
Les entrées/sorties

Les périphériques

- La fonction d'un ordinateur est le traitement de l'information (fonction réalisée au niveau de la mémoire et l'UC). L'ordinateur acquiert cette information et restitue cette information au moyen d'E/S

La fonction de communication

- Les échanges d'informations entre les périphériques, le processeur central, la mémoire centrale

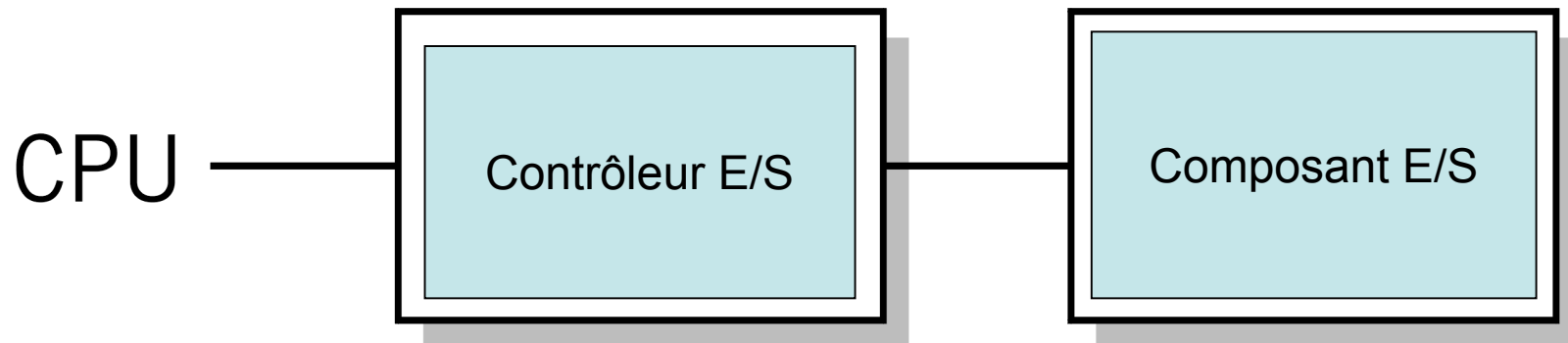


Entrées/Sorties

- Les périphériques
 - Dispositifs matériels permettant d'assurer les échanges d'informations en entrée et en sortie entre l'ordinateur et l'extérieur ou de stocker de manière permanente des informations
 - ▣ Clavier
 - ▣ Souris
 - ▣ Imprimantes
 - ▣ Écrans, ...

Simple Configuration des E/S

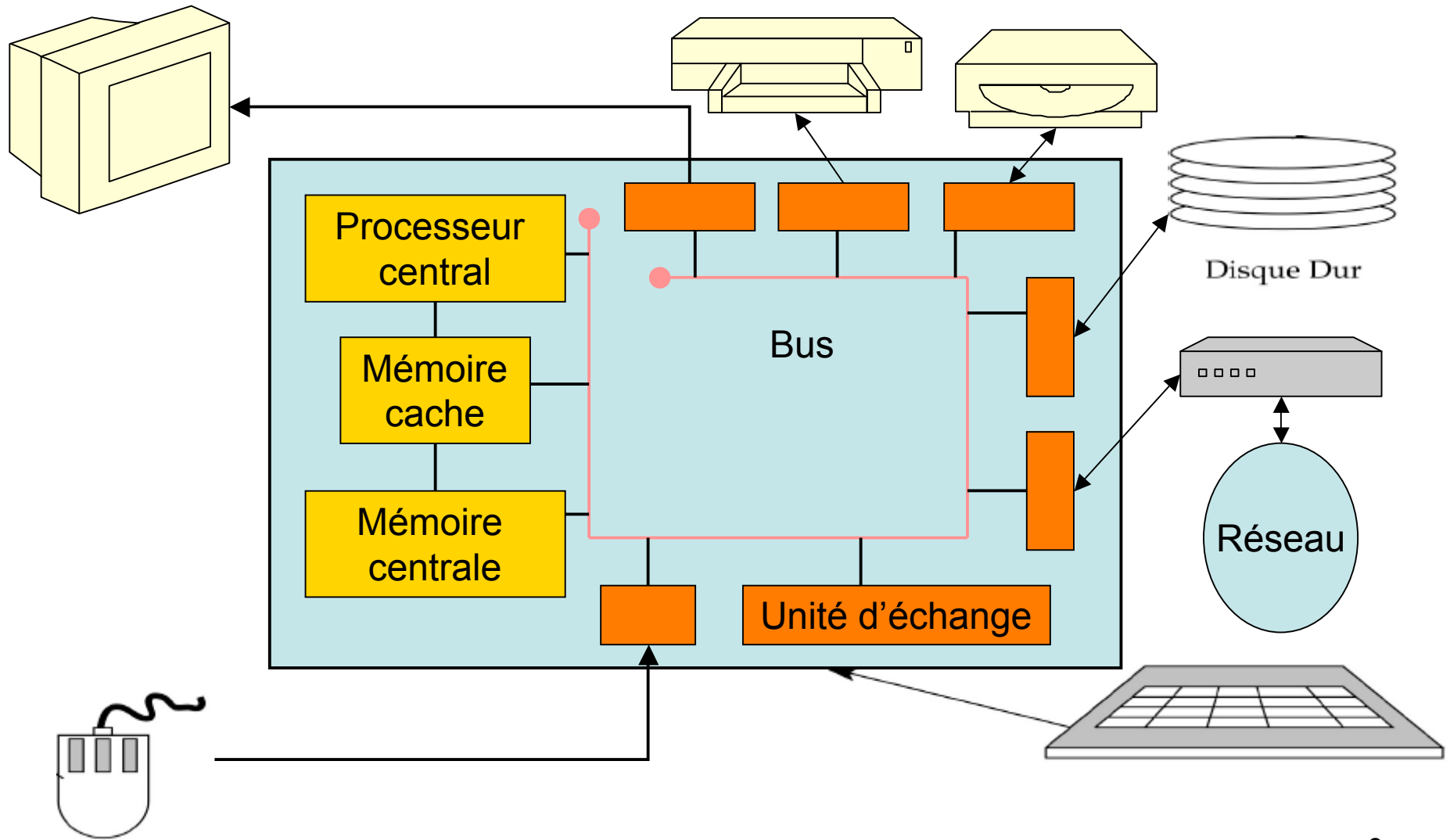
- Dans le modèle LMC
 - E/S modélisées par des paniers IN/OUT
- Dans un ordinateur réel ces derniers sont remplacés par un contrôleur



Contrôleurs E/S

- Communication entre les modules du processeur et les périphériques
 - Le but est d'adapter la diversité des périphériques (débit, tps de réponse, format des données, etc.) à une interface commune obéissant aux normes adoptés par le constructeur
 - Double nature
 - ▣ Communication avec la mémoire centrale et le microprocesseur
 - ▣ Au travers de bus dits bus d'extension (ISA, USB, PCI, ...)
 - ▣ Communication avec les périphériques
 - ▣ Pilotage

Entrées/Sorties



Exemples de composants E/S

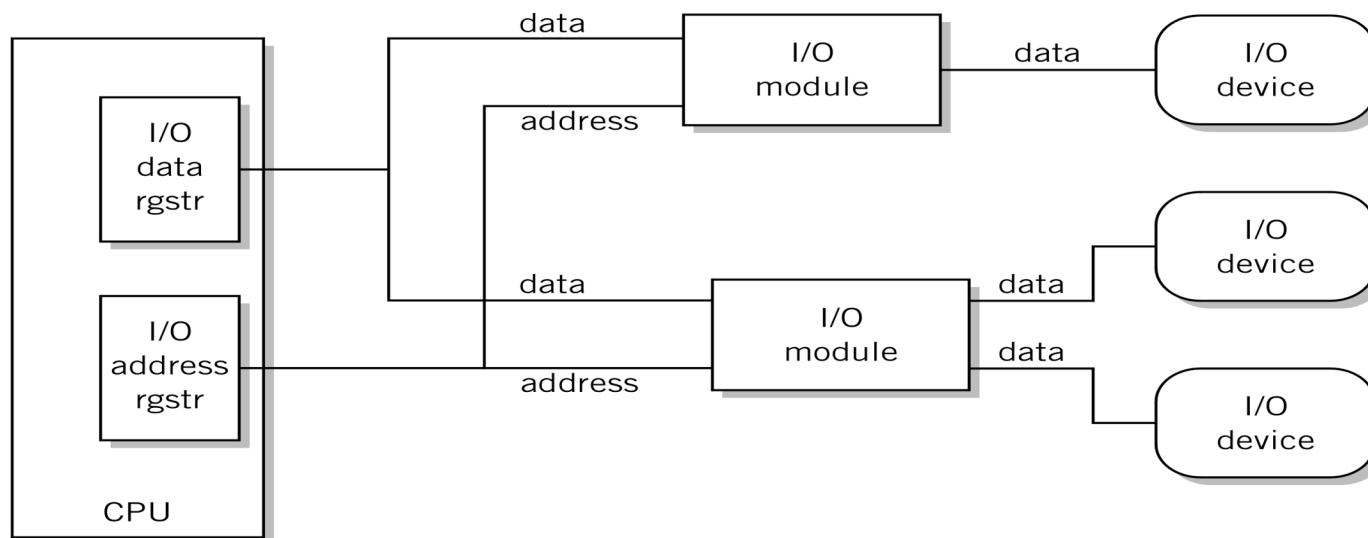
Device	Input/Output	Data rate	Type
Keyboard	Input	100 bps	char
Mouse	Input	3800 bps	char
Voice input/output	Input/Output	264 Kbps	block burst
Sound input	Input	3 Mbps	block burst or steady
Scanner	Input	3.2 Mbps	block burst
Laser printer	Output	3.2 Mbps	block burst
Sound output	Output	8 Mbps	block burst or steady
Flash drive	Storage	480-800 Mbps read; 80 Mbps write	block burst
USB	Input or output	1.6-480 Mbps	block burst
Network/Wireless LAN	Input or output	11-100 Mbps	block burst
Network/LAN	Input or output	100-1000 Mbps	block burst
Graphics display	Output	800-8000 Mbps	block burst or steady
Optical disk	Storage	4-400 Mbps	block burst or steady
Magnetic tape	Storage	32-90 Mbps	block burst or steady
Magnetic disk	Storage	240-3000 Mbps	block burst

Gestion des entrées-sorties

- Trois méthodes de gestion des entrées-sorties
 - La liaison programmée
 - Les entrées-sorties pilotées par les interruptions
 - L'utilisation d'un dispositif permettant des accès directs à la mémoire, DMA

Liaison programmée

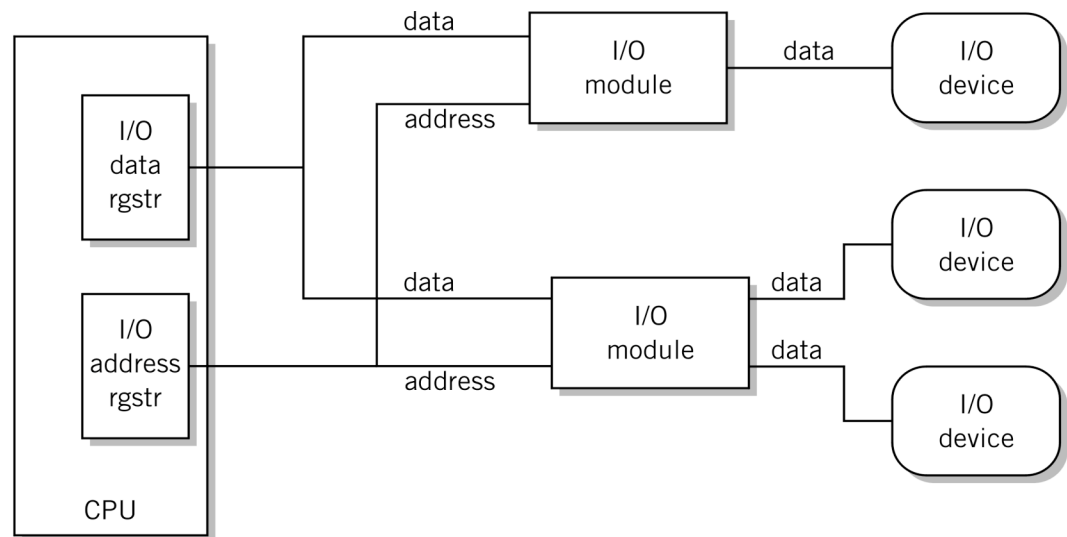
- Modèle le plus simple dans lequel le contrôleur E/S est connecté à une paire de registres E/S (donnée&adresse) dans le CPU via un bus



