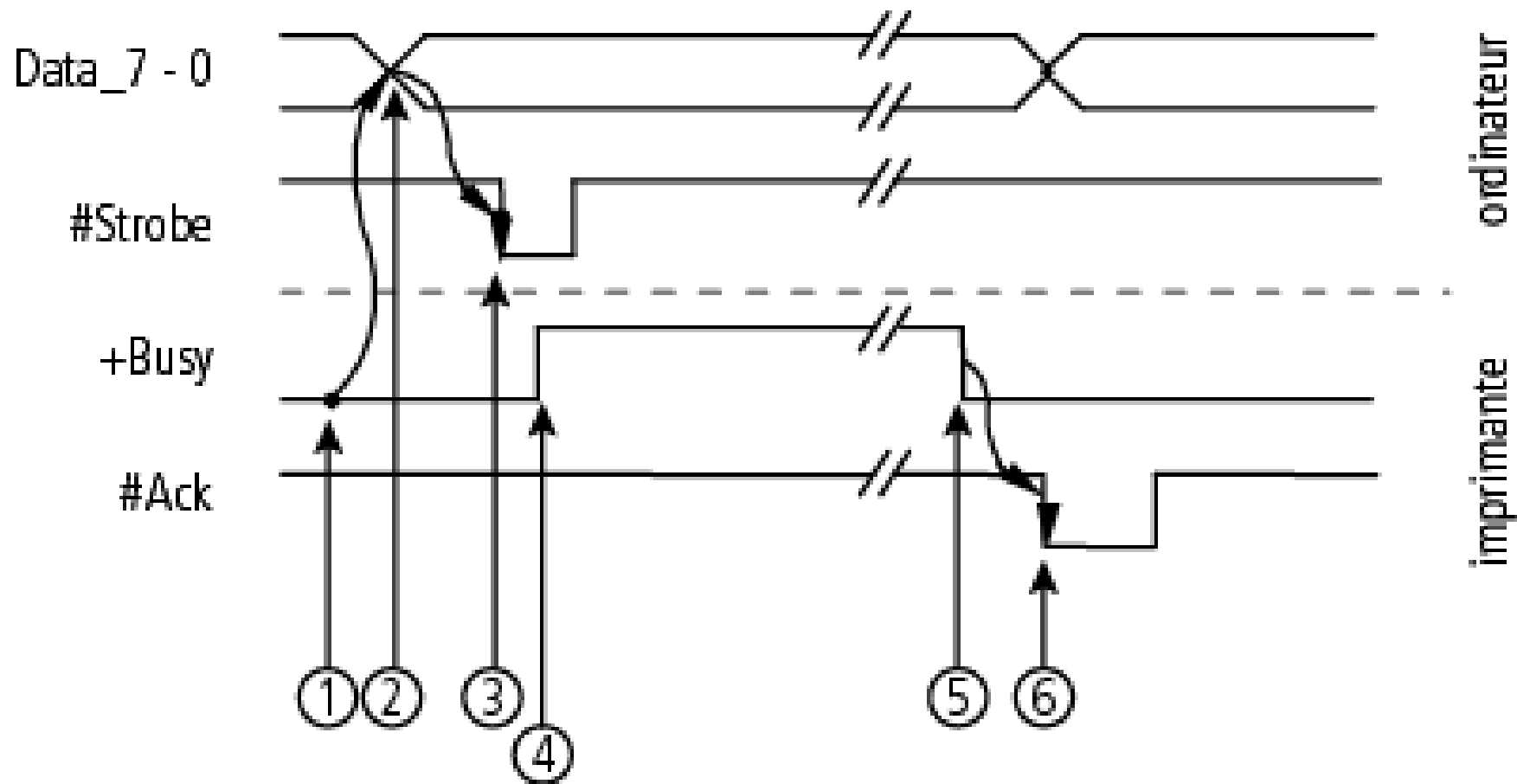
# Diagramme de séquençement du protocole Centronics®



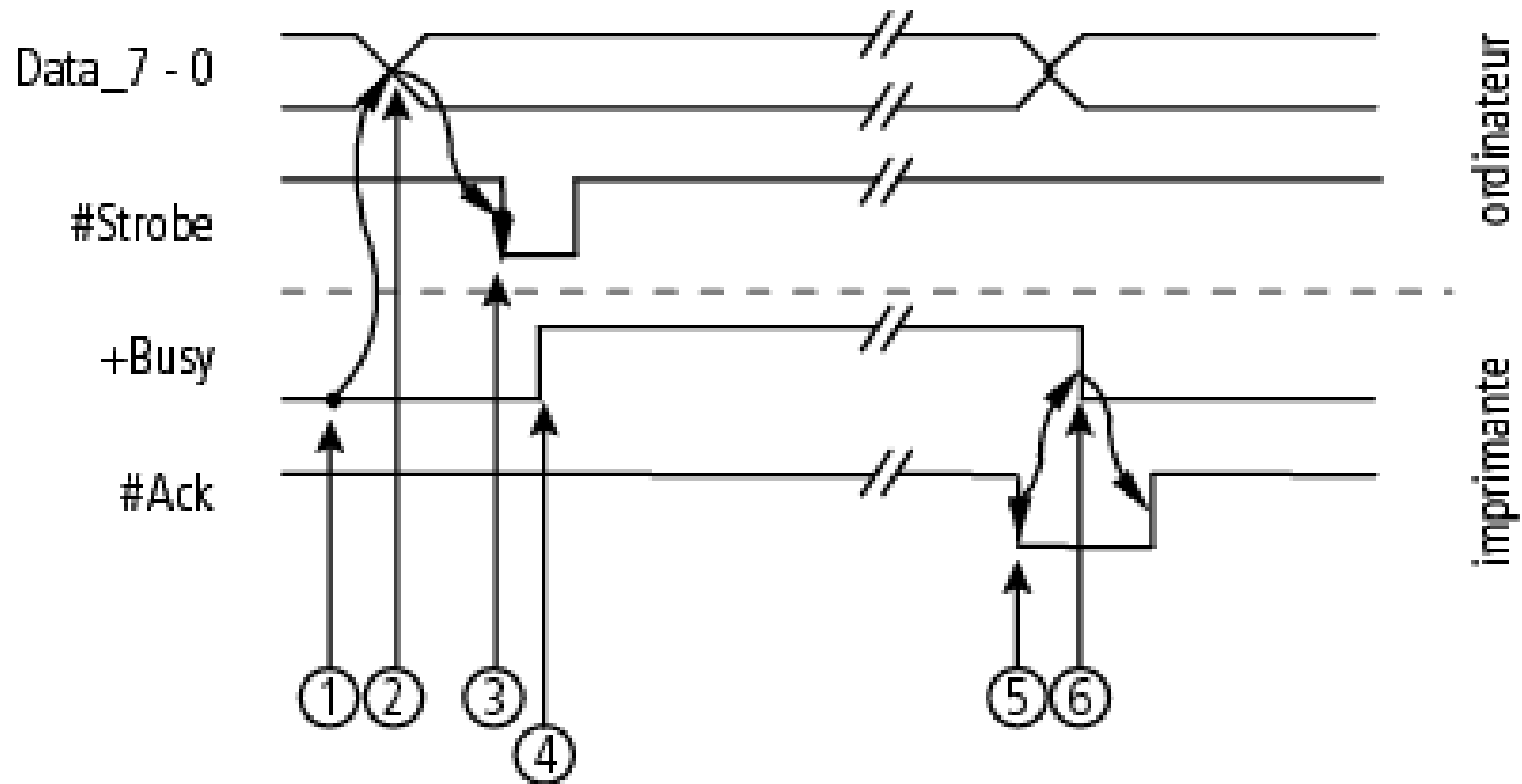
# Le protocole Centronics<sup>®</sup> (1/3)



# Le protocole Centronics<sup>®</sup> (variante 1)



# Le protocole Centronics<sup>®</sup> (variante 2)



# L'interface Centronics®

---

- Connexion point-à-point unidirectionnelle
- Vitesse de transfert : 1 Ko/s
- Distance maximale :  $\approx 3$  m
- Câble
  - nappe avec écran 36 signaux
  - longueur maximale de 5 mètres
- Compatibilité TTL : 0-0,8 V et 2,4-5 V

# Les principaux signaux Centronics®

---

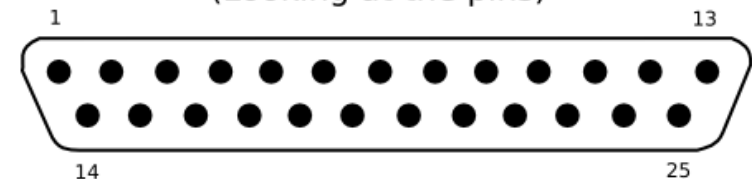
- Huit bits de données : D<sub>0</sub> à D<sub>7</sub>
- Quatre signaux de contrôle
  - #Data\_Strobe
  - #Acknowledge
  - Busy
  - Paper\_End
- Deux lignes d'alimentation : +5 V et Gnd

# Détails des signaux Centronics®

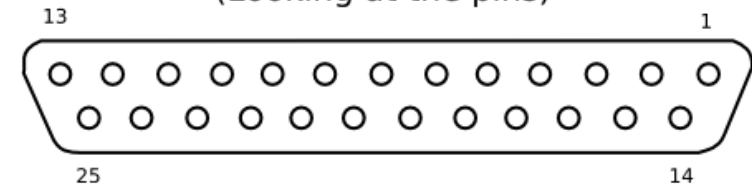
Signal	Type	Brochage
Not_Strobe	S	1
Data_0	S	2
Data_1	S	3
Data_2	S	4
Data_3	S	5
Data_4	S	6
Data_5	S	7
Data_6	S	8
Data_7	S	9
Not_Ack	E	10
Busy	E	11
Paper_End	E	12
Select	E	13
Not_Autofeed	S	14
Not_Error	E	15
Not_Initialize	S	16
Not_Select_In	S	17
Gnd (masse)	Alim	18 à 25



Sub-D 25 male  
(Looking at the pins)



Sub-D 25 female  
(Looking at the pins)



# L'interface IEEE 1284

---

## □ Plusieurs protocoles

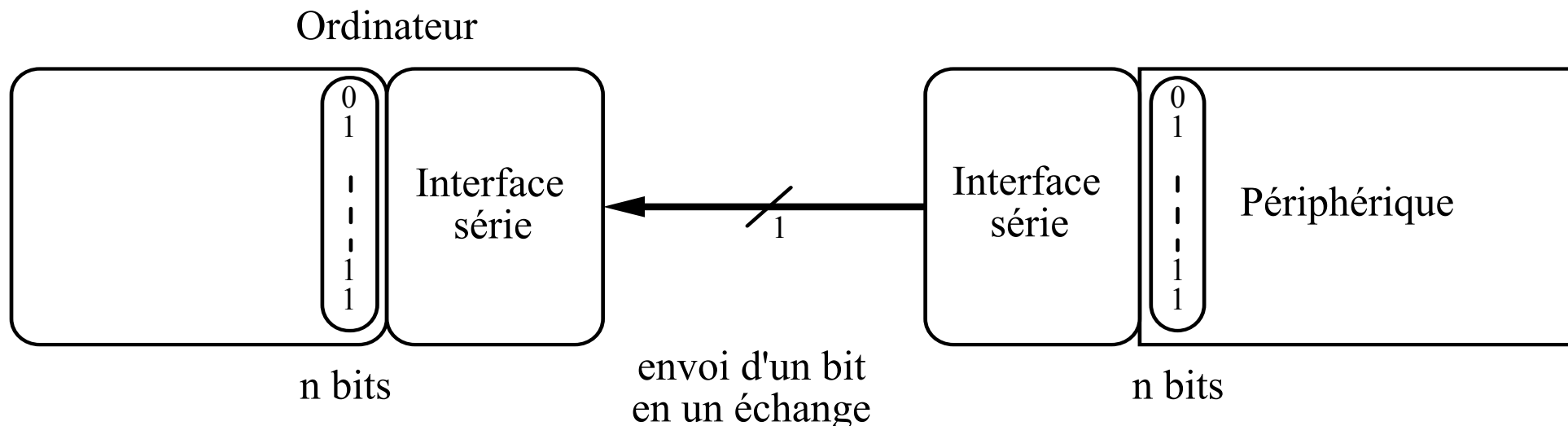
- SPP (compatible Centronics<sup>®</sup>) : 500 Ko/s avec DMA
- bi-directionnel
  - mode *nibble* et *byte*
- EPP
- ECP (HP et Microsoft) : 2 Mo/s sur câble long.  $\approx$  450 cm

