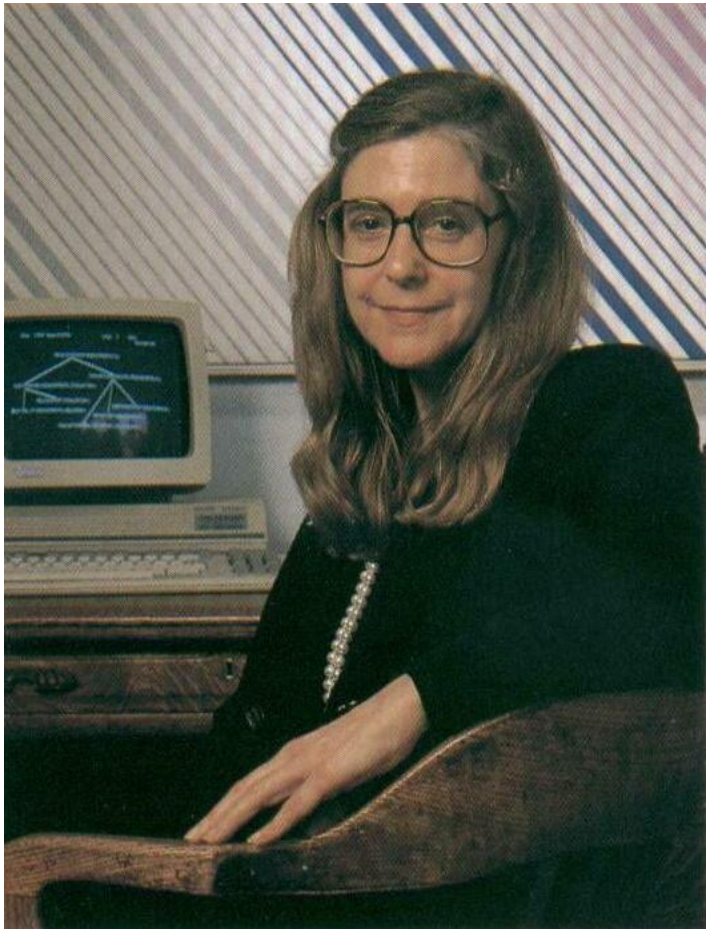
Systèmes d'exploitation

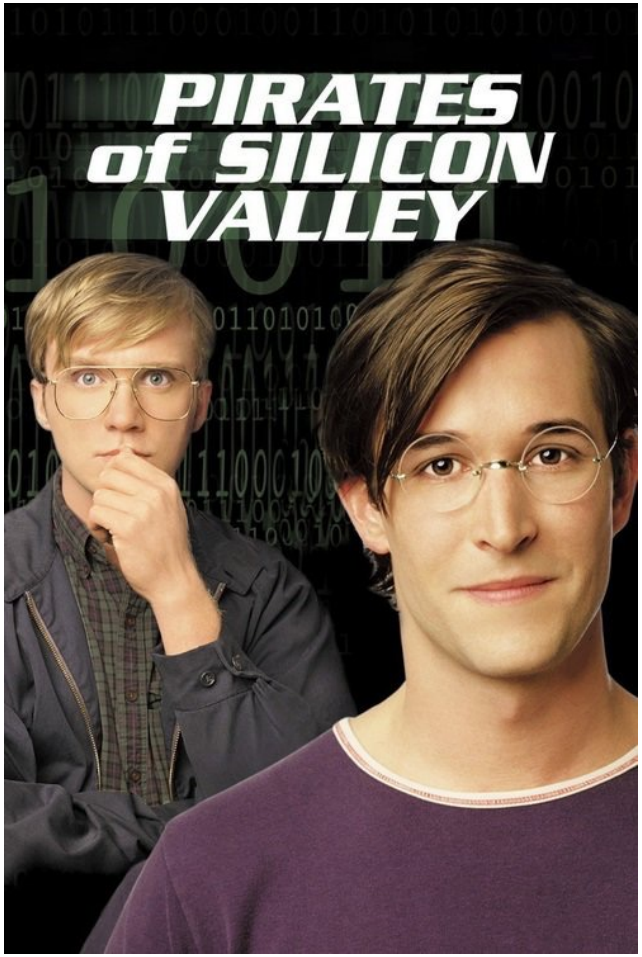
Mémoire Virtuelle

Margaret Hamilton



- Américain
- MIT
- Apollo 11

Pirates of Silicon Valley



Questions?

- Qui a construit le premier ordinateur pour Apple?
- Qu'est-ce que est considéré comme l'un des plus stupide erreurs dans l'histoire de l'ordinateur?
- Lequel des personnages avez-vous le plus aimé?