- Processeur central est totalement utilisé pour contrôler et piloter les échanges avec le périphérique
 - Transfert d'un mot à la fois; le CPU reste bloqué durant toute la durée de l'échange

Liaison programmée

- Analogie entre les registres et les panier IN/OUT du modèle LMC
- En pratique, il y a plusieurs périphériques connectés au CPU (on utilise le champ d'adresse de l'instruction E/S; LMC – capacité d'adresser 100 E/S)
- Communication très lente
- Utilisation:
 - Clavier d'ordinateur
 - communication avec des contrôleurs E/S



Liaison programmée

- Le processeur fait une attente active: il attend que le périphérique soit libre en exécutant des instructions
- Mode de gestion est inefficace

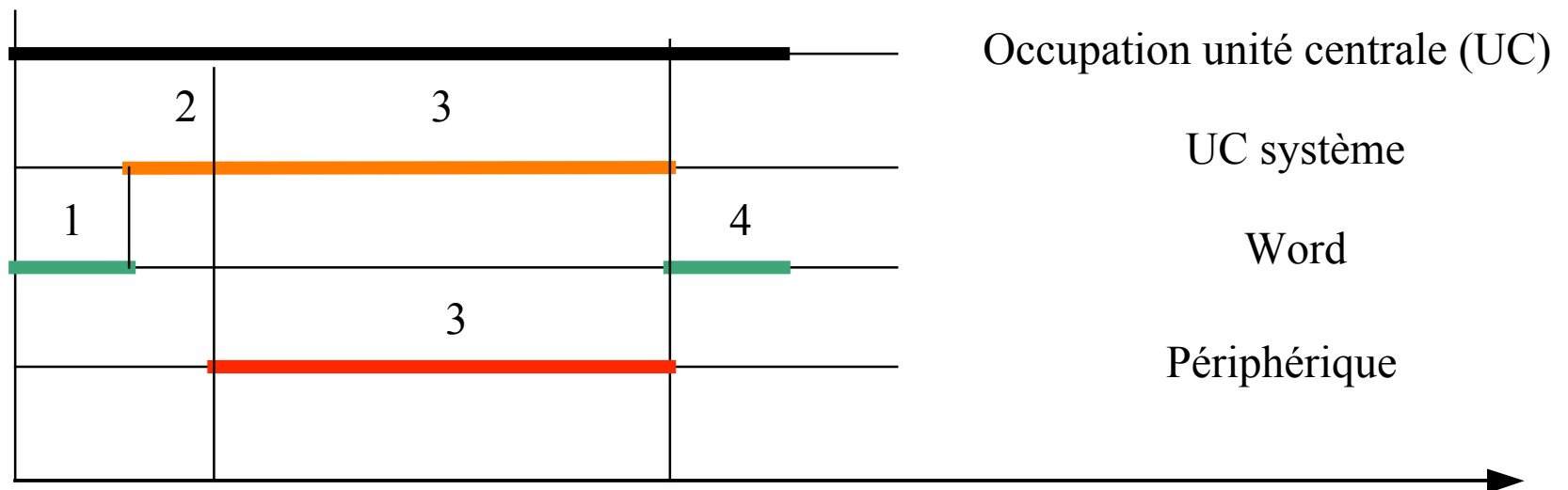
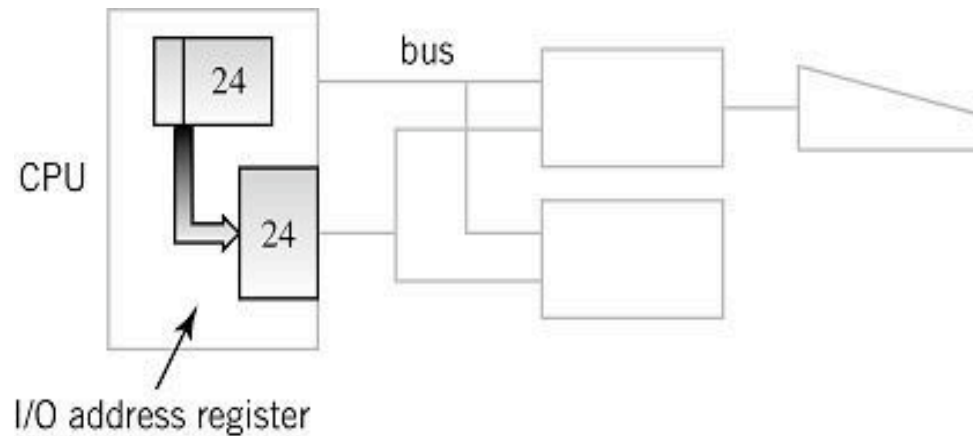
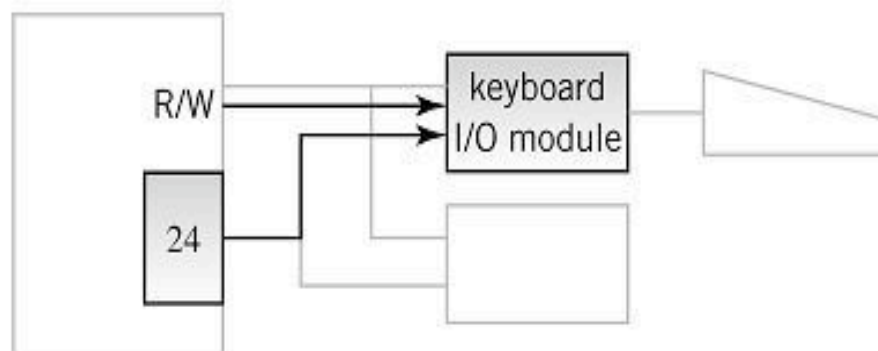


Schéma temporel: Entrées-sorties programmées

Liaison programmée, Exemple



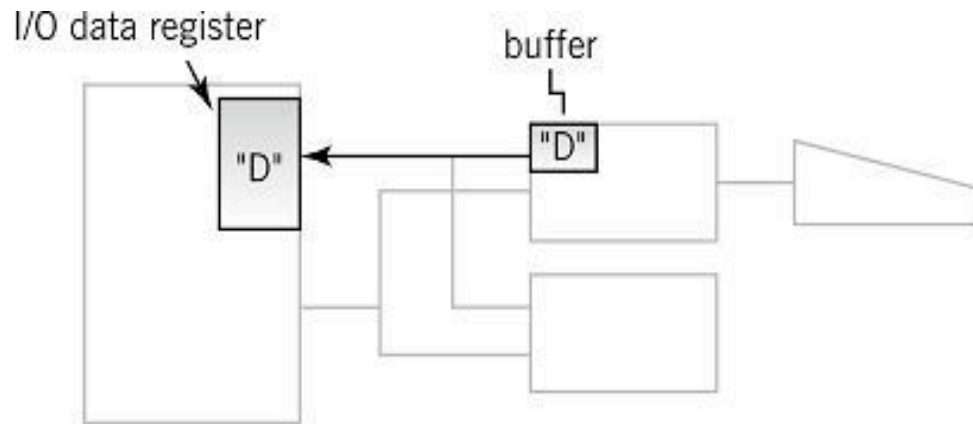
1. CPU executes INPUT 24 instruction. Address 24 is copied to the I/O address register.



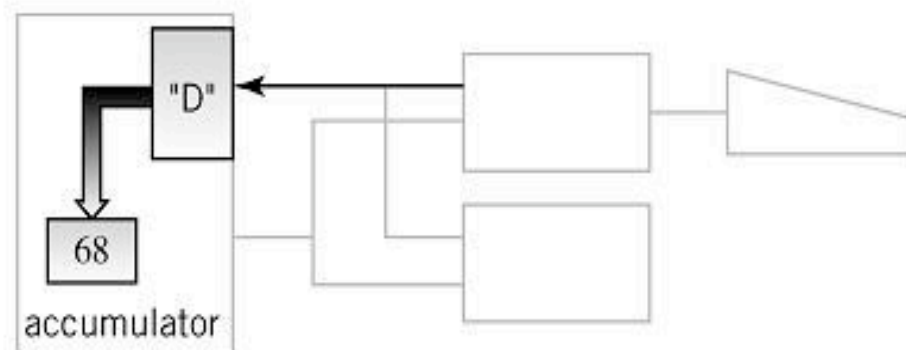
2. Address 24 is recognized by the keyboard I/O module. A read/write control line indicates that the instruction is an INPUT.

(Figure continues on next slide)

Liaison programmée, Exemple



3. A buffer in the I/O module holds a keystroke, in this case ASCII 68, the letter "D". The data is transferred to the I/O data register.



4. From there it is copied to the appropriate accumulator or general-purpose register, completing the operation.

Entrées-sorties pilotées par les interruptions

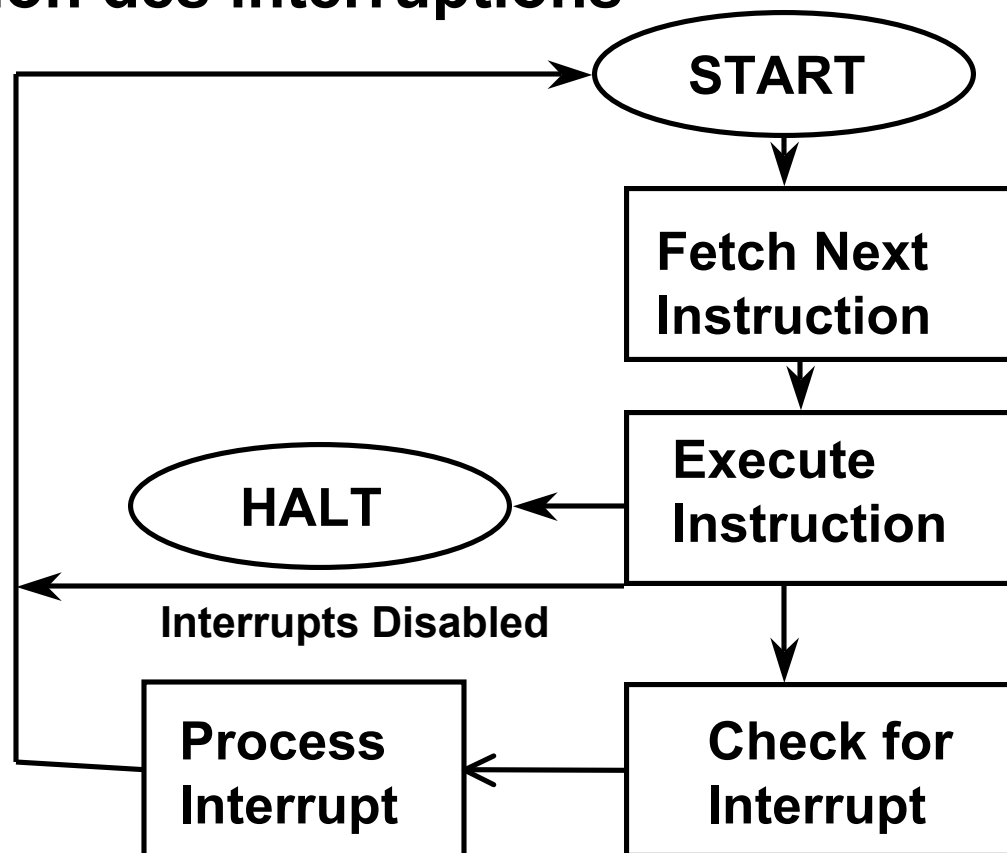
- Interruption
- Signal qui force le processeur à l'interrompre l'exécution du programme en cours pour lancer une procédure spéciale appelée procédure d'interruption
 - libère CPU de l'attente d'événements
 - Fournit un contrôle d'E/S extérieur
- Exemples
 - Entrée imprévue
 - Situation anormale
 - Instructions illégales
 - multitâches, multiprocesseurs