## □ Connexion à un périphérique

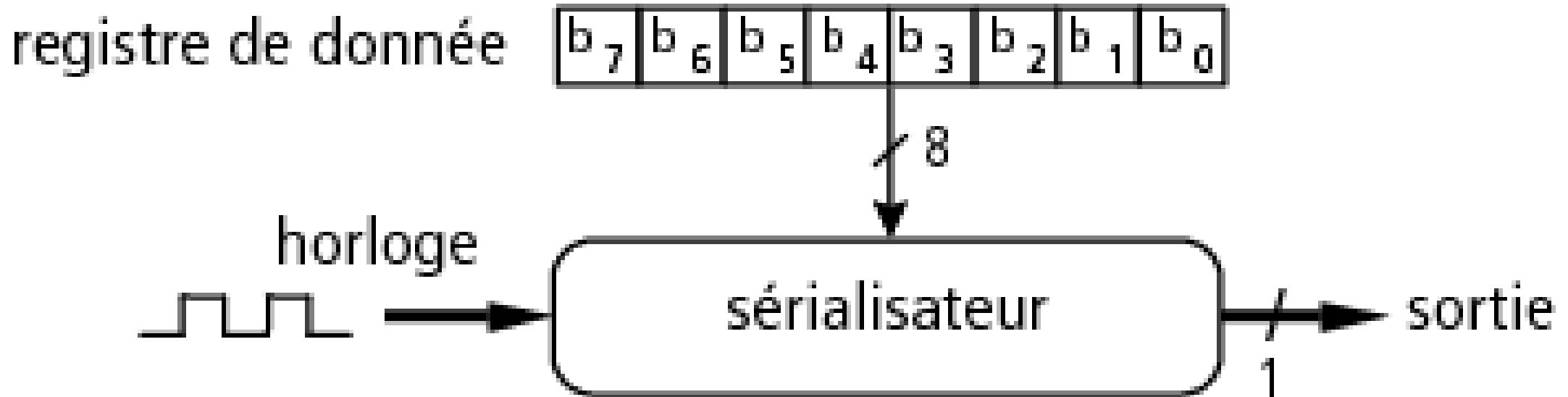
- imprimante (sortie), numérisateur ou "scanner" (entrée), lecteur de CD-ROM et HDD (entrée et sortie)  
ou communication entre deux ordinateurs

# Problématique de la liaison série

- Envoi d'un mot de n bits sur un seul fil
- Utilisation d'un registre à décalage
  - chargement et déchargement (MUX et DEMUX)
  - sérialisation et désérialisation

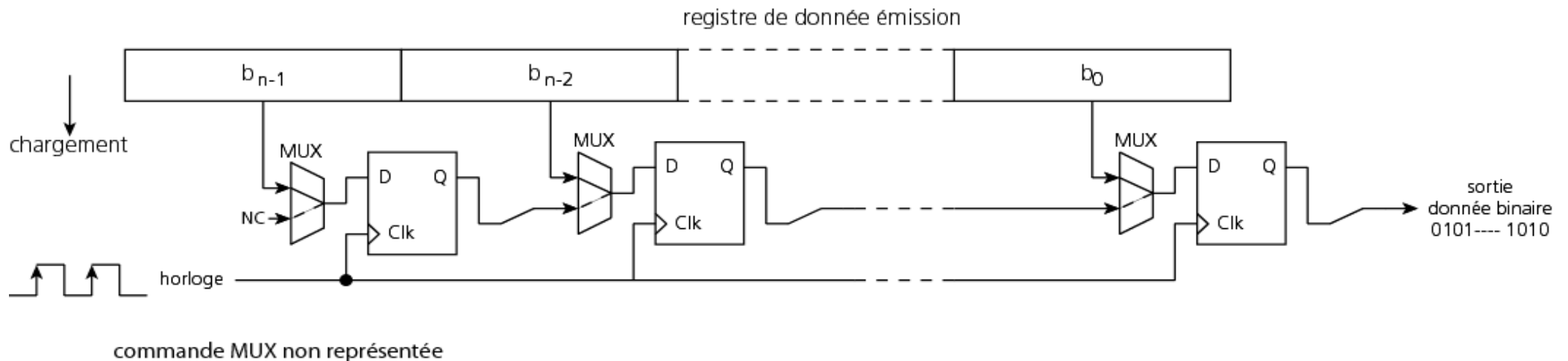


# Sérialisation d'une donnée



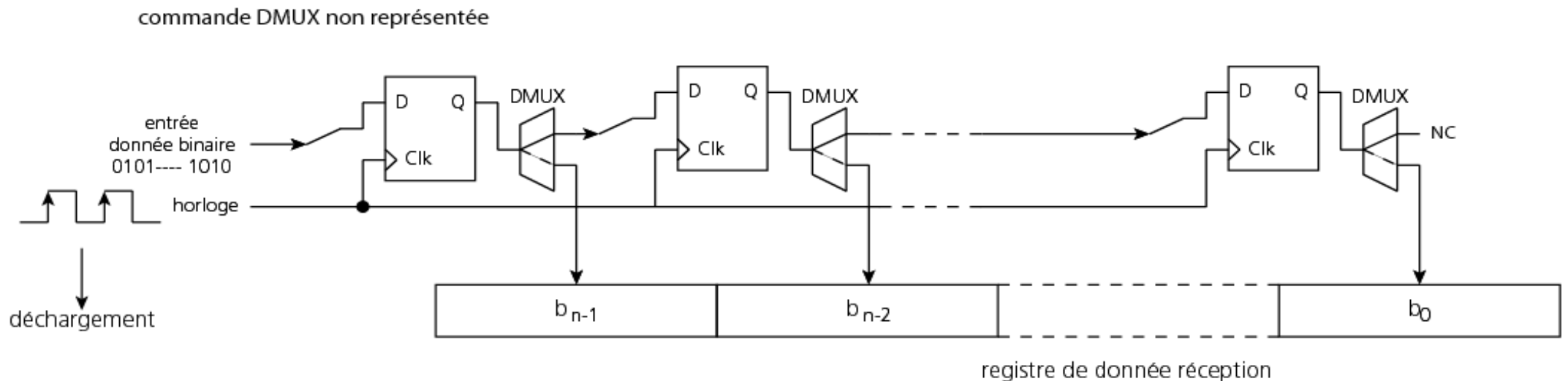
# Sérialisation puis émission série

## □ Bits de service non représentés



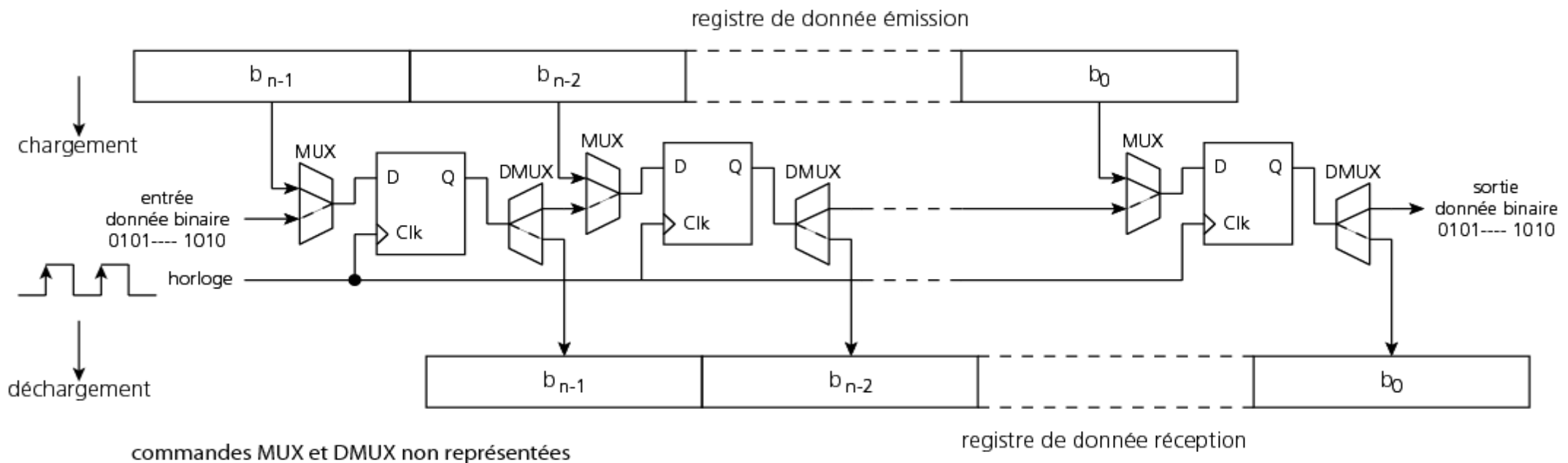
# Réception série puis désérialisation

## □ Bits de service non représentés



# (Dé)sérialisation avec (dé)chargement parallèle

## □ Bits de service non représentés



# L'interface série

---

- Rôle: transfert de données de manière sérieelle !
- Communication
  - asynchrone
    - pas d'horloge
      - synchronisation par PLL en général
  - synchrone
    - transmission de l'horloge
      - intégrée dans le flux de données ou non

# Les standards série bas débit

---

- Asynchrone
  - RS232
- Synchrone
  - I<sup>2</sup>C (Philips)
  - SPI (Motorola)

# Standards série haut débit générique

---

- IEEE 1394 (*firewire*)
- *Universal Serial Bus* (USB)
  - interface générique pour tout périphérique
  - versions 1.0, 2.0 et 3.0 (déploiement à partir de 2010)

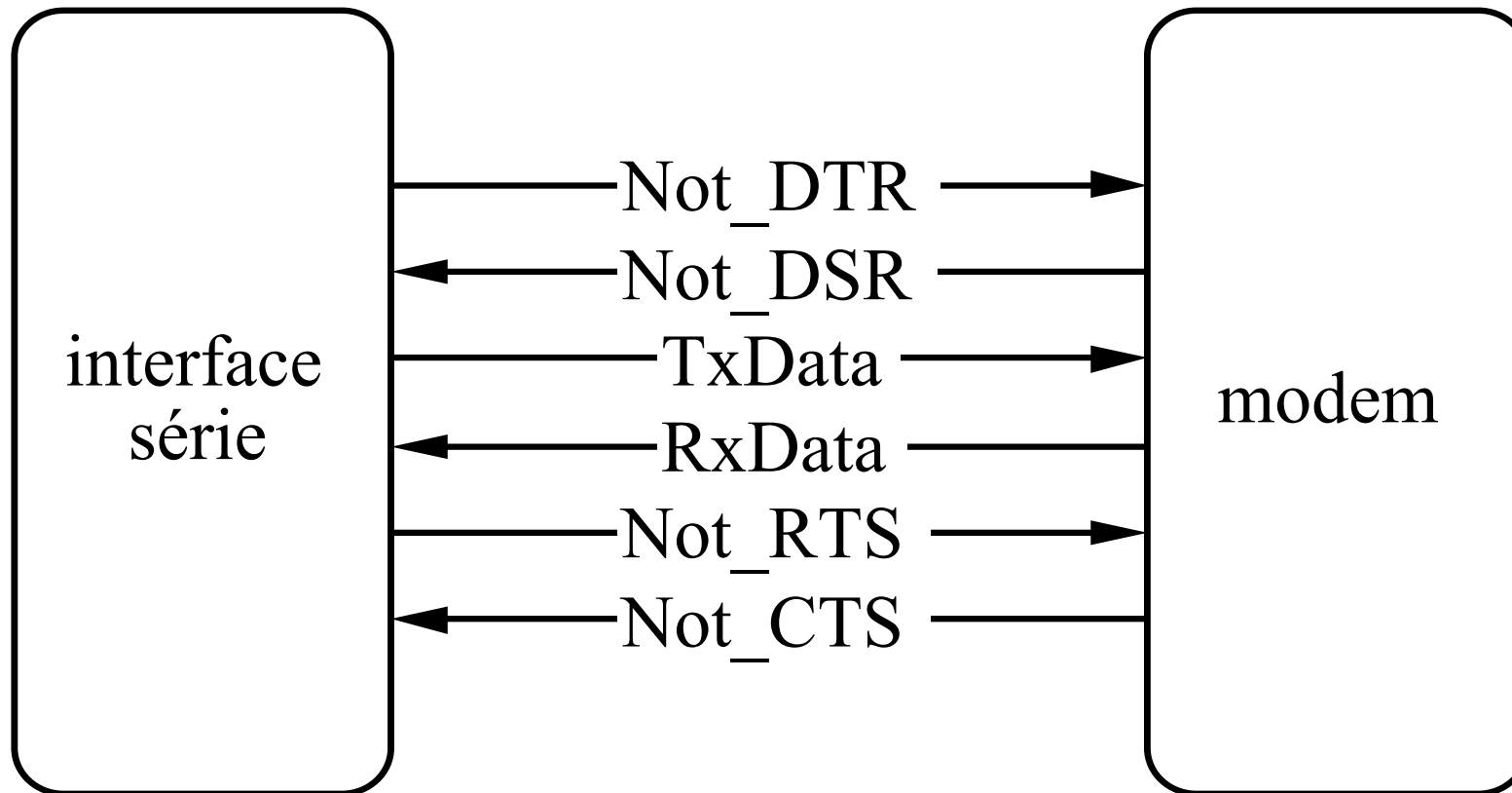
# Standards série haut débit (suite)