Questions?

- Qui a construit le premier ordinateur pour Apple?
  - Steve Wozniak
- Qu'est-ce que est considéré comme l'un des plus stupide erreurs dans l'histoire de l'ordinateur?
  - *Les bénéfices sont dans le matériel*
  - *La vente de DOS*
  - *Computers? Why would ordinary people use computers for?*
- Lequel des personnages avez-vous le plus aimé?
  - votre choix

Contenu

- pagination
- faute de page
- pagination en demande
- copy-on-write
- swap
- mappage de fichier

Bibliographie pour aujourd'hui

- Modern Operating Systems
  - Chapitre 4
    - 4.4
    - 4.5
    - 4.6
- Operating Systems Concepts
  - Chapitre 9
    - 9.1 – 9.4
    - 9.6
    - 9.7

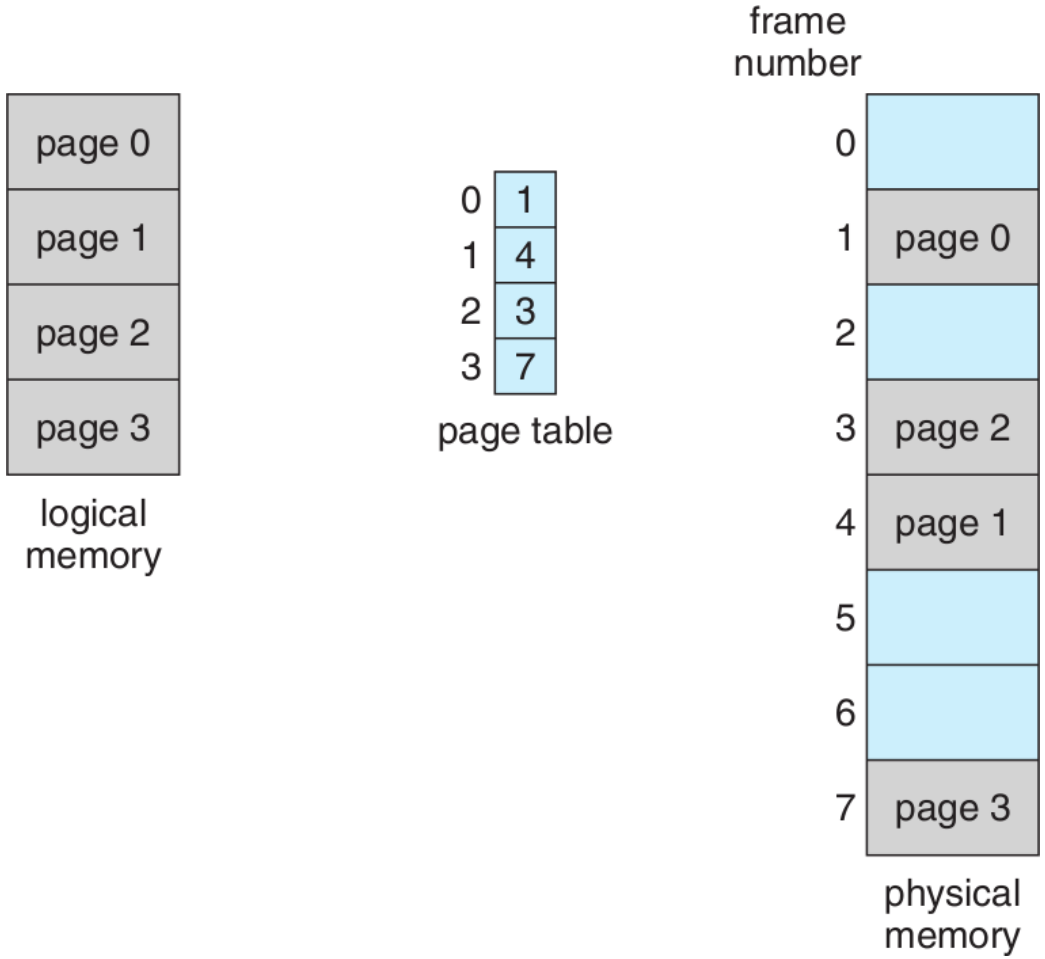
Sd'E
system crunch

PAGINATION

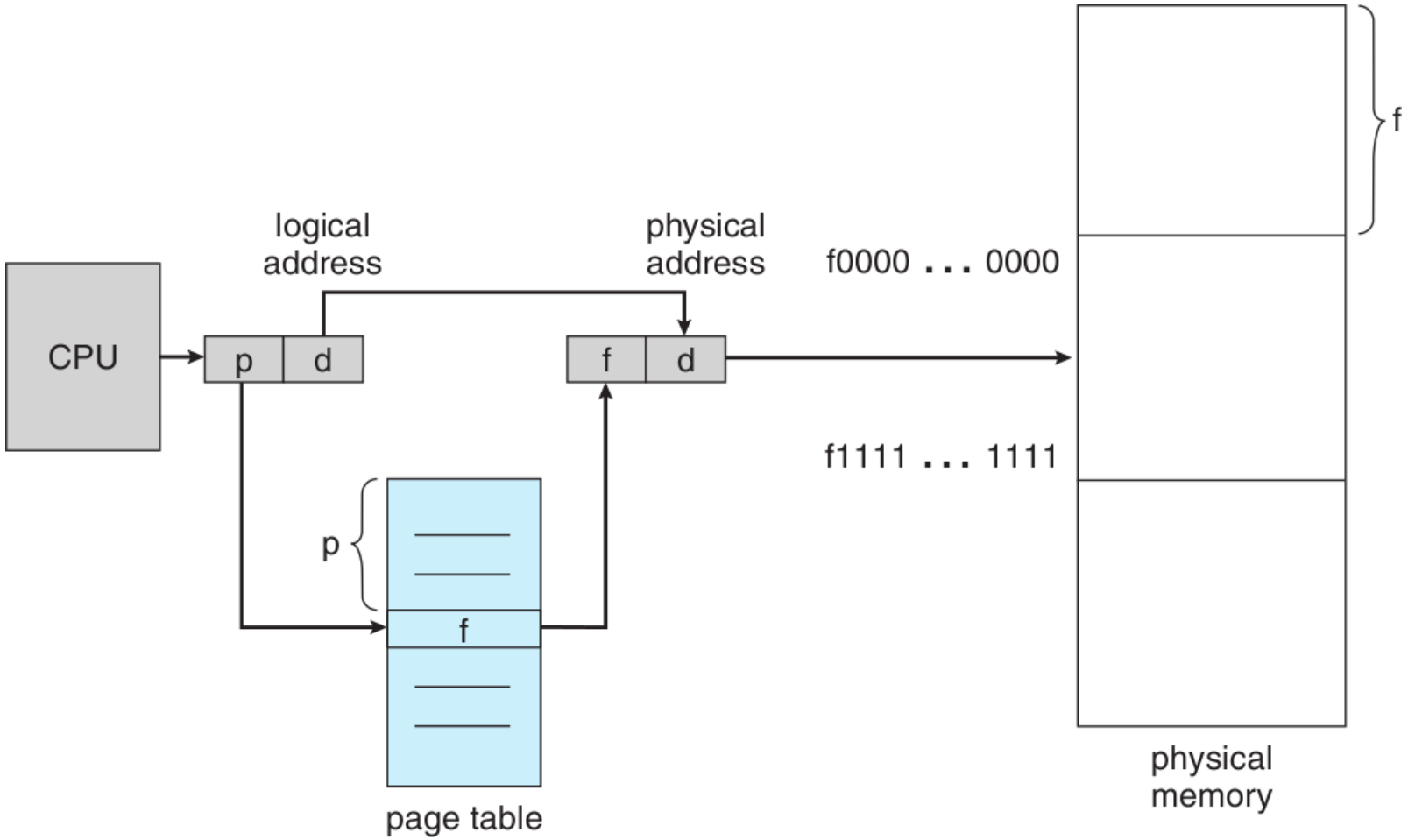
Pagination

- La mémoire est divise en pages
  - en général 4 KB
- Pages
  - Virtuelles (pages)
  - Physique (cadres - frames)
- Tableau de pages
  - un processus a un tableau de pages
- Adresse
  - adresse physique = page index + décalage