Entrées-sorties pilotées par les interruptions

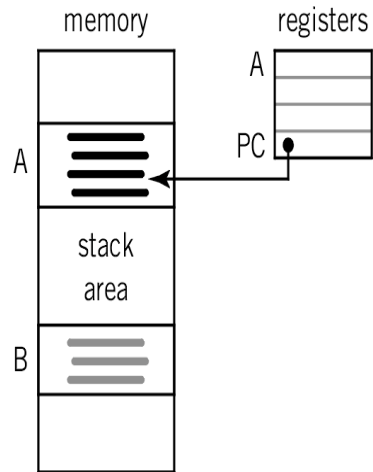
- Le périphérique utilise le mécanisme des interruptions pour signaler qu'il est prêt
- Tous les périphériques signalent un événement au processeur par le biais d'une ligne d'interruption unique en positionnant le signal correspondant
- Pour prendre en charge les interruptions le Système d'exploitation dispose d'un ensemble de programmes de gestion des interruptions
- À la réception d'une interruption le programme en cours d'exécution est arrêté au profit du programme de gestion d'interruption

Le CPU – cycle de la gestion des interruptions

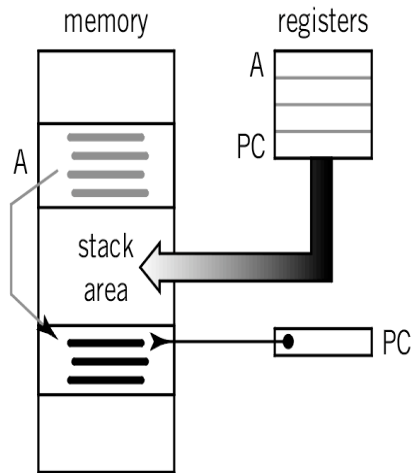
- Cycle Fetch / Execute
- Cycle de la gestion des interruptions



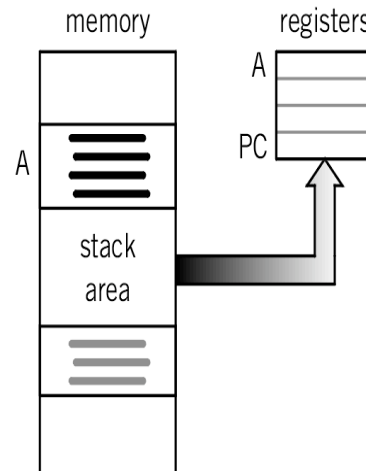
Interruption



1. Before interrupt arrives, program A is executing. The program counter points to the current instruction.



2. When the interrupt is received by the CPU, the current instruction is completed, all the registers are saved in the stack area (or in a special area known as a process control block). The PC is loaded with the starting location of program B, the interrupt handler program. This causes a jump to program B, which becomes the executing program.



3. When the interrupt routine is complete, the registers are restored, including the program counter, and the original program resumes exactly where it left off.

Entrées-sorties pilotées par les interruptions

- Point de vue de l'utilisateur
 - Possession en permanence le processeur sauf pendant les périodes où le processeur est attribué au programme de gestion de l'interruption et du pilote
 - Traitement en tâche de fond

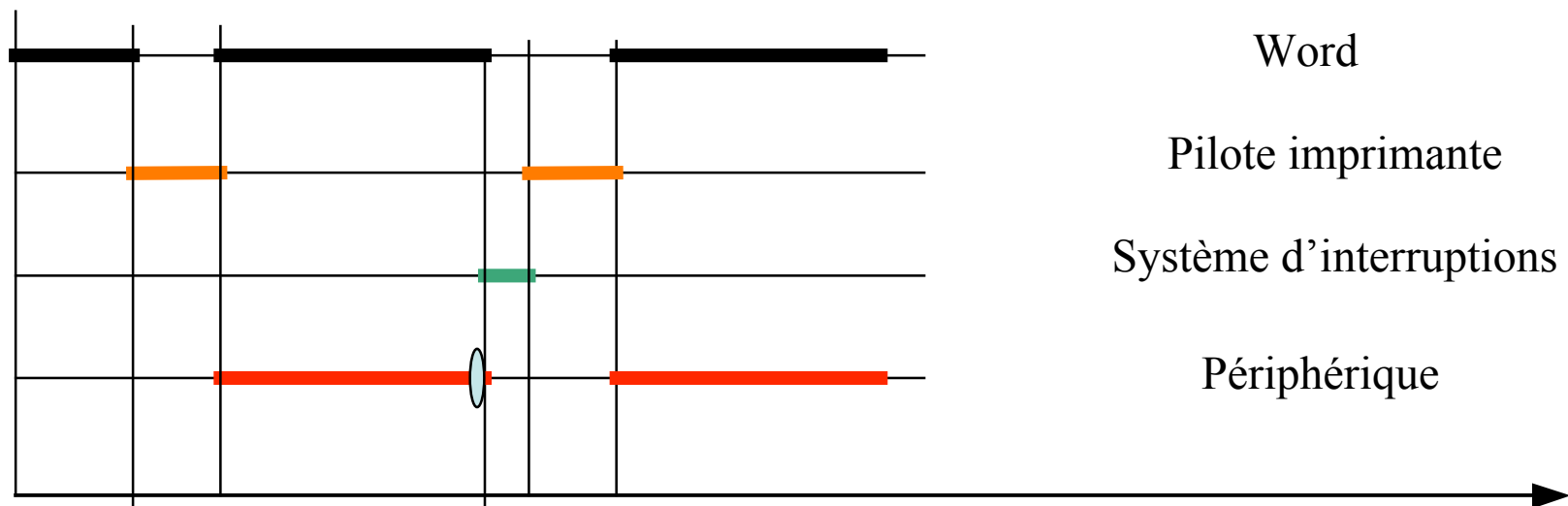


Schéma temporel: Entrées-sorties pilotées par interruptions

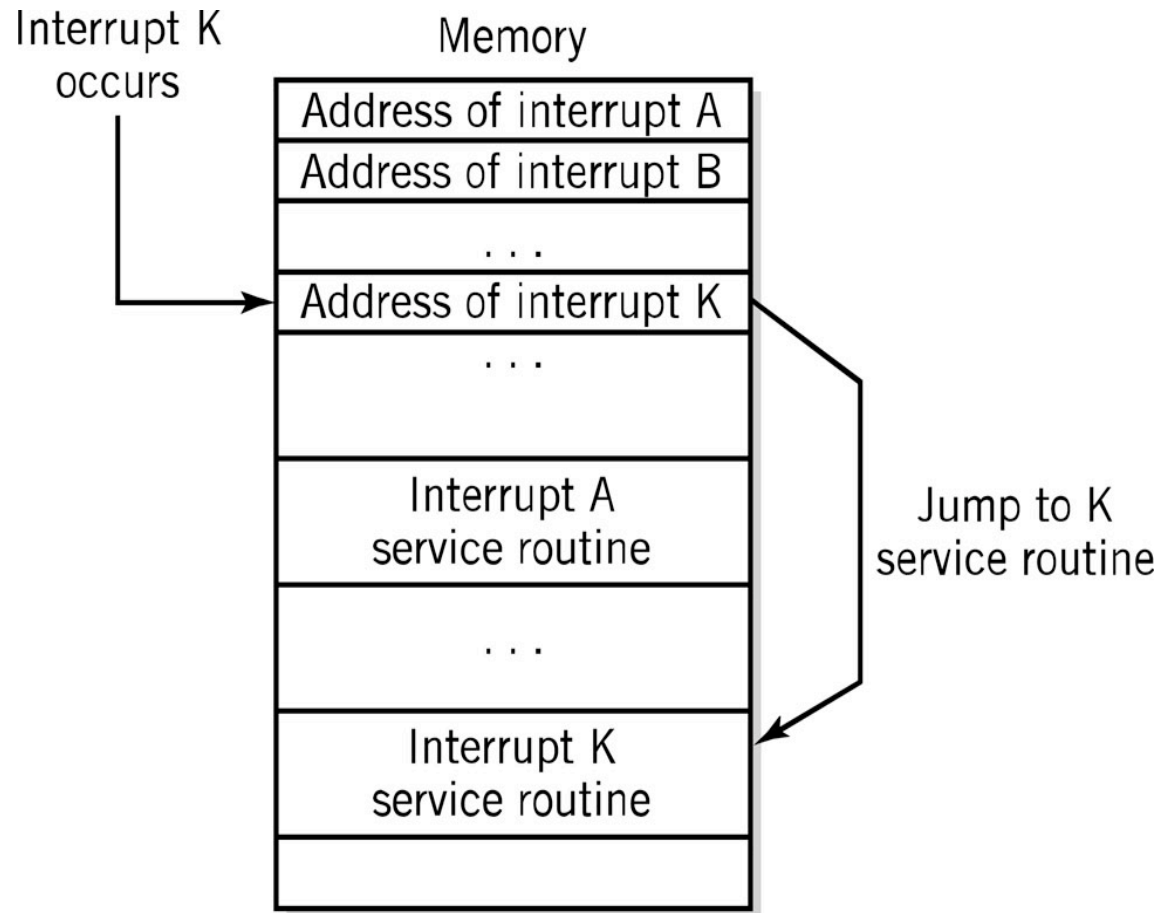
Gestions des interruptions

- Comment l'ordinateur identifie le périphérique demandant une interruption?
- Que se passe t-il si une interruption arrive alors que l'ordinateur en traite déjà une autre?
- Que se passe t-il si plusieurs interruptions arrivent en même temps?
 - Priorité?