---

- *Serial Storage Architecture* (SSA - IBM)
- *Fibre Channel* (Seagate et Adaptec)
- Fusion des deux précédents: FCEL  
(*Fibre Channel Arbitrated Loop*)
  - utilisation en association avec les mémoire de masse

# Connexion RS232

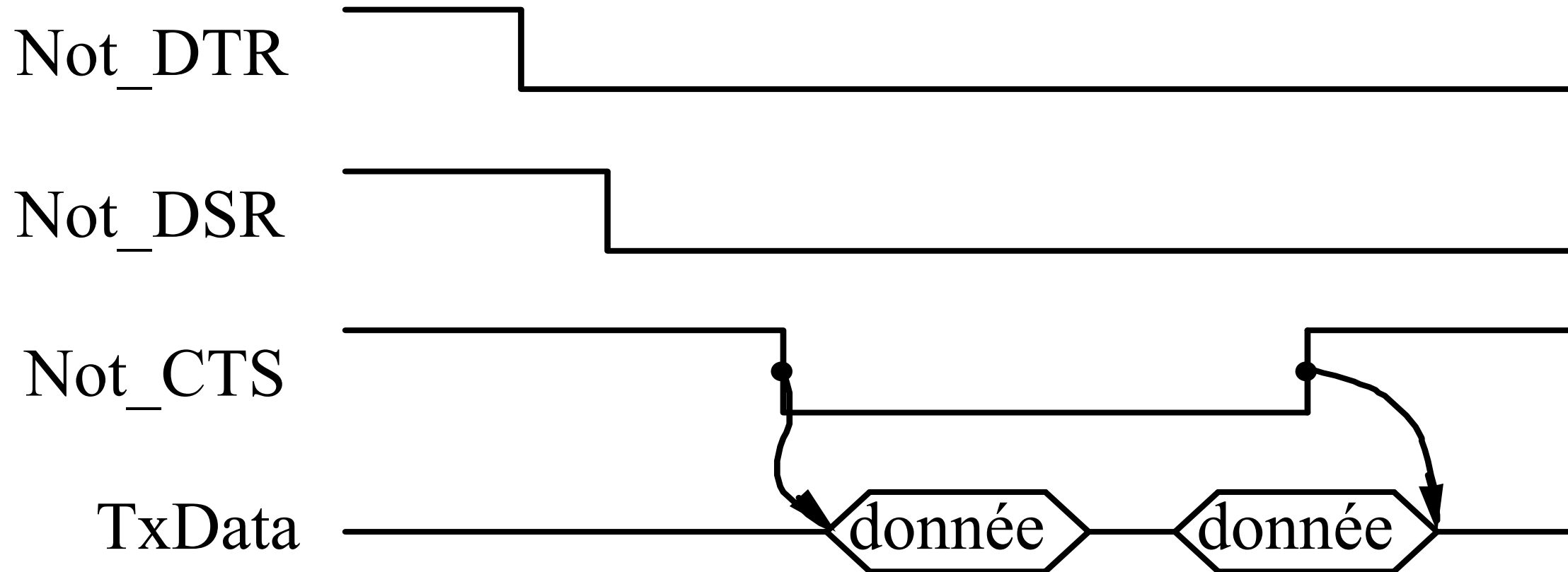
---



# Brochage de l'interface RS232

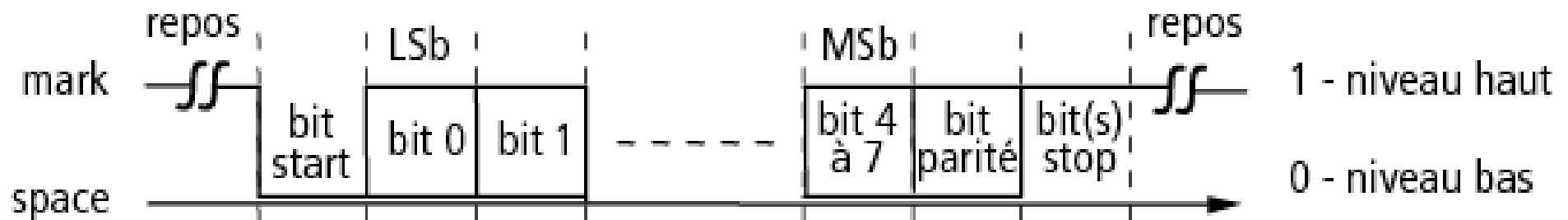
Signal	origine du signal	Type	Brochage	Description
terre		alim	1	masse mécanique
TxD	DTE		2	Transmit Data
RxD	DCE		3	Receive Data
RTS	DTE		4	Request To Send
CTS	DCE		5	Clear To Send
DSR	DCE		6	Data Set Ready
Gnd		alim	7	masse
RCD	DCE		8	Receive Carrier Detect
PTV	DCE		9	Positive Test Voltage
NTV	DCE		10	Negate Test Voltage
NC	-	-	11	non utilisé
SCD	DCE		12	Secondary Carrier Detect
SCTS	DCE		13	Secondary Clear To Send
STxD	DTE		14	Secondary Transmit Data
TClk	DCE		15	Transmit Clock
SRxD	DCE		16	Secondary Receive Data
RxCk	DCE		17	Receive Clock
NC	-	-	18	non utilisé
SRTS	DTE		19	Secondary Request To Send
DTR	DTE		20	Data Terminal Ready
SQD	DCE		21	Signal Quality Detect
RI	DCE		22	Ring Indicator
DRS	DTE/DCE		23	Data Rate Select
ECT	DCE		24	External Data Clock
NC	-	-	25	non utilisé

# Chronogramme d'une émission série (RTS actif)



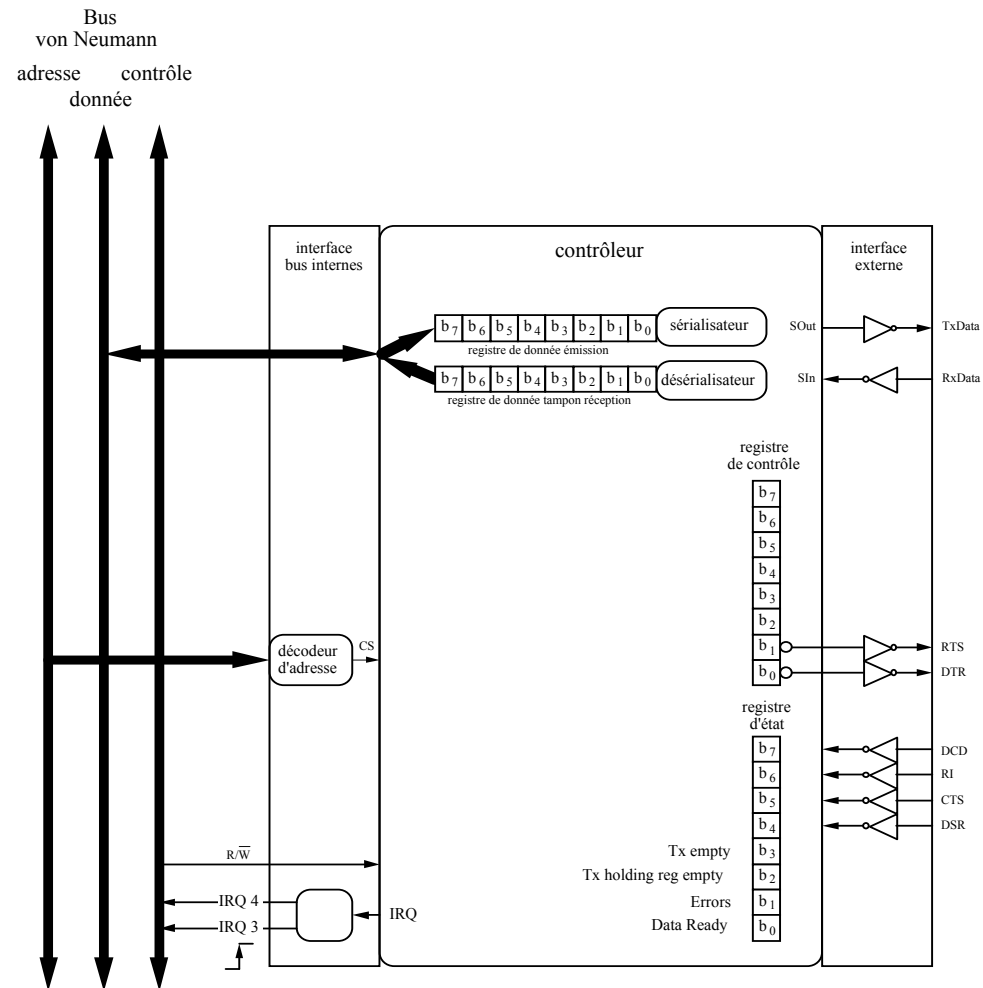
# Structure d'une trame RS232

- Communication asynchrone
- 1 bit *start* (toujours à 0)
- 5 à 8 bits de données
- Pas de contrôle d'erreur ou bit de parité (paire ou impaire)
- 1, 1.5 ou 2 bits stop (toujours à 1)



# L'interface série

## Le contrôleur 8250



# Le registre d'état et ses indicateurs

---

- Arrivée d'un caractère
- Écrasement d'un caractère (*Overrun error*)
- Erreur parité logique
- Erreur de format (*Framing error*)
  - pas de bit stop
- Registres
  - donnée émission vide
  - donnée réception plein
- Détection de la porteuse

# Standards série faible débit asynchrone

Caractéristiques	Standards série				
	EIA/TIA - 232	EIA/TIA - 423	EIA/TIA - 422	EIA/TIA - 485	EIA-562
Mode de fonctionnement	unipolaire	unipolaire	différentie 1	différentie 1	unipolaire
Nb Tx / ligne	1	1	1	32	1
Nb Rx / ligne	1	10	10	32	1
Longueur du câble	C < 2500 pF - 50 feet	1300 m 4000 feet	1300 m 4000 feet	1300 m 4000 feet	C < 2500 pF pour f < 20 Kbits/s ??
Vitesse max.	20 Kbits/s	100 Kbits/s	10 Mbits/s	10 Mbits/s	64 Kbits/s
Tension de sortie min. chargée	±5 V	±3,6 V	±2 V	±1,5 V	±3,7 V
Tension de sortie max non chargée	±15 V	±5,4 V	±5 V	±5 V	±13,2 V
Courant de sortie max.	500 mA	150 mA	150 mA	250 mA	60 mA
Impédance de sortie Tx	3 k $\Omega$ à 7 k $\Omega$	450 $\Omega$	100 $\Omega$	54 $\Omega$	3 k $\Omega$ à 7 k $\Omega$
Vitesse de montée	< 30 V/ $\mu$ s	contrôles fournis	N/A	N/A	< 30 V/ $\mu$ s
Sensibilité d'entrée Rx	±3 V	±200 mV	±200 mV	±200 mV	±3 V
Impédance d'entrée Rx	3 k $\Omega$ à 7 k $\Omega$	4 k $\Omega$ min	4 k $\Omega$ min	12 k $\Omega$	3 k $\Omega$ à 7 k $\Omega$
Amplitude d'entrée Rx	±15 V	±12 V	-10 à +10 V	-7 à +12 V	±25 V

# *Universal Serial Bus (USB)*

---

- Connexion faible coût arborescente
  - bus logique
- Branchement sous tension des périphériques
  - reconnaissance logicielle automatique
- Alimentation intégrée
- Connecteur 4 points
  - 2 d'alimentation
  - 2 de donnée différentielle

# Connectique de l'USB

## □ Puissance (20-28 AWG)

- Vcc : 1 - rouge
- Gnd : 4 - noir
- +5V - 100 à 500 mA

## □ Signal (28 AWG)

- -Data : 2 - blanc
- +Data : 3 - vert



# Connexion de l'USB

---

- Version basse vitesse
  - donnée : paire non torsadée et non blindée
- Versions haut débit
  - donnée : paire torsadée et blindée