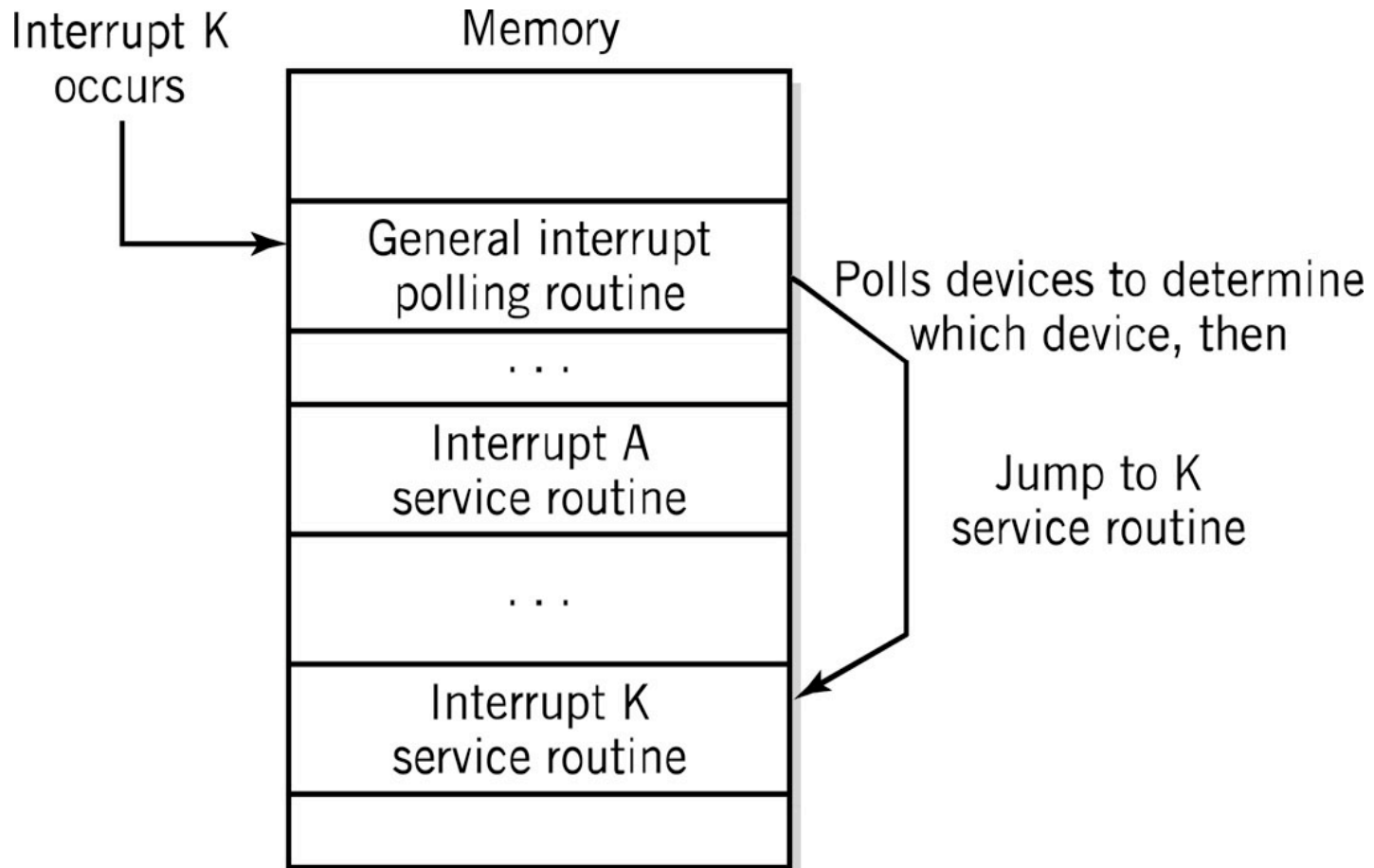
Gestions des interruptions

- Comment l'ordinateur identifie le périphérique demandant une interruption?
- Scrutation
 - Identification du composant par scrutation, en interrogeant, tous les périphériques
- Interruption "vectored"
 - Le périphérique après avoir déposé un signal d'interruption, place sur le bus de communication l'identification de l'interruption
 - Matériel supplémentaire

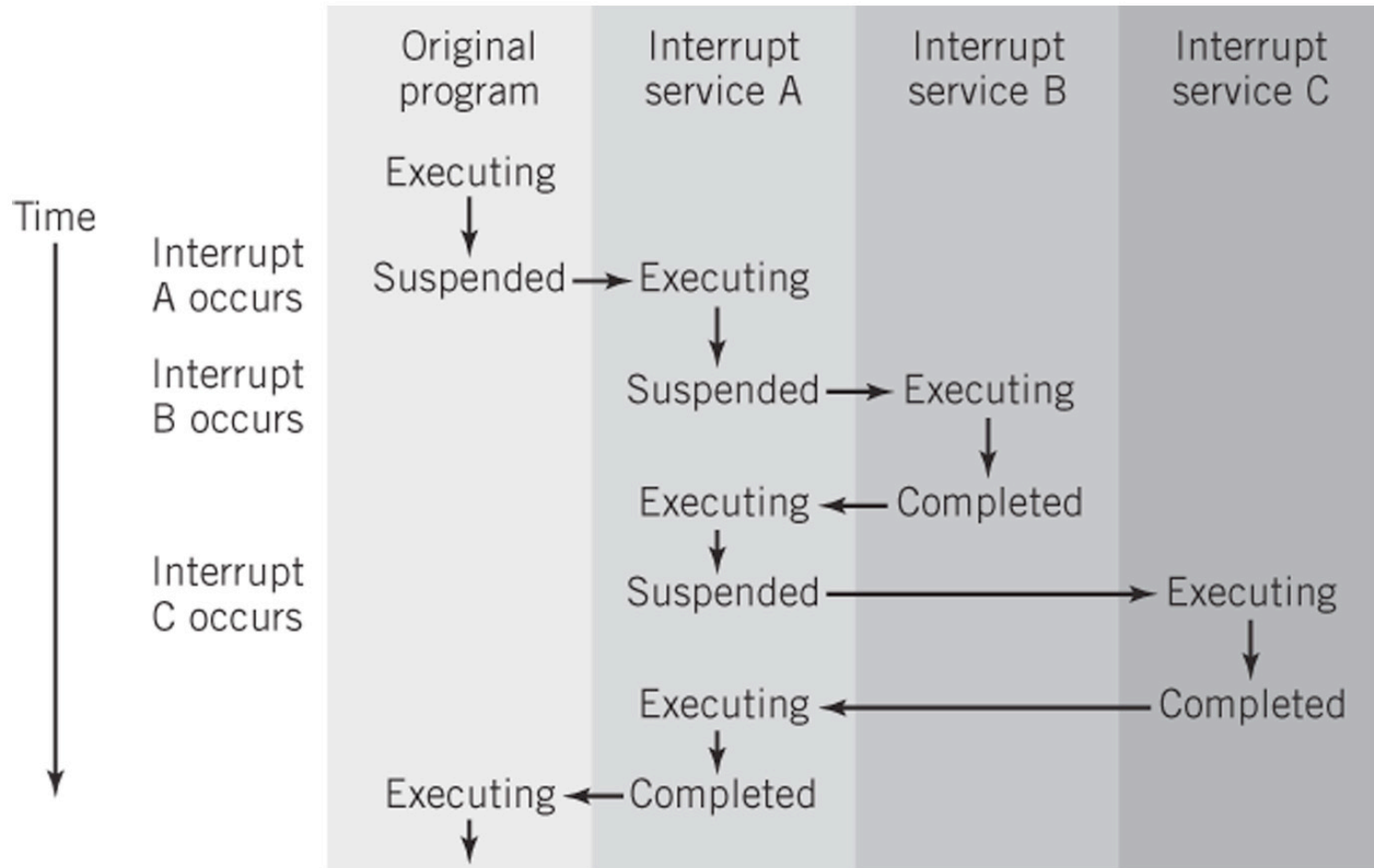
Interrupts “vectored”



Scrutation



Traitement de multiples interruptions



Accès direct à la mémoire

- Mécanisme d'interruptions est efficace
 - Toutefois il ne faut pas que le temps utilisé par le processeur pour le programme de gestion d'interruption et du pilote soit trop important. Solution:
 - ▣ Diminuer le nombre d'interruptions
 - ▣ Chargement à partir de la mémoire principale sans utilisation du processeur central
 - ▣ Dispositif DMA (Direct Memory Access)
 - ▣ Composant matériel comprend
 - Un registre d'adresse
 - Un registre de comptage
 - Un registre de commande (lecture ou écriture)
 - Une zone tampon permettant le stockage de données
 - Un composant actif, de type processeur

Accès direct à la mémoire

- Le dispositif DMA est un composant matériel permettant d'effectuer des échanges entre mémoire centrale et unité d'échange sans utilisation du processeur
 - Le DMA se charge entièrement du transfert d'un bloc de données
 - Le CPU initialise l'échange en lui donnant l'identification du périphérique concerné, le sens du transfert, l'adresse en mémoire centrale du premier mot à transférer et le nombre de mots concernés par l'échange
 - Lorsque l'échange est terminée, le DMA signale au CPU que l'opération est terminée par interruption

Accès direct à la mémoire

- DMA
 - Pendant tout le temps de l'opération d'e/s le processeur central est libre

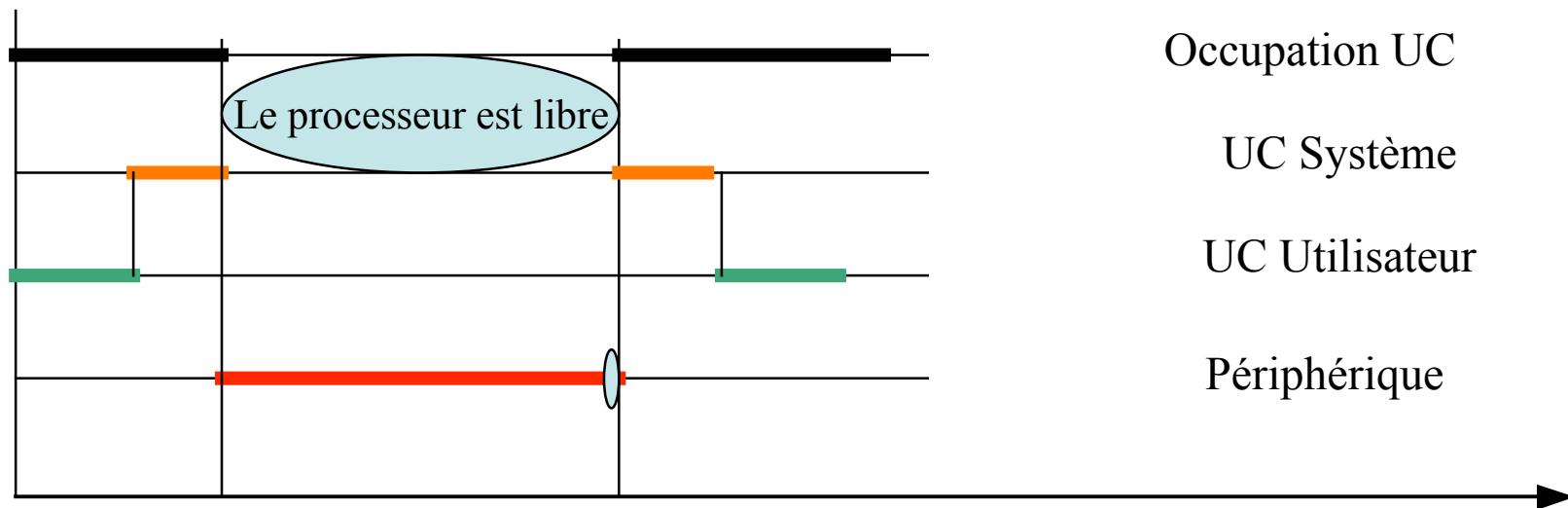


Schéma temporel d'exécution avec un mécanisme de DMA

Accès direct à la mémoire

- Pour les petits transferts il est préférables d'utiliser la liaison programmée, c'est aussi le cas pour l'initialisation et le contrôle d'un transfert DMA
- Exemple: Écriture/Lecture d'un bloc mémoire sur un disque



1. Programmed I/O used to prepare I/O module for transfer by providing required information and initiating transfer.



2. DMA transfer. In this case data is transferred from disk to memory.







3. Upon completion, disk controller sends *completion* interrupt to CPU.

Bus

- Bus
 - Lignes associées aux données, adresses, contrôle (horloge, interruptions, lecture/écriture, exceptions, etc.)
- Un PC actuel est organisé autour d'un (non exhaustif)
 - Bus CPU
 - Bus PCI (32/64-bits de largeur)
 - (qqfois) un bus ISA

Bus

- Un Bus est un groupement de conducteurs électriques permettant une connexion physique et le transport de signaux entre les différents composants de l'ordinateur
 - *Ligne*: Chaque conducteur dans le bus
- 4 types de signaux
 -  Les données
 -  Les adresses
 -  Le contrôle
 -  La puissance (parfois)

Caractéristiques de bus

- Le nombre de conducteurs séparés
- La largeur (nombre de bits) des données
- La capacité d'adressage
- Les lignes du bus sont dédiées pour un type de signal particulier ou sont partagées
- Le débit – Le taux de transfert de données en bits par second
- La distance entre deux points finals du bus
- Topologie
- Type de contrôle requis

Catégories de Bus

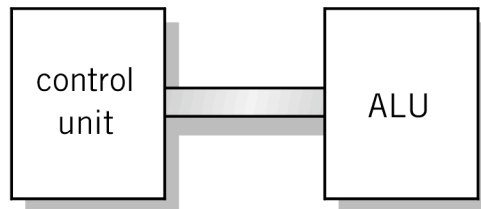
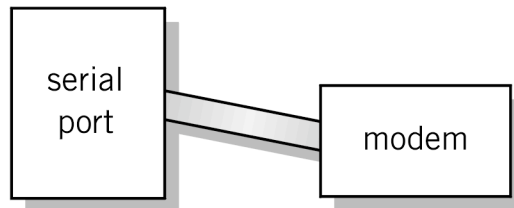
- Les bus parallèles vs. Les bus série
- Direction de transmission
 - Simplex – unidirectionnel
 - Half duplex – bidirectionnel, une direction un certain temps
 - Full duplex – bidirectionnel simultané
- Méthode de l'interconnexion
 - Point-à-point – liaison: source à destination
 - ▣ Câbles – Les bus point-à-point qui connectent vers un dispositif externe
 - Bus Multipoint – [broadcast bus]
 - ▣ Connecte les points multiple vers un autre bus
 - ▣ Type de bus dans les réseau Ethernet (nécessite une technique d'adressage ≠ Bus point-à-point)

Les bus parallèles vs. Les bus série

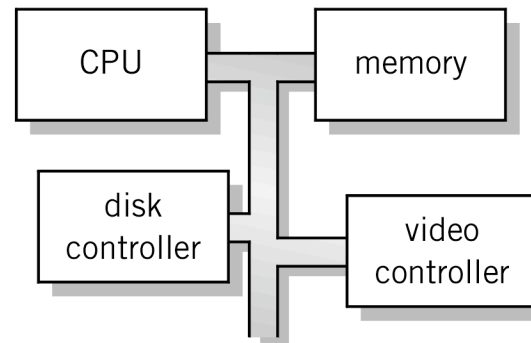
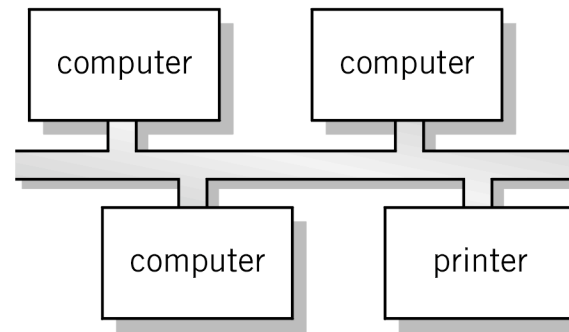
- Les bus parallèles
 - Ce sont des bus simples constitués d'autant de fils qu'il y a de bits à transporter. Ces bus sont coûteux et peu fiables pour des distances importantes. Ils sont utilisés sur des distances courtes, par exemple, pour relier le processeur, la mémoire et les unités d'échanges.
- Les bus série
 - Ils permettent des transmissions sur de grandes distances. Ils utilisent une seule voie de communication sur laquelle les bits sont sérialisés et envoyés les uns à la suite des autres