# Caractéristiques de l'USB

---

- 127 périphériques maximum
- USB 1.0 (1996) : deux débits bruts
  - 1,5 Mbit/s (*low-speed*)
  - 12 Mbit/s (*full-speed*)
- USB 2.0 (mi-2000)
  - débit brut de 480 Mbit/s (*high-speed*)
  - facteur 40 par rapport à la version précédente
  - concurrence pour IEEE 1394

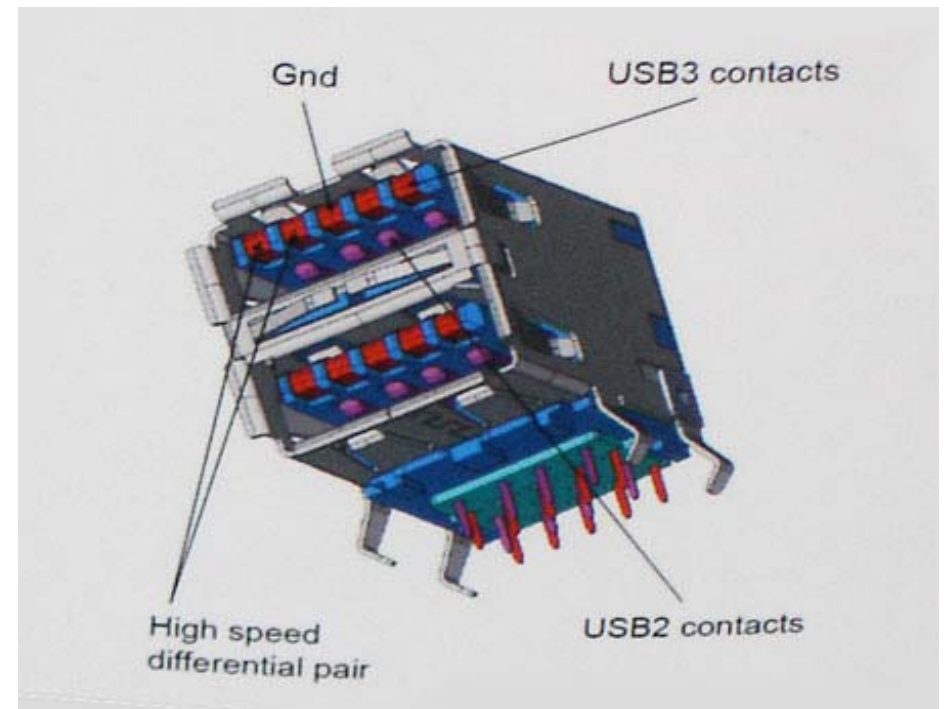
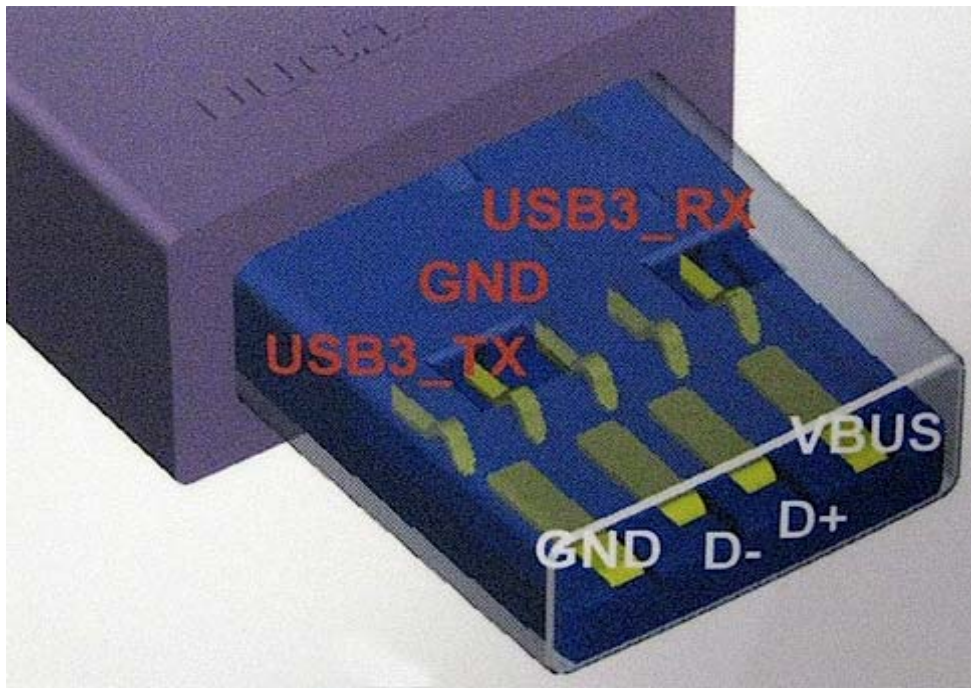
# L'interface USB 3.0

---

- Annoncé le 18 septembre 2007  
à l'*Intel Developers Forum (IDF)*
  - 2009 : premiers ICs
- Déploiement dans les PC à partir de 2010
- Débit théorique de 5 Gb/s (*SuperSpeed*)
- Facteur 10 par rapport à la version précédente

# Le connecteur de l'USB 3.0

- Rétro-compatibilité avec les versions précédentes
  - au niveau du connecteur malgré les 5 fils supplémentaires

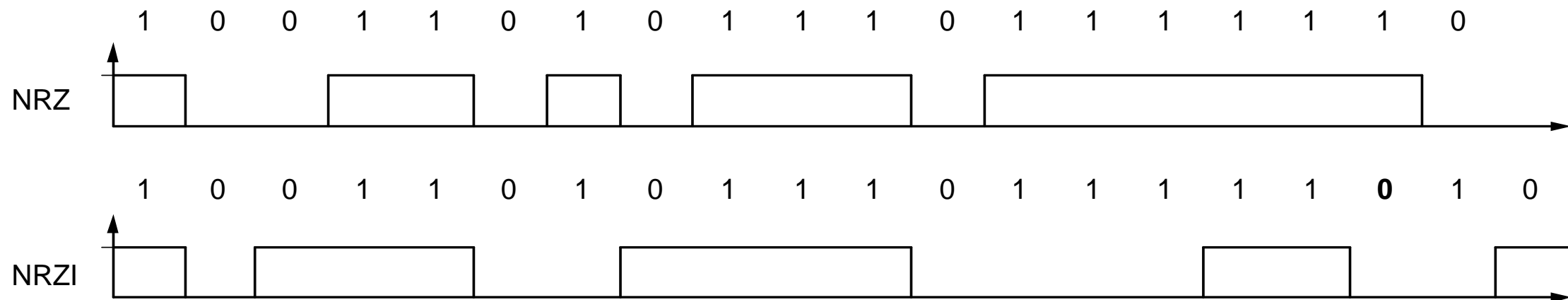


# Les protocoles de l'USB

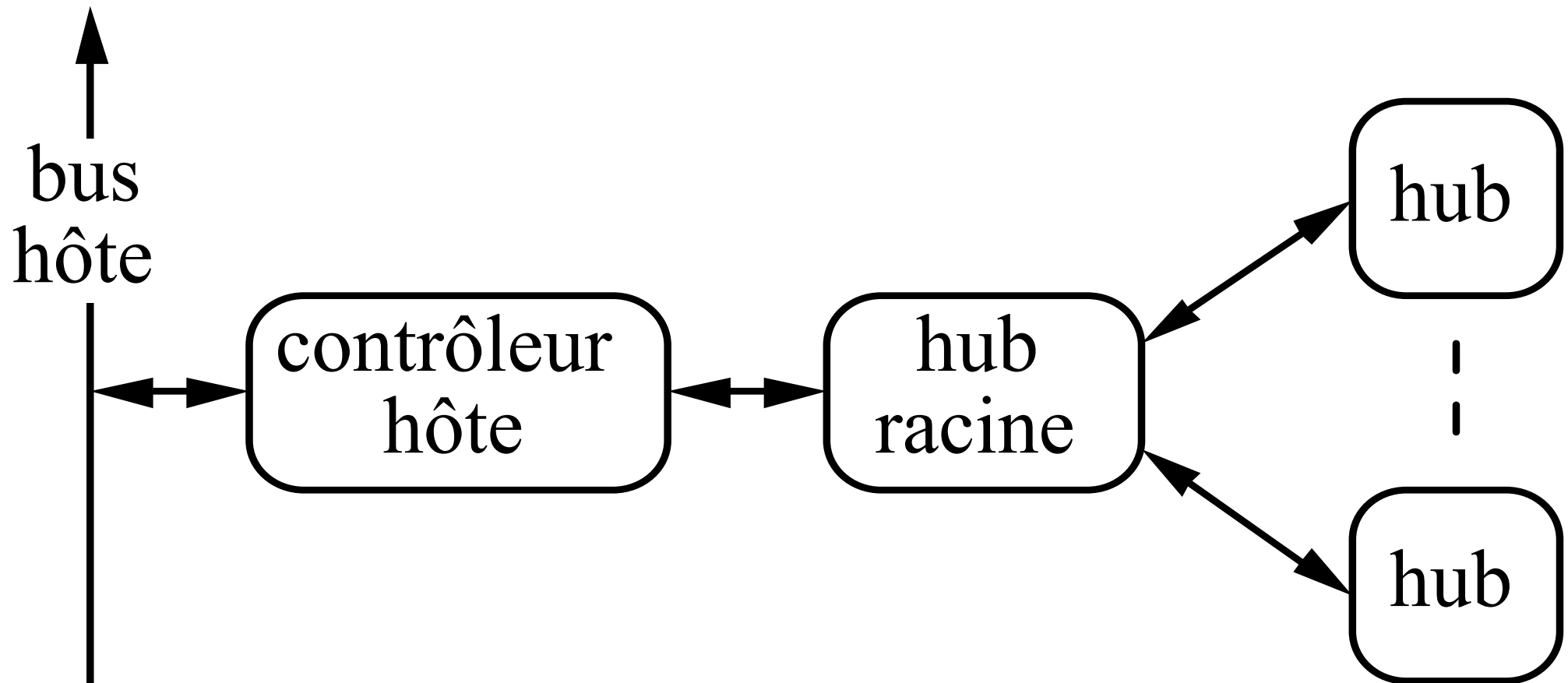
---

- Quatre types de transfert
  - *bulk*, isochrone, interruption et contrôle
- Codage NRZI
  - donnée 0 = une transition
  - forçage du 6<sup>ème</sup> bit à 0 (bit de bourrage - *stuffed bit*)

# Chronogramme du flux de données USB



# Synoptique du contrôleur



# L'interface IEEE-1394

---

- Nom commercial : *Firewire* (marque Apple)
- Interface série haut débit à coût moyen
- Standardisée par l'IEEE  
(*the Institute of Electrical and Electronics Engineers*)
- Alimentation intégrée
- Branchement sous tension des périphériques
  - reconnaissance et configuration automatique

# Connexions

---

- Périphériques informatiques classiques
  - imprimantes, modem, etc.
- Mais aussi mémoire de masse
- Et aussi appareil photo, caméscope et TV !
  