Point-à-point vs. Multipoint

Plug-in device →



examples of point-to-point buses

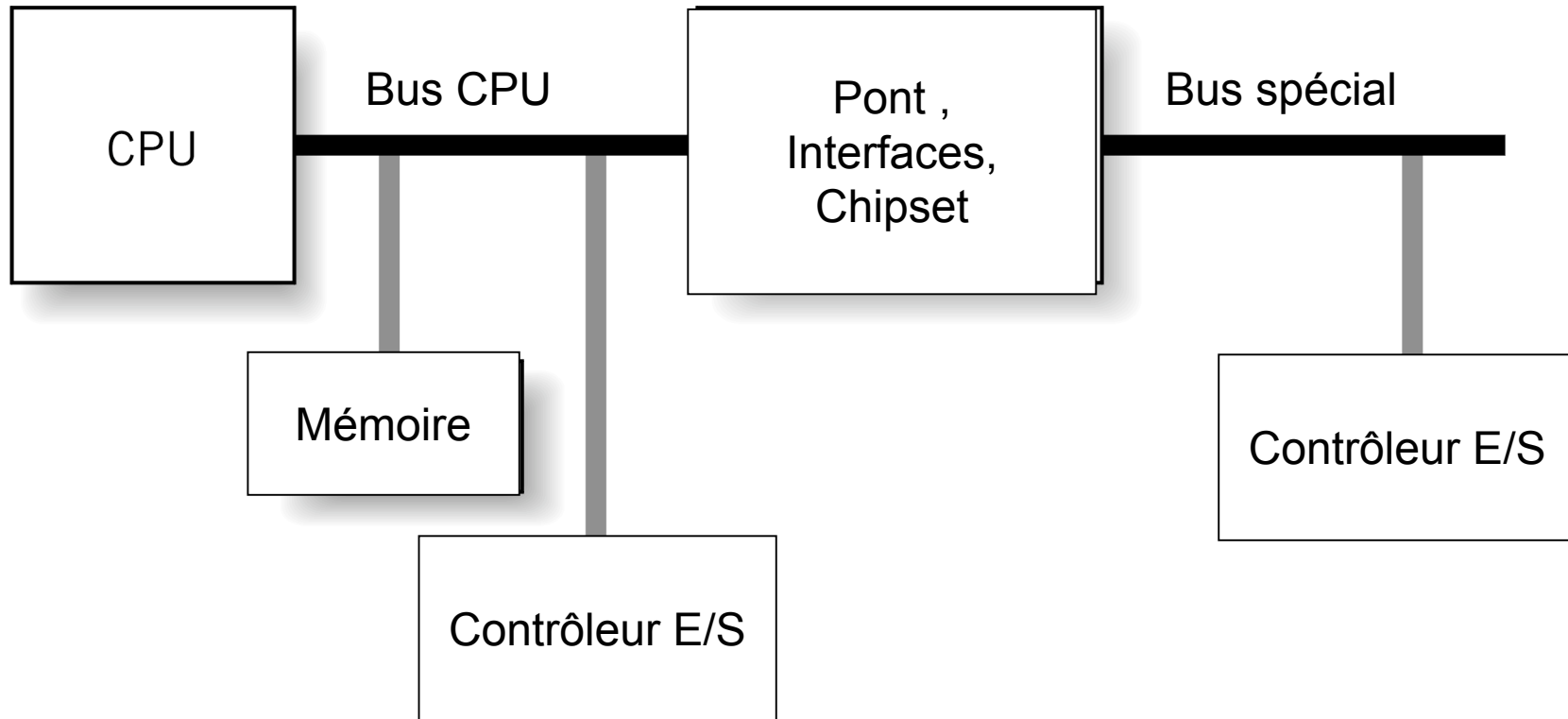


examples of multipoint buses

Broadcast bus
Example: Ethernet

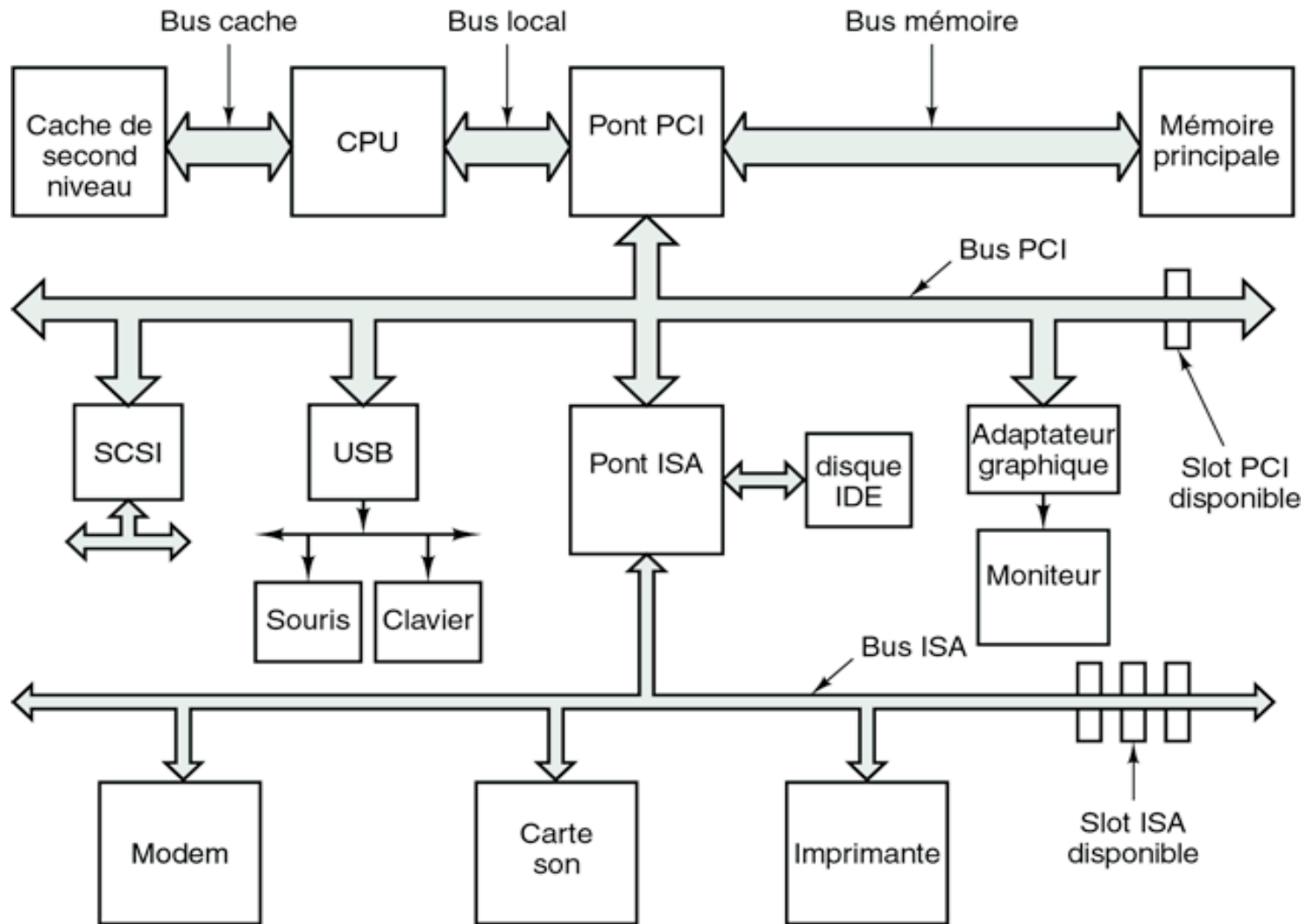
Shared among multiple devices

Bus



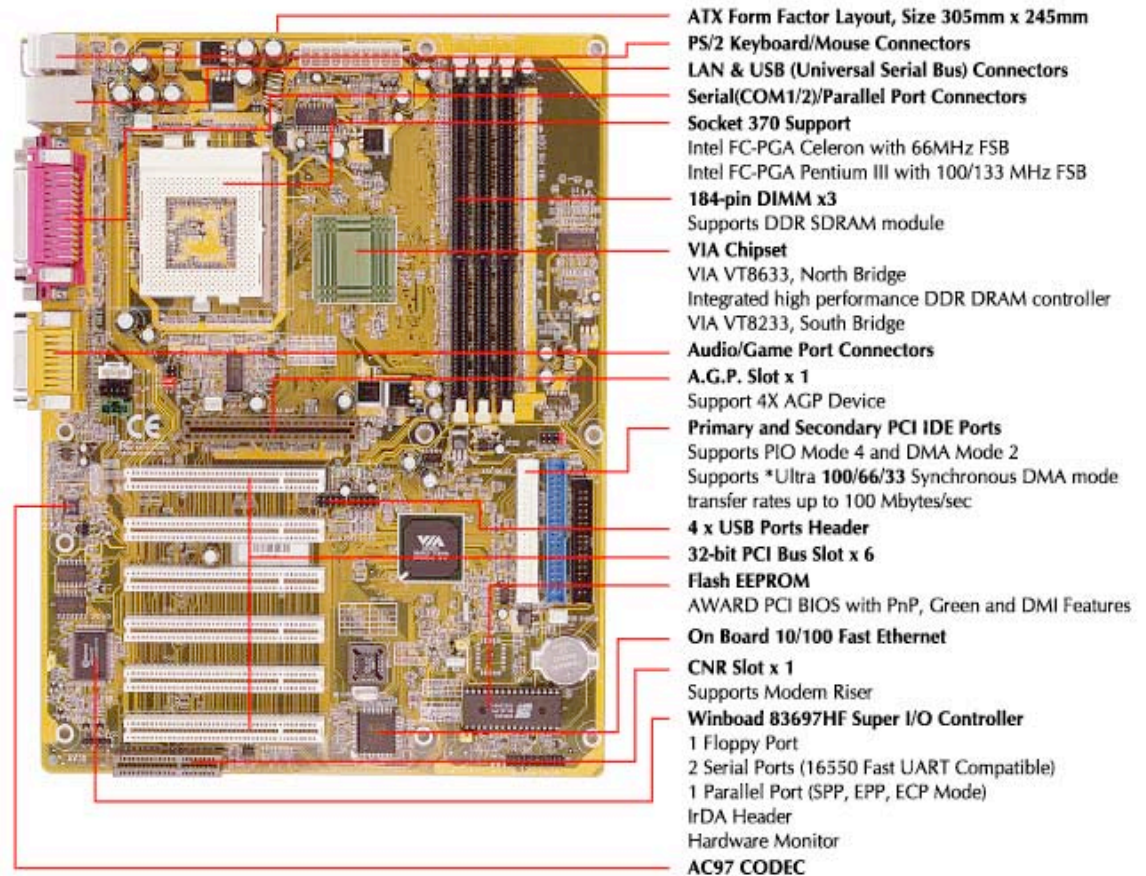
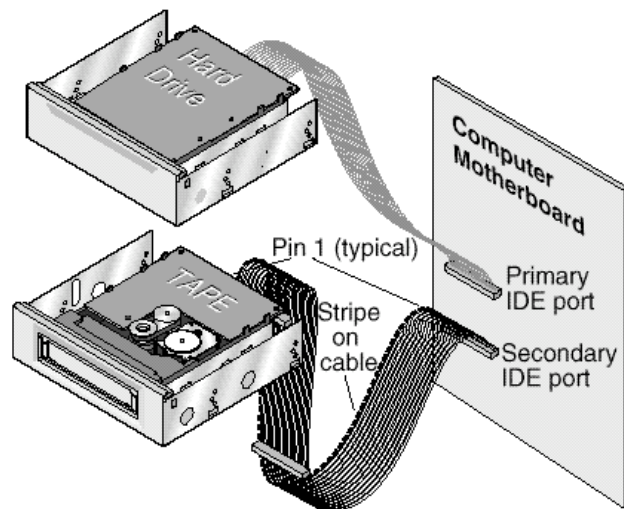
- Les interfaces de bus étendent la flexibilité de l'architecture en convertissant le signal provenant d'un bus à un autre

Bus



Bus – Port – Pilot

- Un port est un connecteur à l'extrémité d'un bus dans lequel est connecté un périphérique



Bus – Port – Pilot

- Port
 - Le contrôle générale de ce port est fait par le contrôleur de port qui est connecté à un bus de l'ordinateur (ISA, PCI, AGP, etc.)
- Pilot
 - Le logiciel qui contrôle les E/S à partir de ces appareils électroniques (périphérique, contrôleur de port, bus de l'ordinateur) est le pilote de périphérique (driver)
 - Les pilotes sont soit dans le SE ou soit doivent être installés dans le SE par l'opérateur

Bus d'extensions du PC

- Les *bus d'extensions* (ou bus d'entrées/sorties) permettent de connecter au PC des contrôleurs d'extensions (cartes) grâce à des connecteurs spéciaux (slots sur la carte mère).
- Les contrôleurs d'extensions sont utilisés pour relier le PC aux périphériques d'entrées/sorties.

Bus d'extensions du PC

- Depuis l'apparition du PC au début des années 80, plusieurs standards de bus d'extension ont été proposés
 - ISA: Industry Standard Architecture
 - ▣ Le bus d'extension est le plus répandu sur PC.
 - ▣ De fréquence relativement basse et de caractéristiques peu puissantes, il est utilisé pour connecter des cartes relativement lentes (modems, cartes sons, ...)
 - MCA: Micro Channel Architecture
 - EISA: Extended Industry Standard Architecture

Bus PCI

- Les périphériques d'entrées/sorties "modernes" demandent des transferts d'information très importants entre la mémoire principale et le contrôleur
- Pour permettre de tels débits, il est nécessaire de connecter le contrôleur de périphérique directement sur le bus local

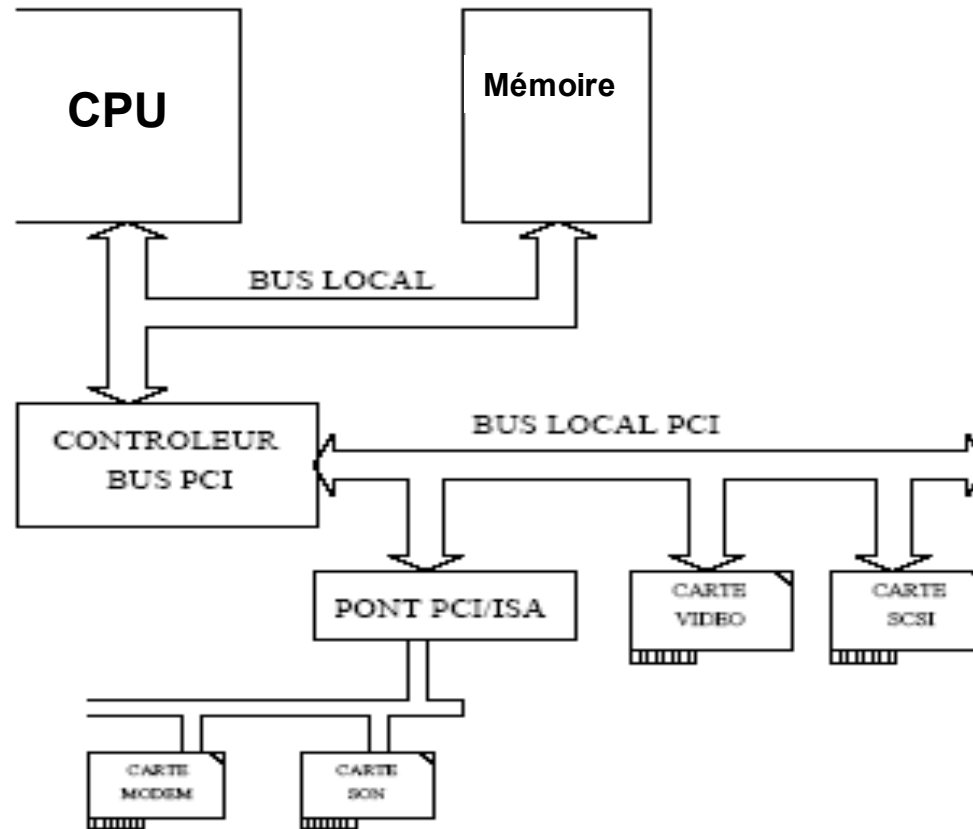
Bus PCI

- Le premier bus PC basé sur le principe de dissociation du processeur et des bus a été le bus VLB (VESA Local Bus), qui est actuellement remplacé par le bus PCI (Peripheral Component Interface).
- Les caractéristiques du bus PCI sont
 - 32 ou 64 bits de données, 32 bits d'adresse, fréquence de 33 MHz
 - débits de 132 Mo/s en 32 bits, ou 264 Mo/s en 64 bits.

Bus PCI

- Le contrôleur PCI est la plupart du temps intégré sur la carte mère
- Les connecteurs (slot) PCI sont réservés aux périphériques demandant de hauts débits
 - cartes vidéo
 - contrôleurs SCSI
 - cartes réseaux haut débit

Bus PCI



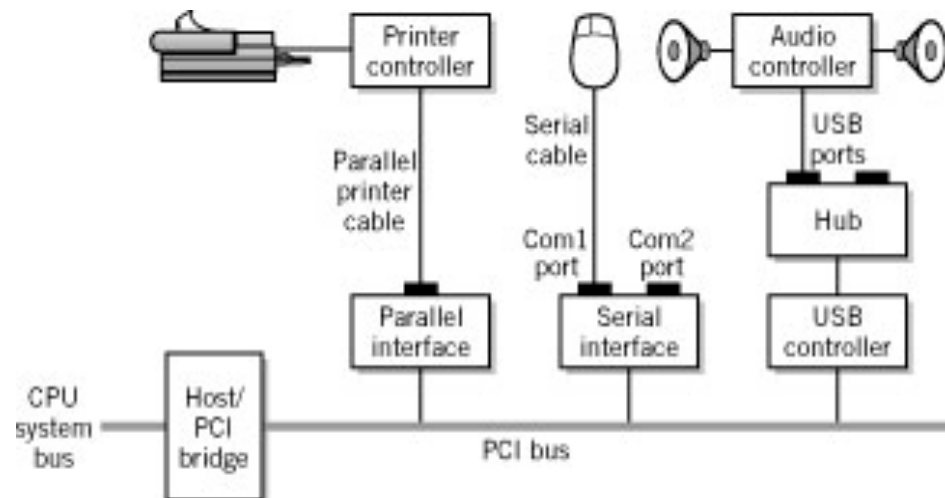
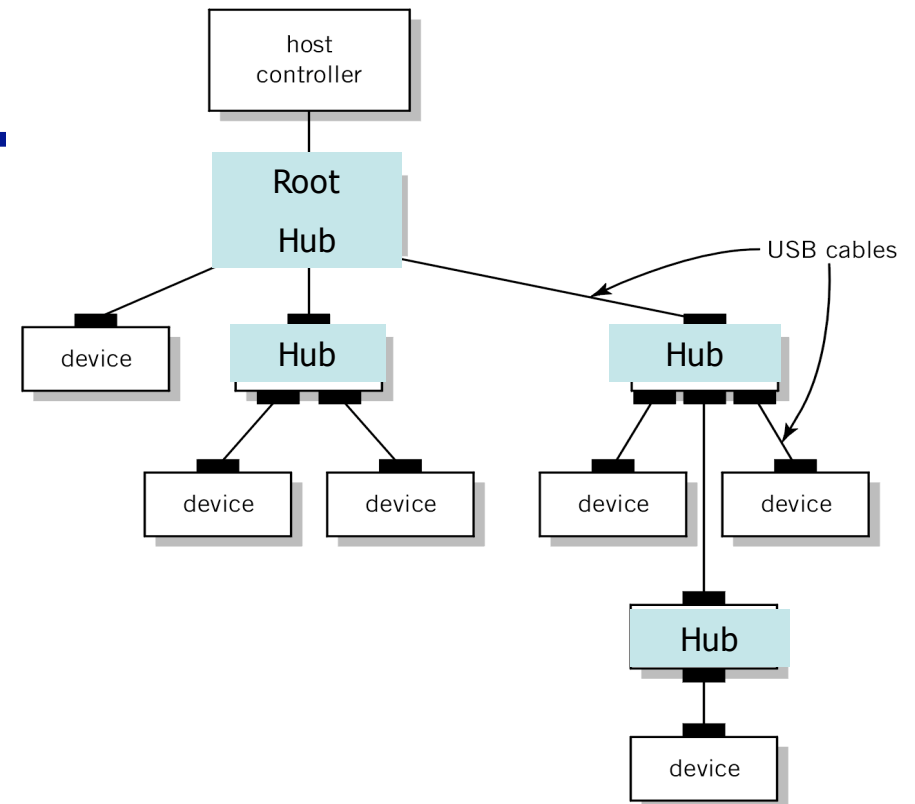
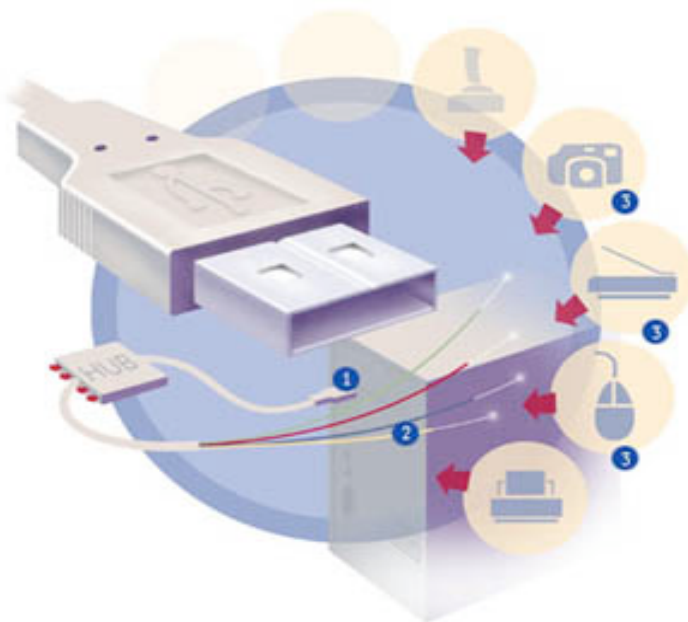
Le bus série USB

- USB : Universal Serial Bus
- L'objectif
 - Simplifier l'interface d'accès avec de nombreux périphériques en permettant de connecter une majorité de périphériques à un connecteur unique
- Caractéristiques physiques
 - Topologie arborescente
 - Un contrôleur principal (connecté au bus PCI)
 - Connecteurs de deux types

USB

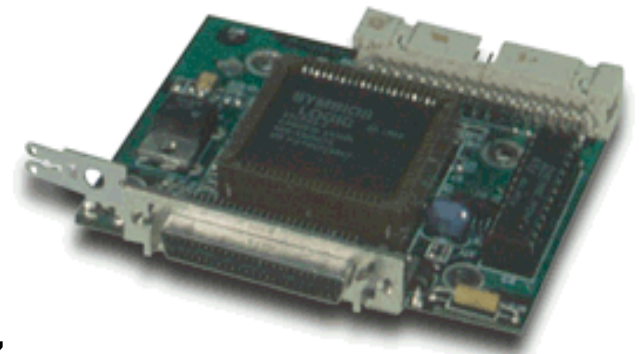
■ Bus Multipoint

- **Bande passante :**
 - De 1.5 à 12 Mbits/s
- Supporte jusqu'à 127 périphériques



Le bus parallèle SCSI

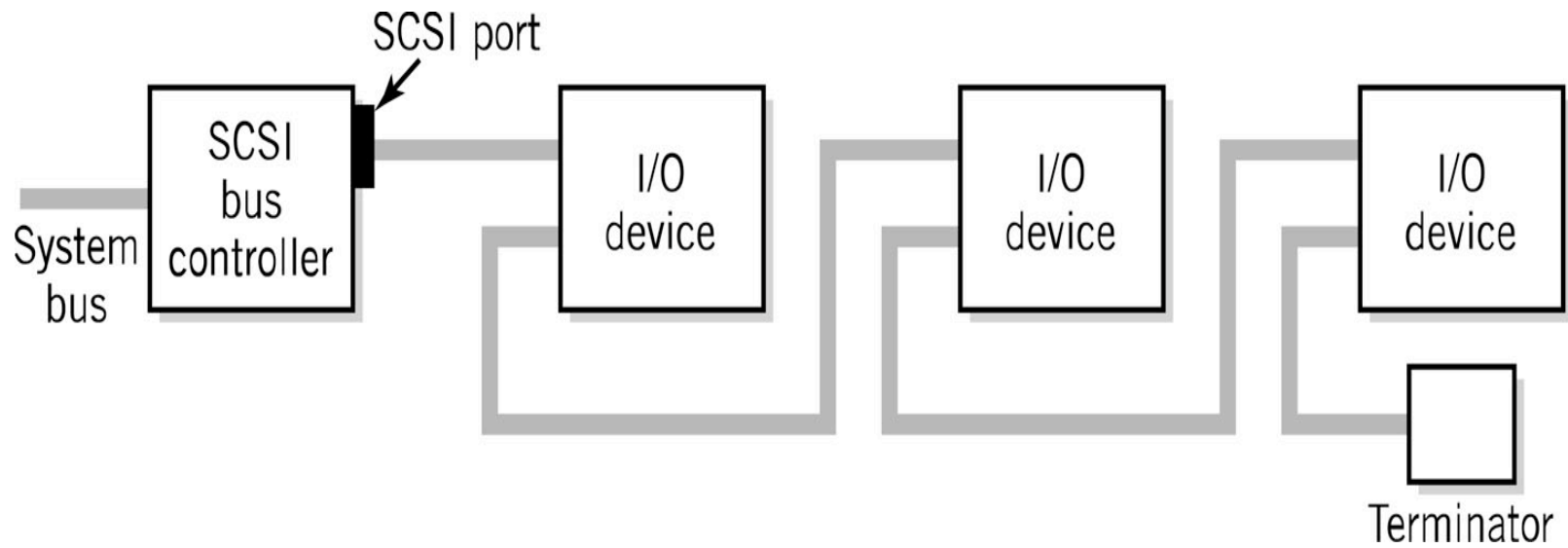
- Le bus SCSI (*Small Computer System Interface*) est un bus d'entrées/sorties parallèles
 - Standard ANSI (différent types d'ordinateurs)
- Il permet de connecter de 1 à 7 périphériques de toutes natures
 - Disques durs, lecteurs CD-ROM, digitaliseurs (scanners), lecteurs de bandes (streamers), ...



Le bus parallèle SCSI

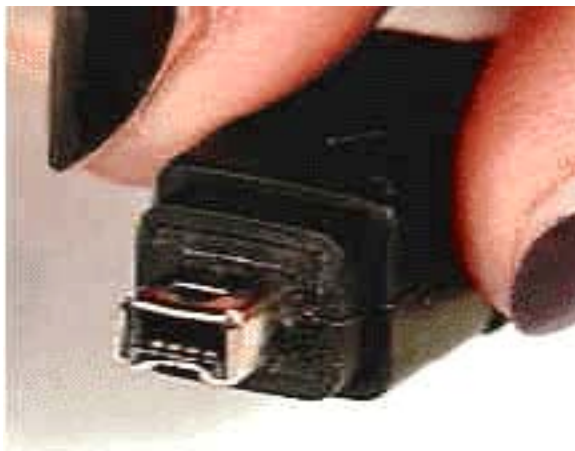
- La version SCSI 1 permet un taux de transfert de 4 Mo/s (largeur 8 bits). La version SCSI 2 permet d'obtenir jusqu'à 40 Mo/s en 32 bits.
- Le bus SCSI équipe en standard tous les ordinateurs Apple Macintosh, et la grande majorité des stations de travail. Sur PC, il faut installer une carte d'interface, connectée soit au bus ISA soit au bus PCI suivant les performances désirées

Le bus parallèle SCSI



Le bus série FIREWIRE (IEEE 1394)

- Destiné aux périphériques rapides
 - vidéo numérique professionnelle, télévision numérique, magnétoscopes, chaînes hi-fi, etc...
 - bande passante comprise entre 100 et 400 Mo/s
- Permet la connexion « à chaud » (sans redémarrer le PC) des périphériques



- « Standard for High performance serial bus »
- On peut connecter jusqu'à 63 périphériques

USB vs. FireWire

- USB: transferts lents et moyens
 - 12 Mbits/sec
- USB-2: transferts rapides
 - 480Mbits/sec
- FireWire: transferts rapides
 - 400 Mbits/sec to 3.2 Gbits/sec

Exemple de périphérique: Le disque dur

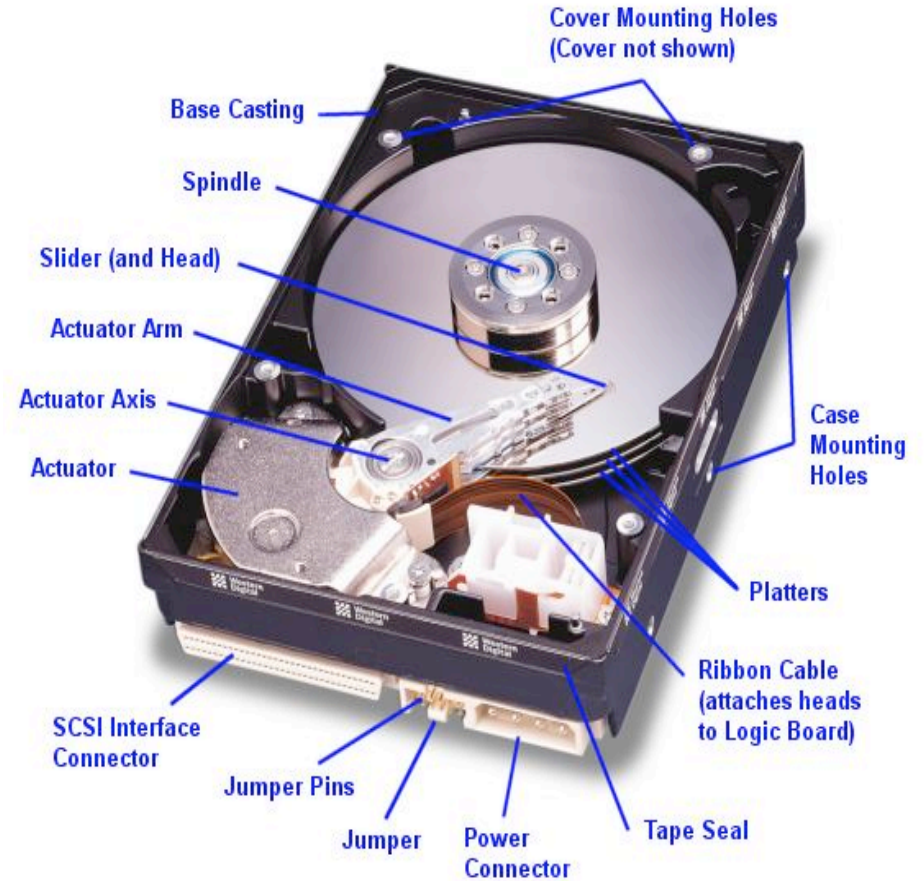
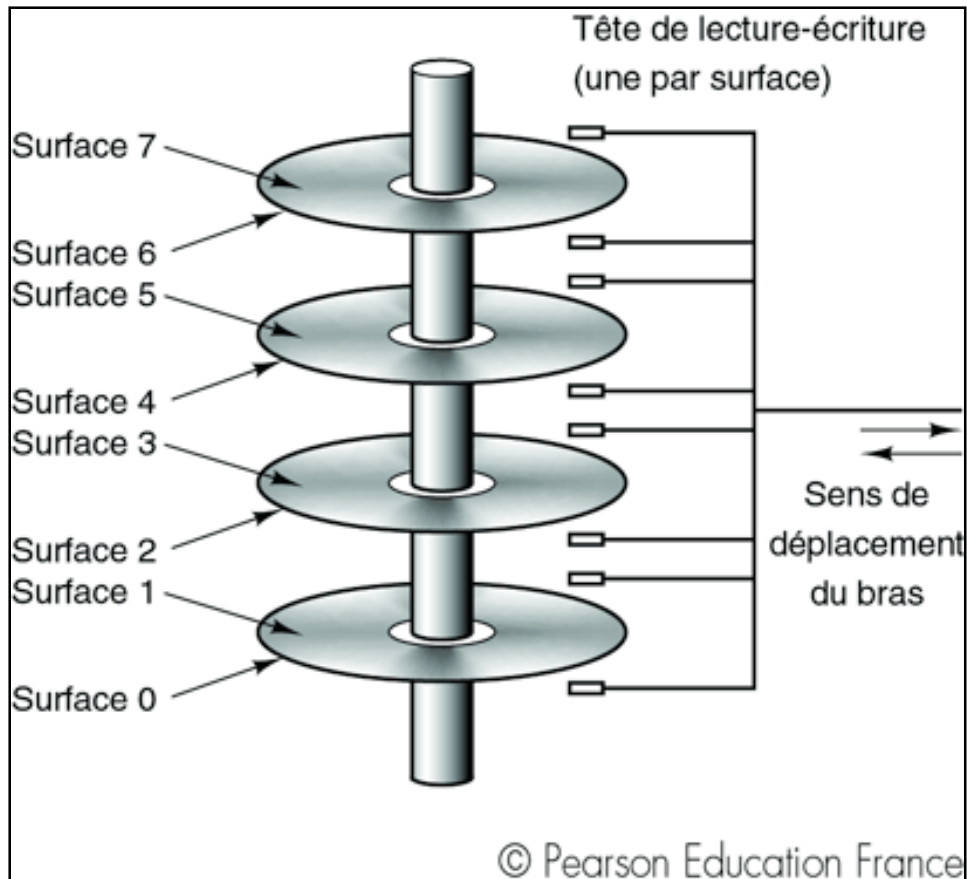
- Mémoire de stockage secondaire
- Hiérarchie de mémoire