- ⊕ Alternative aux bus fond de panier
- ⊕ Unification des bus d'E/S

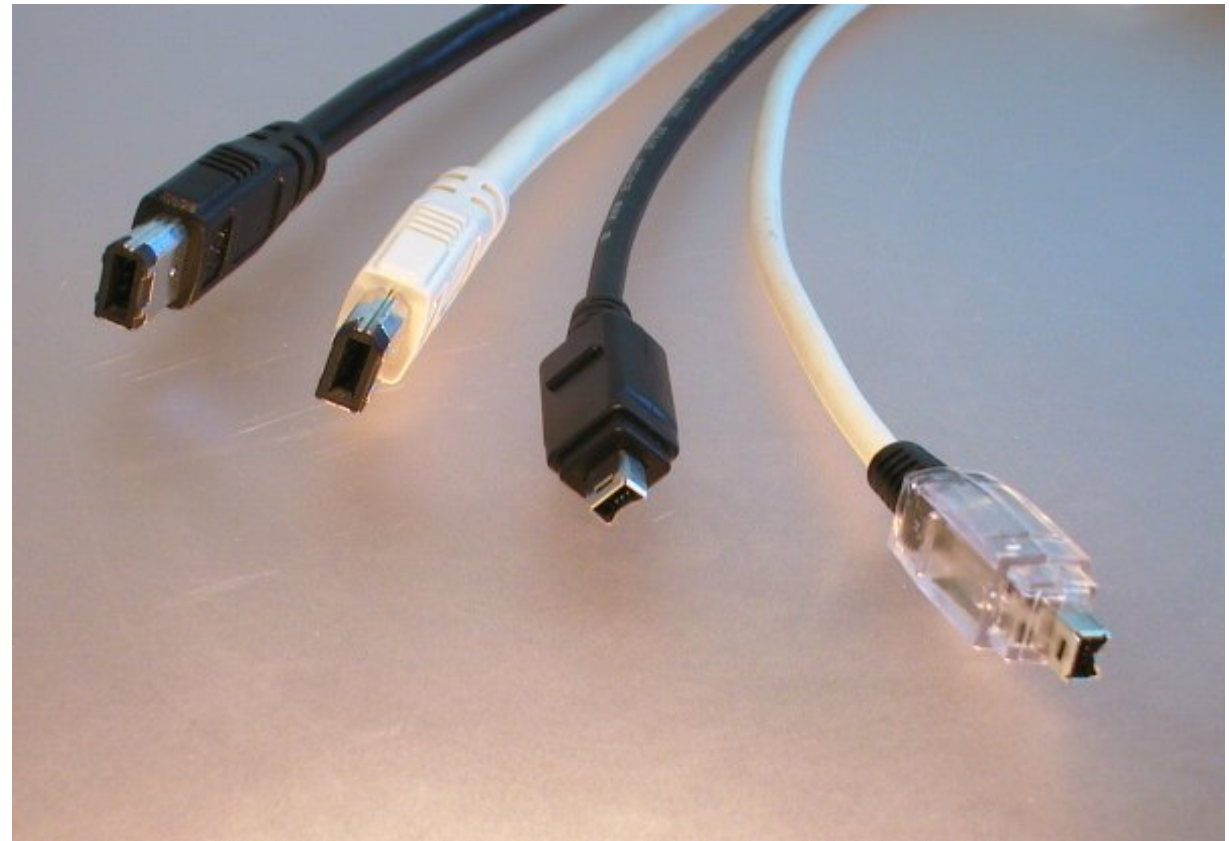
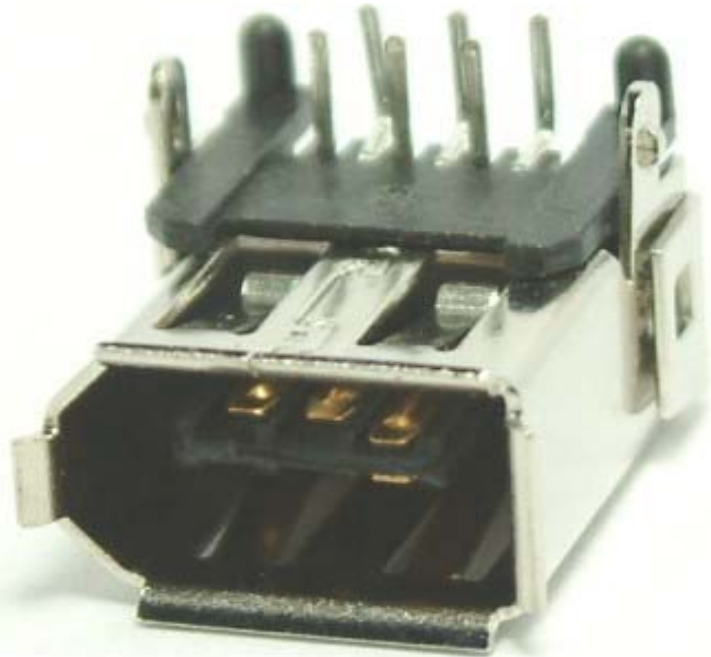
# Caractéristiques

---

- Connecteur 6 points
  - 4 signaux data + 2 alimentations
- Connexion type “*daisy chain*”
  - bus logique
- Long. max. :  $16 \times 4,5 = 72$  m entre 2 noeuds
- 63 périphériques max. connectés au même bus
- 1023 bus connectés au maximum
  - utilisation de ponts (*bridge*)
- Pas de terminaison de bus

# La connectique associée

---



# Caractéristiques (2)

---

- Communication par paquets
- Débit élevé
  - 24,576, 49,152, 98,304, 196,608, 393,216 Mbit/s
  - 800 à 1600 Mbits/s (2000)

# Caractéristiques (3)

---

## □ Transmissions

### ■ asynchrone

- adresse explicite
- accusé-réception

### ■ isochrone

- envoi à intervalles réguliers
- adressage simplifié
- pas d' accusé-réception

# Les interfaces pour mémoire de masse

---

## □ Parallèles :

- ST506 - ST412 (anciennement)
- IDE et EIDE (disparition récente)
- SCSI (serveur)
- PC Card (ex PCMCIA)

## □ Séries :

- SATA (la plus répandue)
- *Serial Attached SCSI (SAS)*
- encapsulation du protocole
  - USB, IEEE 1394, etc.

# L'interface Serial ATA

---

- Débit : 1,5 Gbits/s brut  $\Rightarrow$  150 Mo/s utile
- Insertion à chaud (*hot plugging*)
- Emulation PATA
- Connexion point-à-point LVDS
- Longueur max. : 1 m
- Connecteurs
  - données : 7 points
  - alimentation 15 points : 12 V, 5 V et 3,3 V



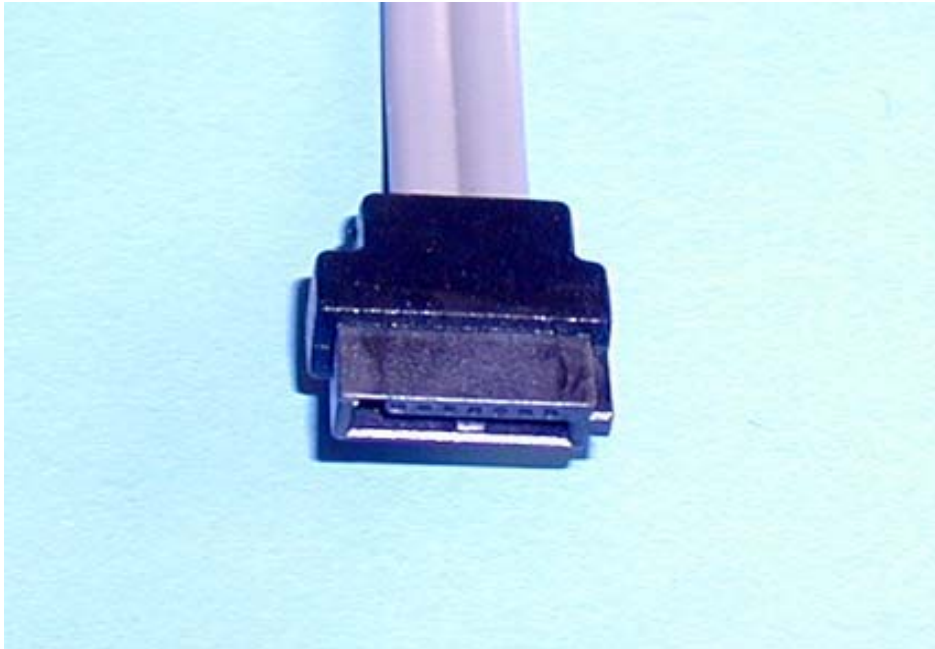
# Connectique de l'interface Serial ATA

- A l'arrière du disque (de gauche à droite)
  - connecteur classique d'alimentation
  - connecteur *Serial ATA*
  - nouveau connecteur d'alimentation !



# Comparaison de la connectique des interfaces SATA et PATA

---



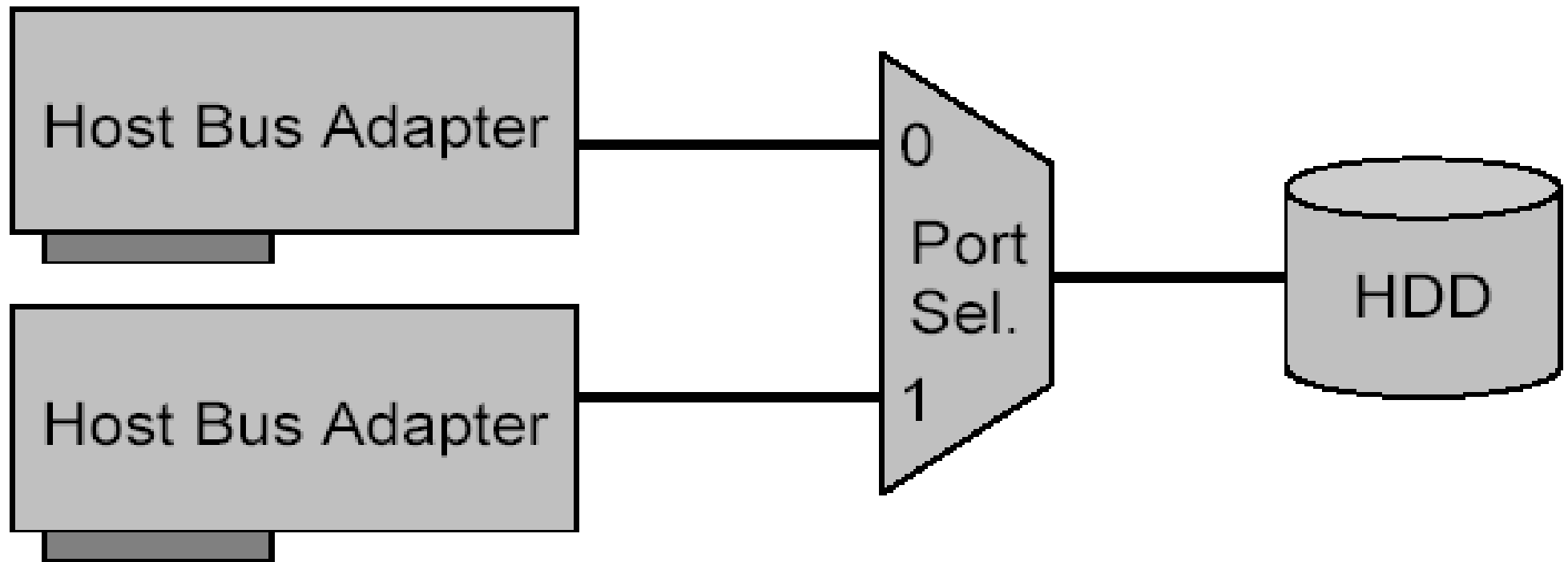
# L'interface Serial ATA II

---

- Bande passante utile : 300 Mo/s
- Fonctionnalités supplémentaires
  - sélecteur de port
  - multiplicateur de port
  - montage fond de panier
    - connecteur type fond de panier 5 X 6 points
  - *command queuing*