<i>Device</i>	<i>Typical access times</i>
CPU registers	0.25 nsec
Cache memory (SRAM)	1-10 nsec
Conventional memory (DRAM)	10-50 nsec
Flash memory	120 μ sec
Magnetic disk drive	10-50 msec
Optical disk drive	100-500 msec
Magnetic tape	0.5 and up sec

- Taux de transfert 100 000 fois plus lent que le transfert impliquant la plus lente des mémoire, mais mémoire permanente

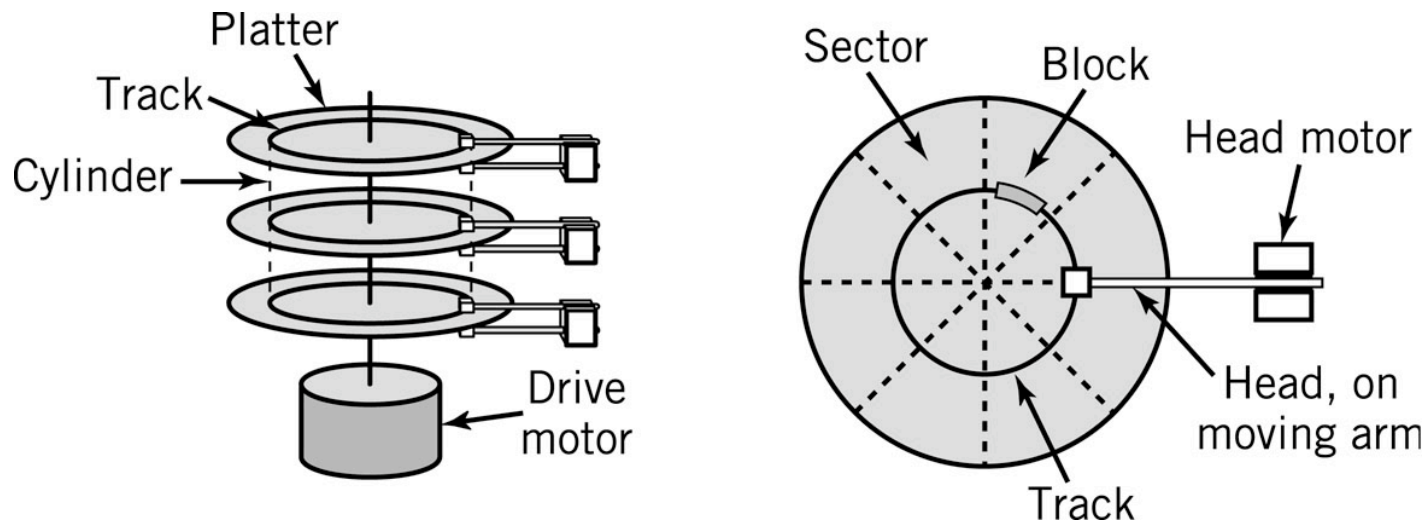
Le disque dur

■ Fonctionnement



Le disque dur

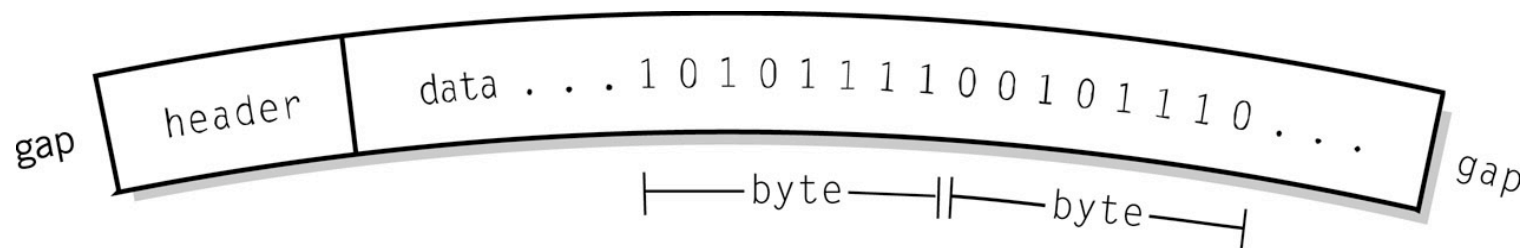
- Fonctionnement



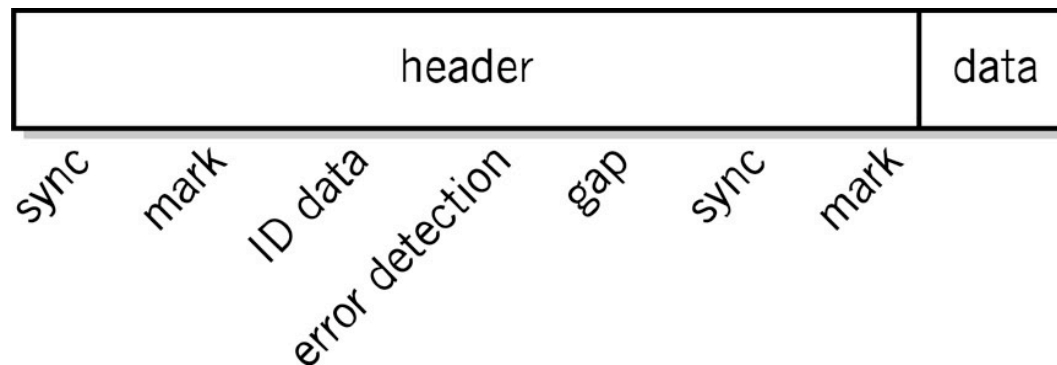
- Sur chaque plateau se trouvent les pistes
 - Zones circulaires sur lesquelles sont enregistrées les séquences de bits
 - Chaque piste est divisée en secteurs
- On appelle cylindre l'ensemble des pistes situées à la même distance de l'axe de rotation du disque

Formats de bloc

Block de données

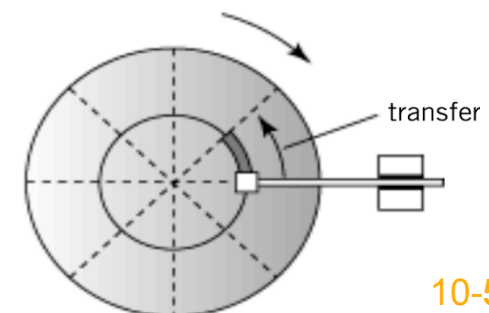
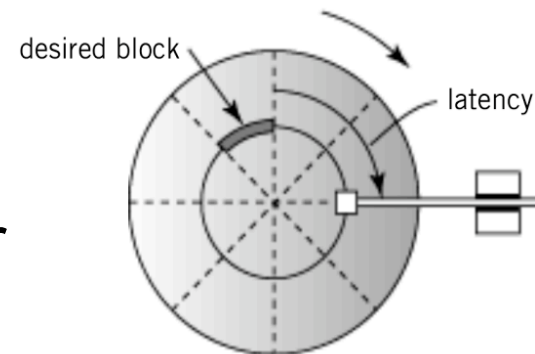
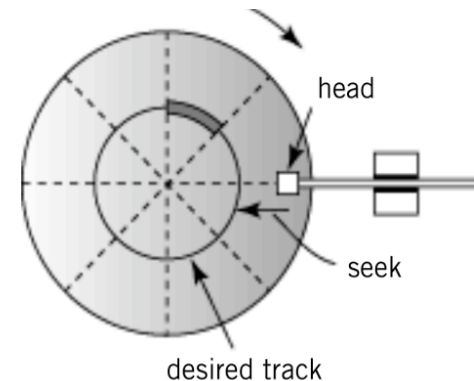


Entête pour disque Windows



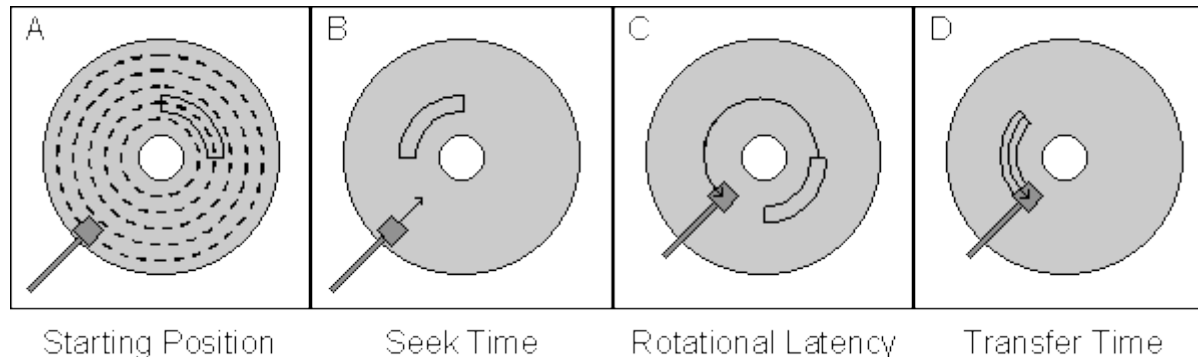
Le disque dur

- Opérations nécessaires pour localiser/transférer
- Temps de recherche moyen: Tps nécessaire pour que la tête bouge d'une piste à une autre
- Latence: temps nécessaire pour que la disque tourne jusqu'au bon secteur
- Temps de transfert: temps nécessaire pour transférer un bloc de donnée au contrôleur de disque



Le disque dur

- Opérations nécessaires pour localiser/transférer
 - Temps de recherche moyen



- Tps de latence moyenne = $\frac{1}{2} \times 1/\text{vitesse rotation}$
- Exemple: Pour un disque tournant à 3600 rpm (rotation par minute)
 - ▣ Tps Latence Moyenne = $\frac{1}{2} \times 1/60 = 8.33 \text{ msec}$

Le disque dur

- Opérations nécessaires pour localiser/transférer
 - Tps de transfert moyen =
$$1/(\text{nb de secteurs/piste} \times \text{vit. rotation})$$
 - Exemple: Pour le même disque

$$\text{Tps Transfert} = 1/(30 \times 60) = 0.55 \text{ msec}$$

Temps total d'accès à un bloc:

Tps de rech. Moy. + Tps de latence moy. + Tps de transfert moy.

Remarques

- Le CPU est capable d'exécuter des millions d'instructions dans le temps requis pour un simple accès disque!
- Le temps de transfert de plusieurs blocs est plus important dans le cas où le disque est très fragmenté