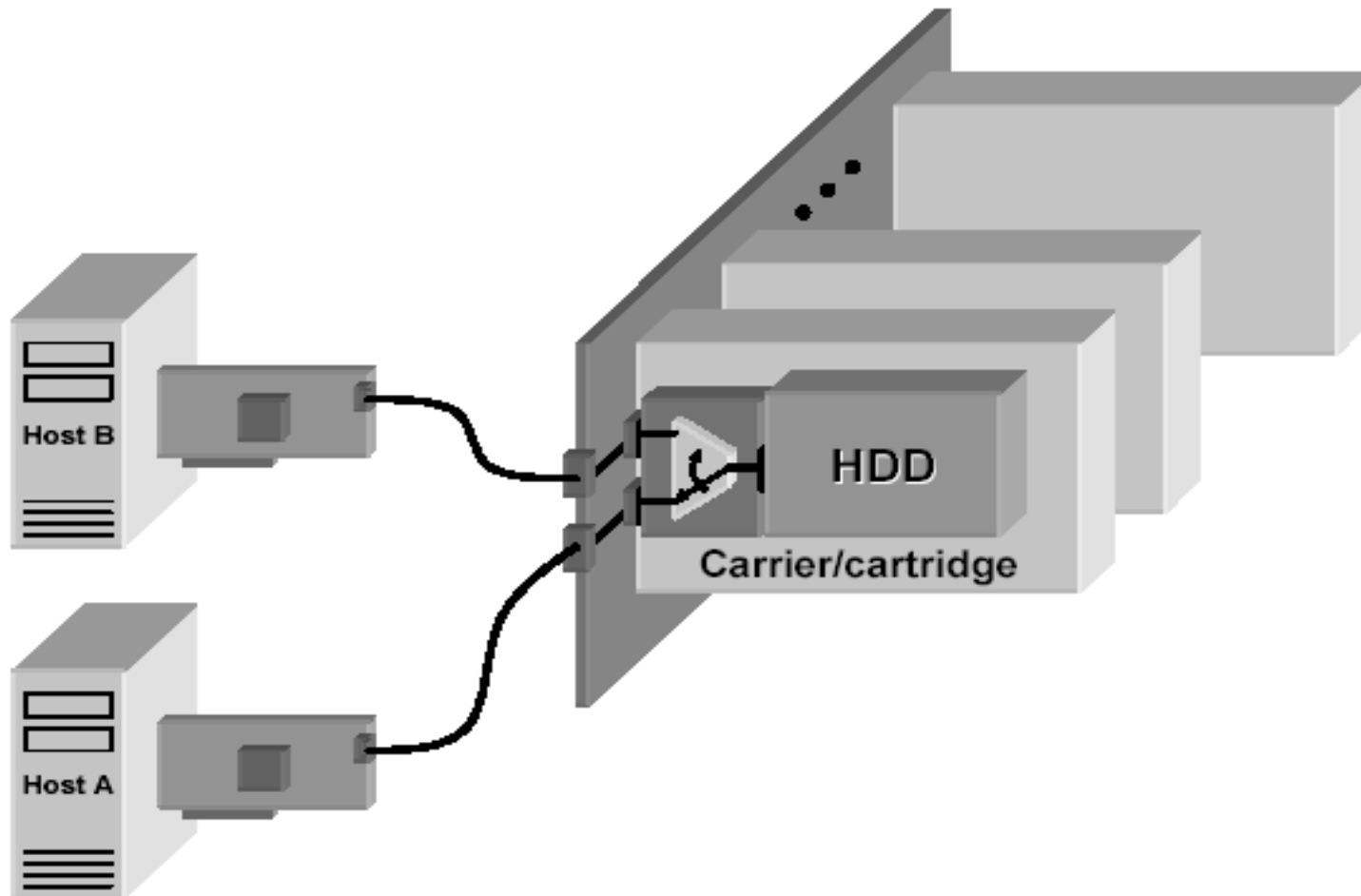
# Le sélecteur de port

---



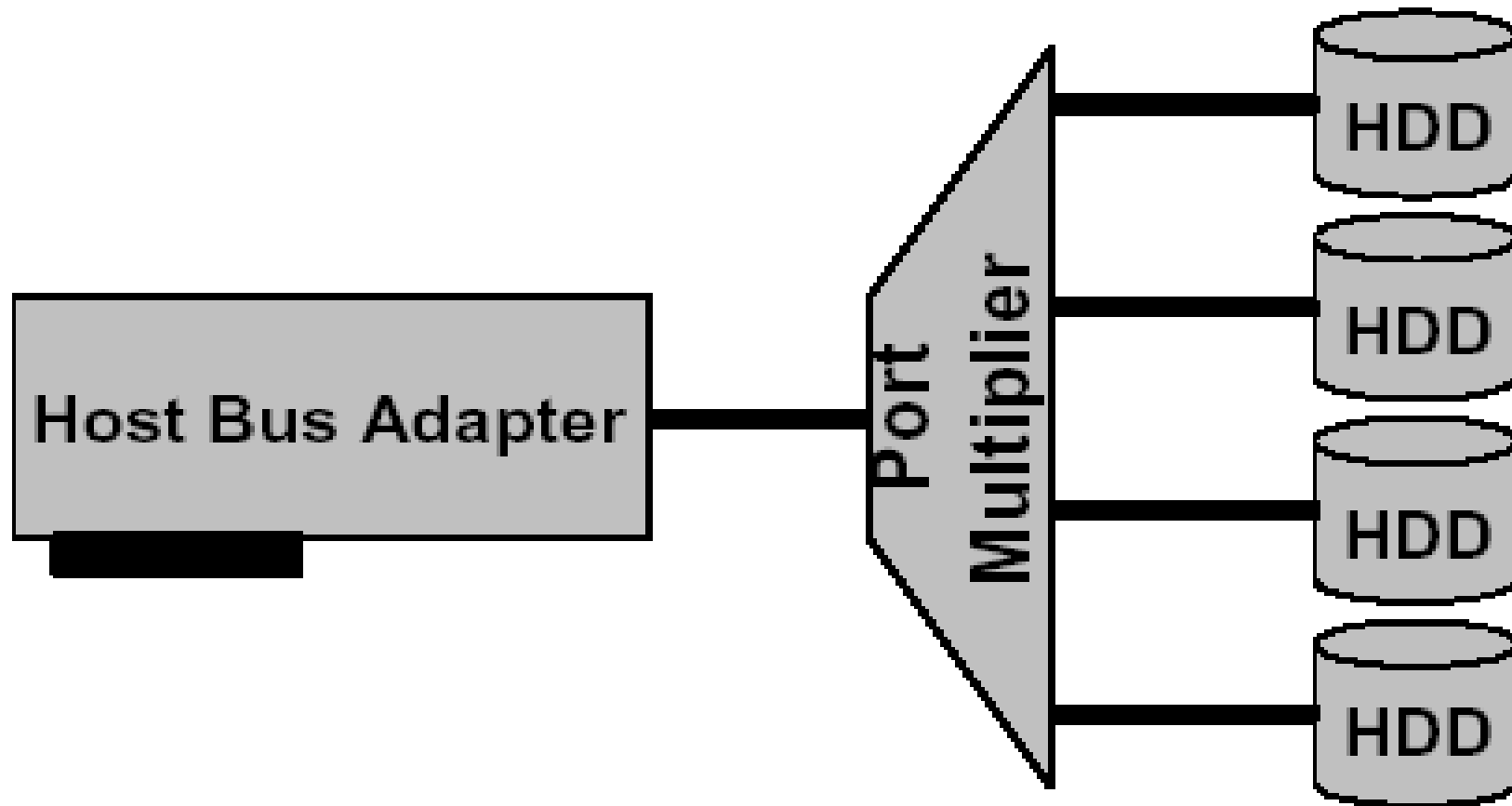
# Le sélecteur de port

---

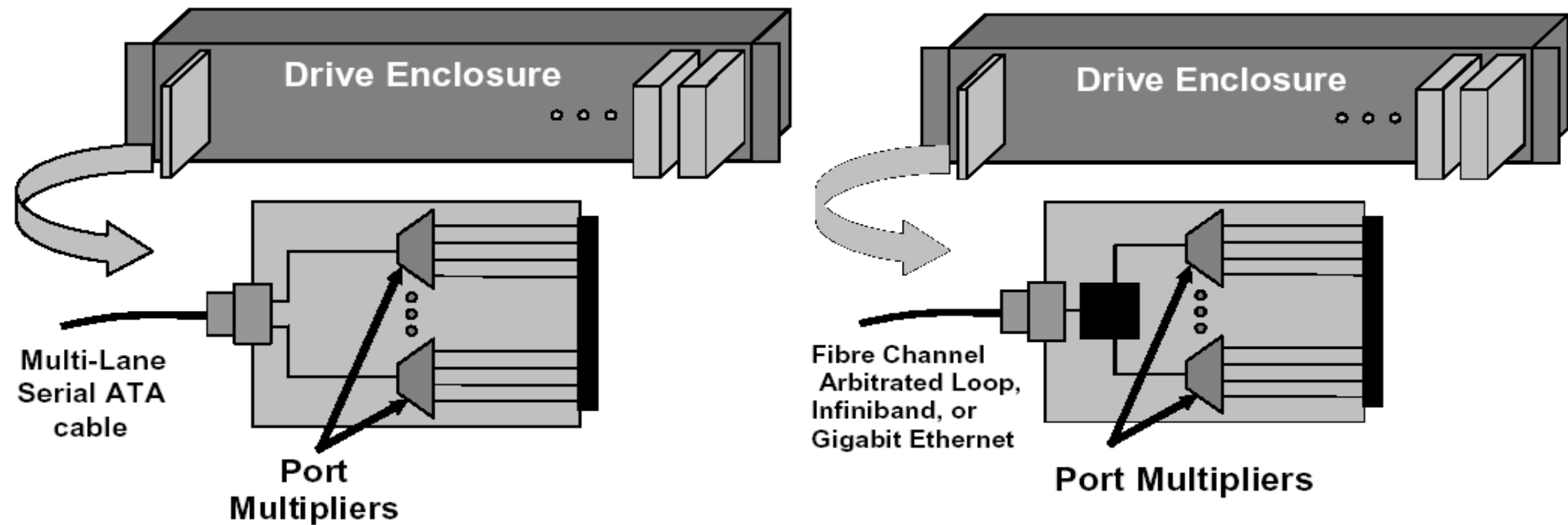


# Le multiplicateur de port

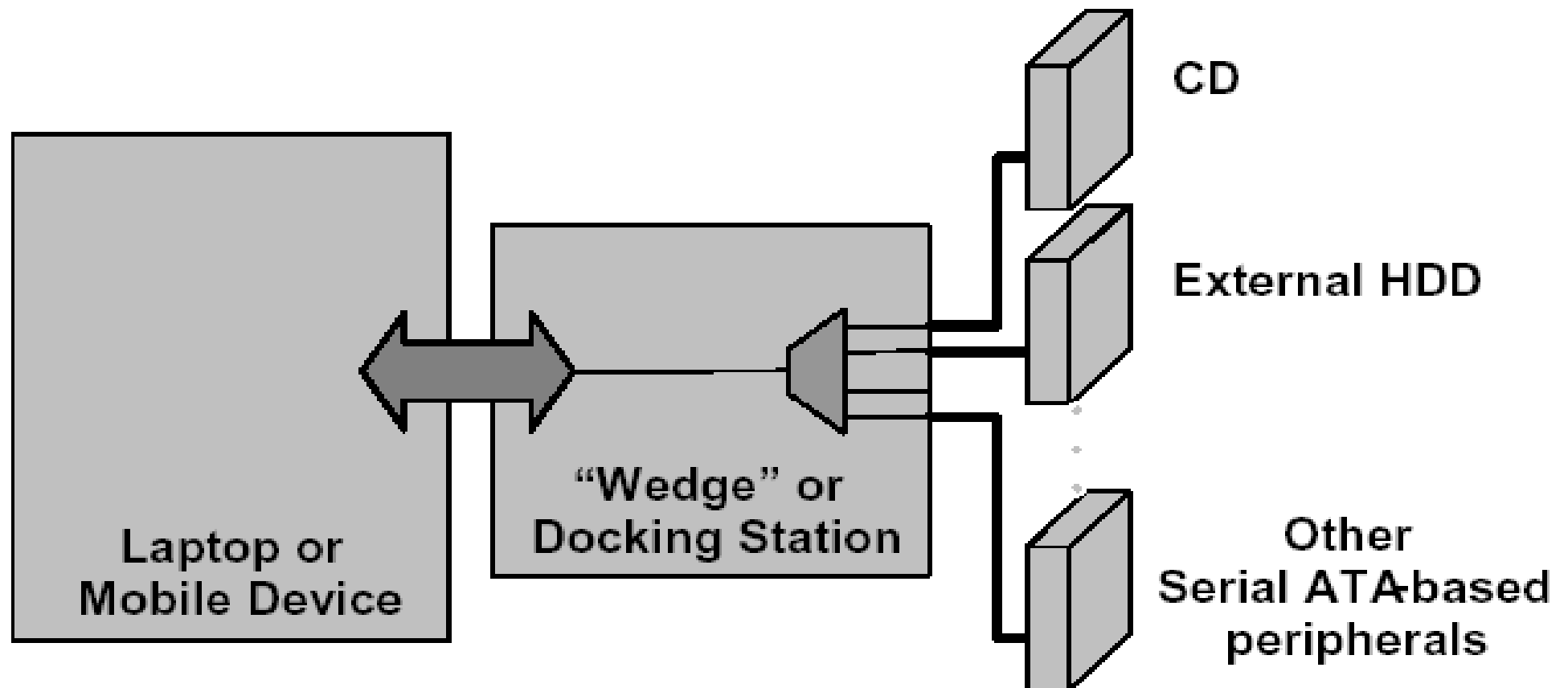
---



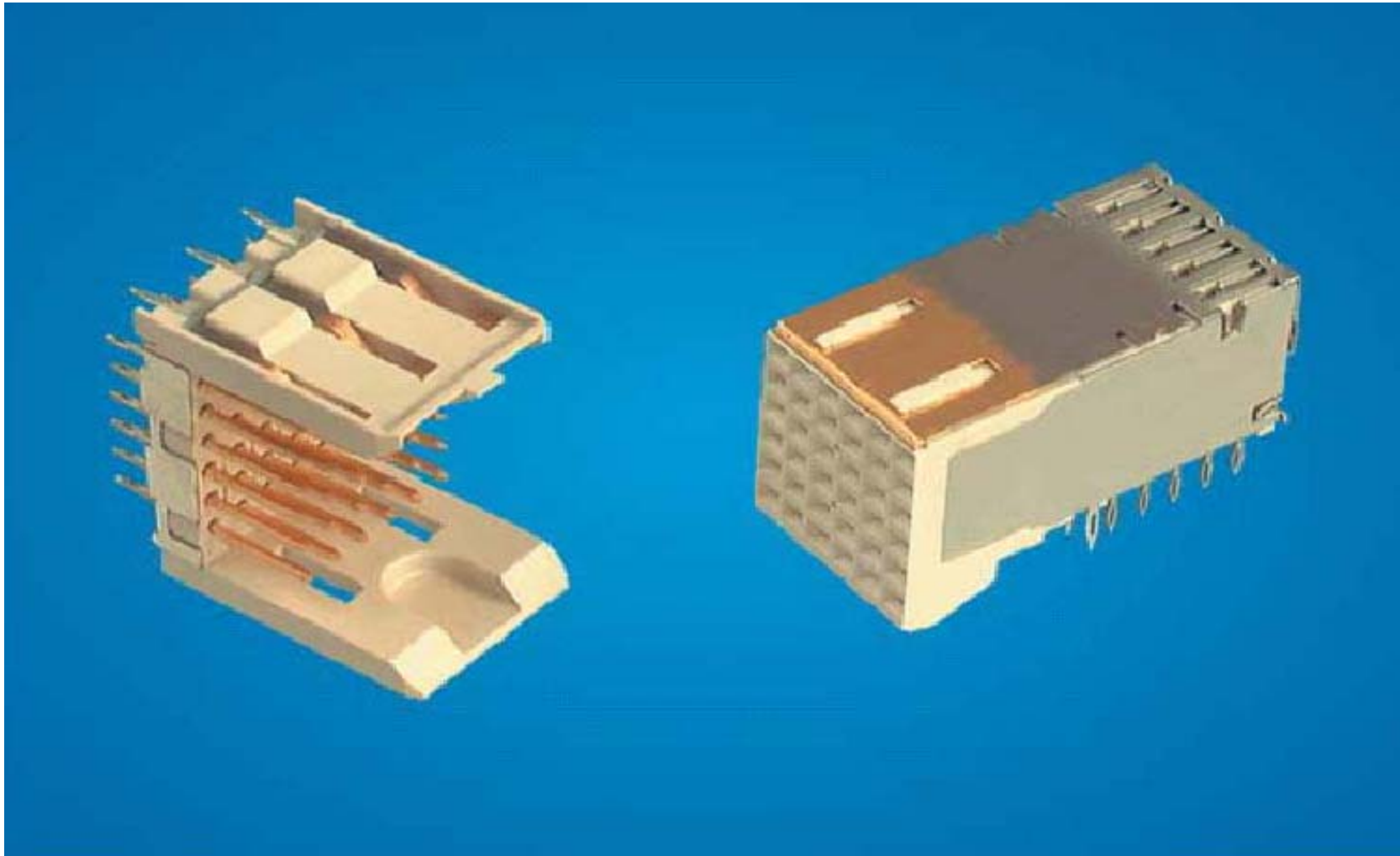
# Le multiplicateur de port



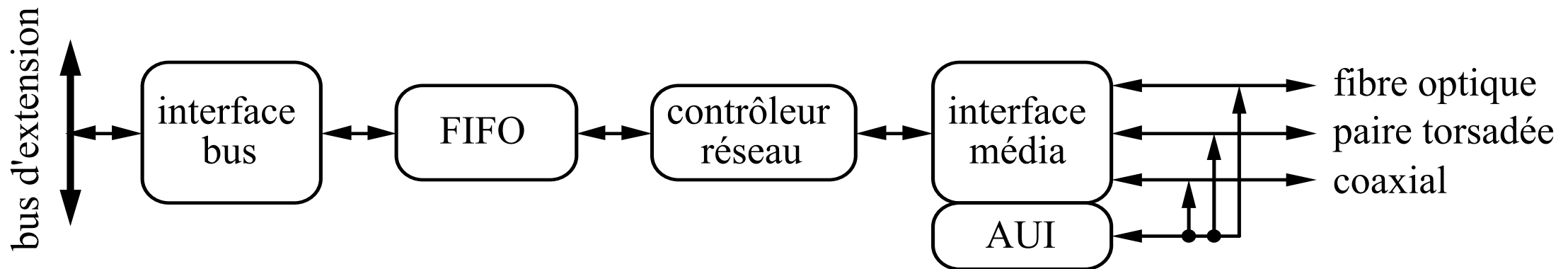
# Le multiplicateur de port



# Le connecteur de fond de panier 30 points



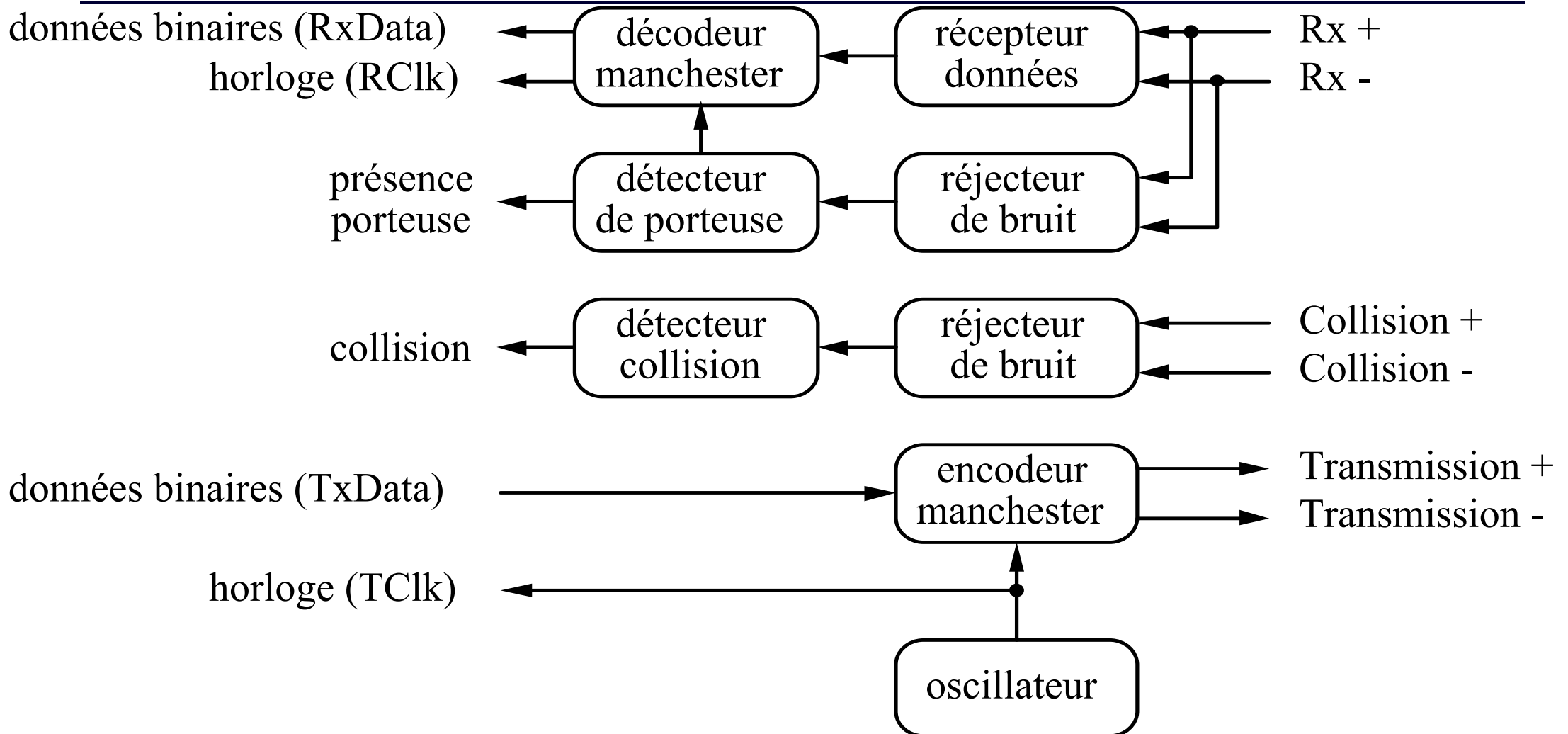
# L'interface ethernet



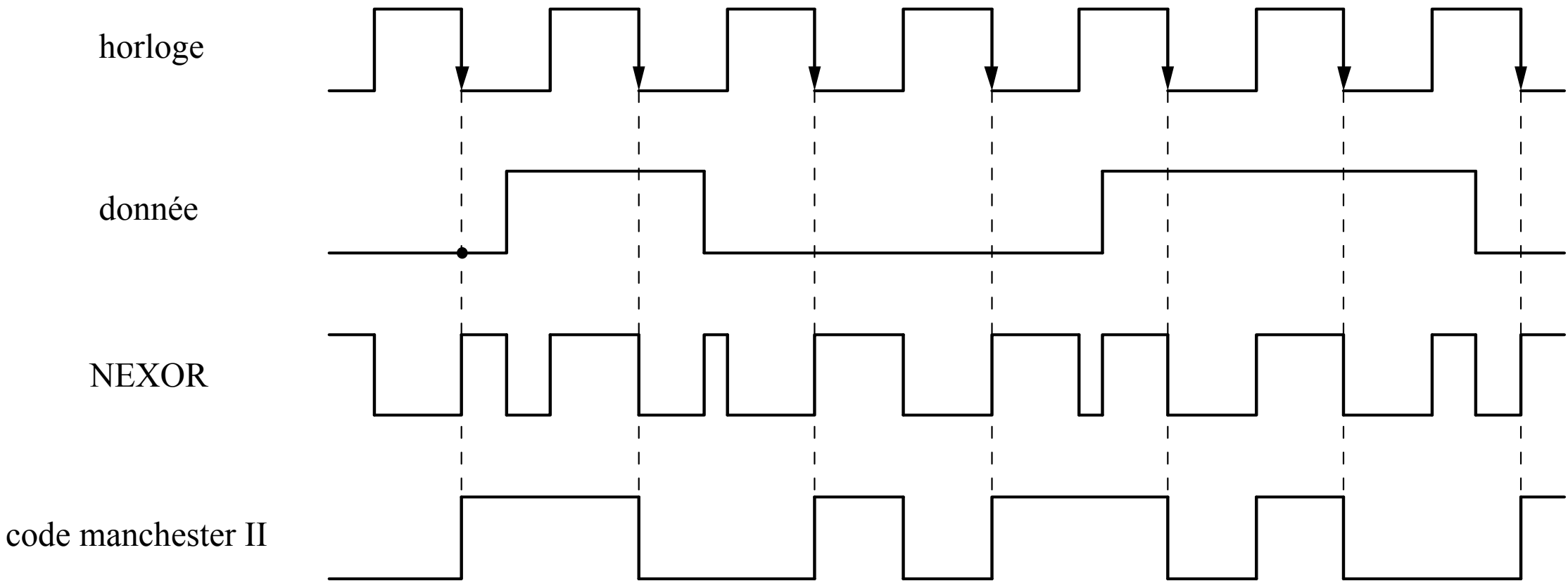
# Les différents « ethernet »

Norme	Média	Remarque
IEEE 802.3 10Base2	coaxial ethernet fin	
IEEE 802.3 10Base5	coaxial gros ethernet	
IEEE 802.3 10Base-T	2 paires torsadées différentielles	
IEEE 802.3 10Base-F	2 fibres optiques (RxData et TxData)	-FL, -FB et -FP
IEEE 802.3u 100Base-TX	2 paires torsadées catégorie 5	fast ethernet
IEEE 802.3u 100Base-T2	2 paires torsadées catégorie 3	fast ethernet
IEEE 802.3u 100Base-T4	4 paires torsadées catégorie 3	fast ethernet
IEEE 802.3u 100Base-FX	2 fibres optiques (RxData et TxData)	fast ethernet
IEEE 802.3z 1000Base-CX	paires torsadée blindée	gigabit ethernet
IEEE 802.3z 1000Base-T	UTP catégorie 5	gigabit ethernet
IEEE 802.3z 1000Base-LX	LWL fiber optic	gigabit ethernet Long Wavelength Laser
IEEE 802.3z 1000Base-SX	SWL fiber optic	gigabit ethernet Short Wavelength Laser

# Le contrôleur Ethernet



# Le code Manchester

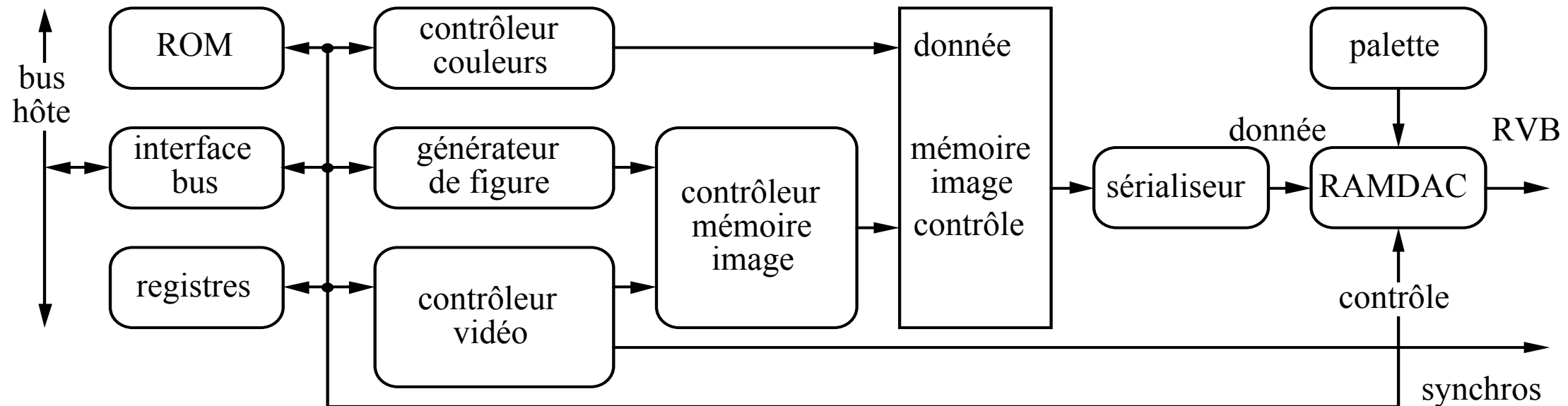


# L'interface vidéo

---

- Rôle : générer les signaux vidéo nécessaires au périphérique d'affichage
- Affichage de texte et/ou de graphisme
- De plus en plus évoluée
  - fonctions 3D intégrées
  - dialogue avec l'écran

# Structure détaillée d'un contrôleur vidéo graphique



# Standards d'affichage

---

## □ Définition :

- des résolutions graphiques
- de la résolution alphanumérique
  - format des caractères
  - nombres caractères et lignes
- du nombre de couleurs
- des fréquences de synchronisation horizontale et verticale
- des signaux et du connecteur

# Les standards monochrome

---

- MDA (1981)
  - *Monochrome Display Adapter*
  - 720 × 350
- HGC
  - *Hercules Graphics Card*
  - 720 × 348 monochrome en 2 pages

# Comparaison monochrome/couleur

---

Caractéristique	HGC	CGA
format graphique	720 X 348	640 X 200
Nb page	2	1
taille page mémoire	32 Ko	16 Ko
sortie vidéo	vidéo + I	RGBI et composite
fréquence ligne	18,8 KHz	15,75 KHz
fréquence trame	51 Hz	60 Hz

# Les standards couleurs à sortie logique

---

## □ CGA (1981)

- *Color Graphics Adapter*

- 320 × 200 en 4 couleurs parmi 16

- 640 × 200 en 2 couleurs

- couleur codée sur 4 bits : un par plan et un bit d'intensité

## □ EGA (1985)

- *Enhanced Graphics Adapter*

- 640 × 350 en 16 couleurs

# Les standards couleurs à sortie analogique (1/2)

---

## □ MCGA

- *Multi Color Graphics Array*
- arrivée du PS/2 en 1987

## □ VGA (1987)

- *Video Graphics Array*
- 6 bits pour chaque couleur primaire → 18 bits
- 320 × 200 256 couleurs
- 640 × 480 16 couleurs

# Les standards couleurs à sortie analogique (2/2)

---

## □ PGA

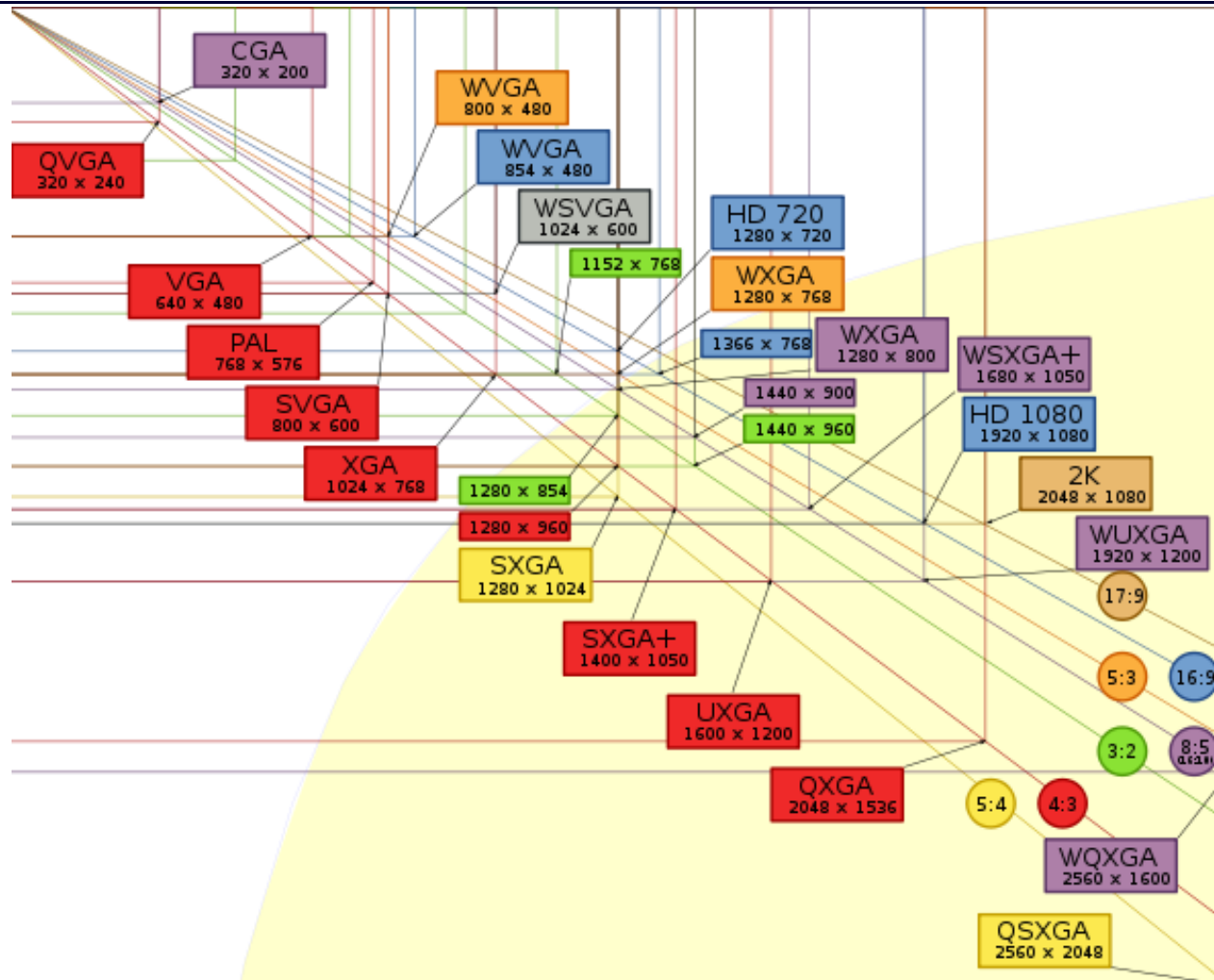
- Professional Graphics Adapter
- $640 \times 400$

## □ SVGA

- Super VGA
- basé sur le coprocesseur 8514/A
- $800 \times 600$  à l'origine, puis  $1024 \times 768$

## □ XGA : *eXtended Graphics Array*

# Résolutions graphiques 2011



Document Wikipedia

# Les connecteurs vidéo

## MDA

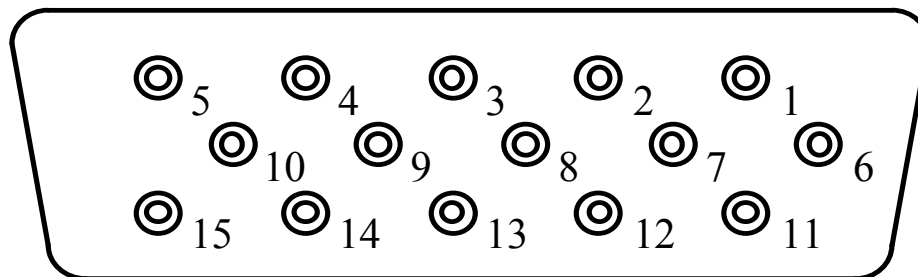
N° broche	Signal
1	ground
2	ground
3	NC
4	NC
5	NC
6	intensité
7	vidéo
8	Sync H
9	Sync V

## CGA

N° broche	Signal
1	ground
2	ground
3	rouge
4	vert
5	bleu
6	intensité
7	NC
8	Sync H
9	Sync V

## VGA

N° broche	Signal
1	rouge
2	vert
3	bleu
4	ID bit
5	NC
6	retour rouge
7	retour vert
8	retour bleu
9	pas de broche
10	ground
11	ID bit
12	ID bit
13	Sync H
14	Sync V
15	NC



# Types de connecteurs

---

□ Sub-D



□ RCA



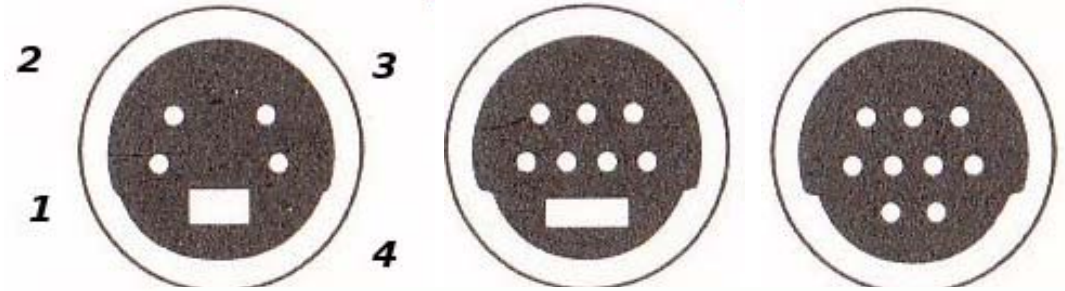
□ BNC

■ PnP impossible

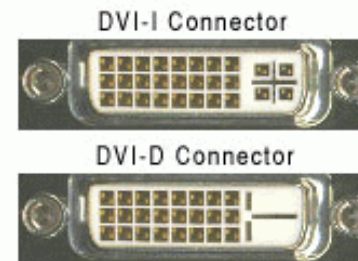


# Types de connecteurs

- S-Vidéo : mini-DIN



- DVI (*Digital Video Interface*)

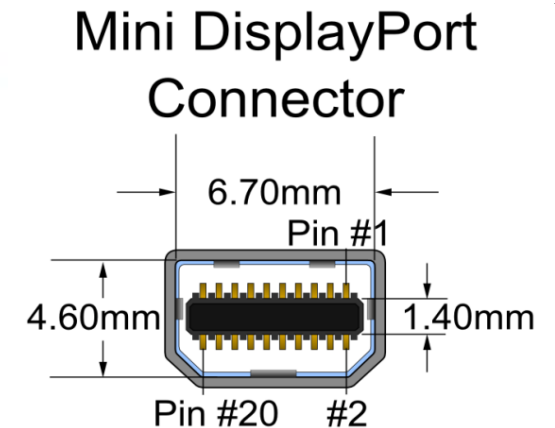


VESA DMS-59 Connector



# Types de connecteurs

## □ DisplayPort (VESA)



## □ HDMI (*High-Definition Multimedia Interface*)

### ■ type A (19 broches)

- rétro-compatible avec le DVI *Single-link* (DVI-D, DVI-I mais pas DVI-A)

### ■ type B (29 broches)

- rétro-compatible avec le DVI *Dual-link*

### ■ Type C : version compacte du type A



# Conclusion : Exemples de débit d'interface

---

- Interface clavier PS/2 : 1200 b/s
- Audio : 1 Mo/s → 37 Mb/s (HDMI 1.4)
- Vidéo/Graphique : 2 à 9 Mo/s  
→ 3,4 Gb/s (HDMI 1.4)
- Réseau
  - FDDI : 15 Mo/s
  - Ethernet : 1,25 Mo/s (10 Mb/s) → 1 Gb/s
- USB 2,0 : 480 Mb/s
- SCSI : 640 Mo/s