Tableau de pages

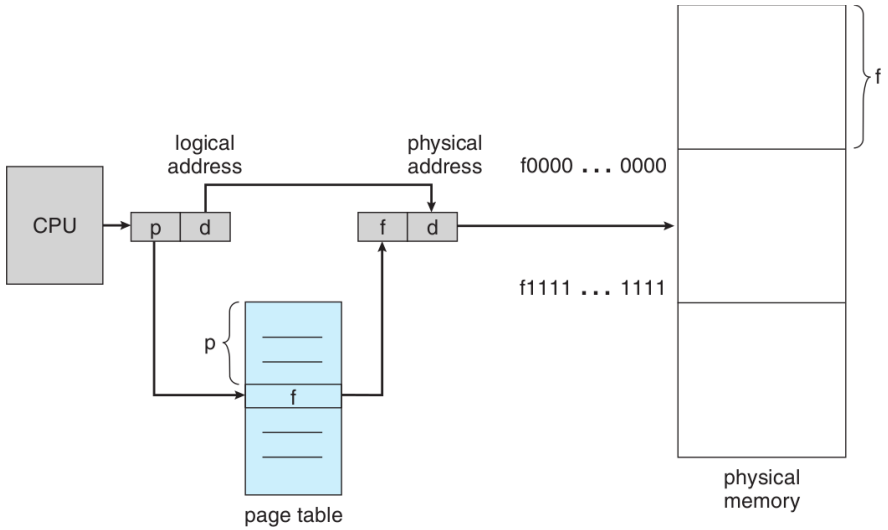


Transformation d'adresse



Transformation d'adresse

- Pour accède un adresse
  - accès aux tableau (en mémoire)
  - accès en mémoire
- Double accès
  - lente

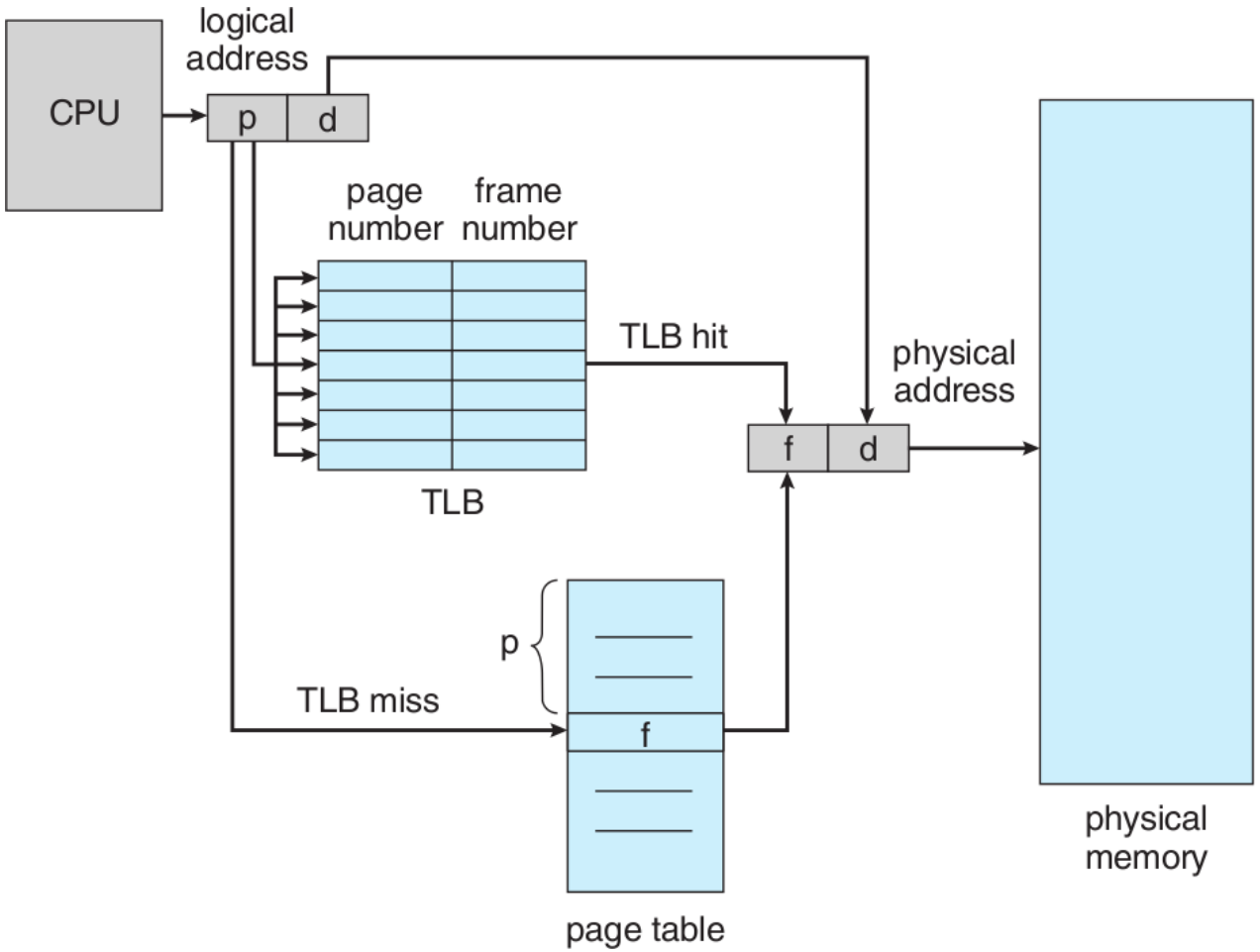


Translation Lookaside Buffer (TLB)

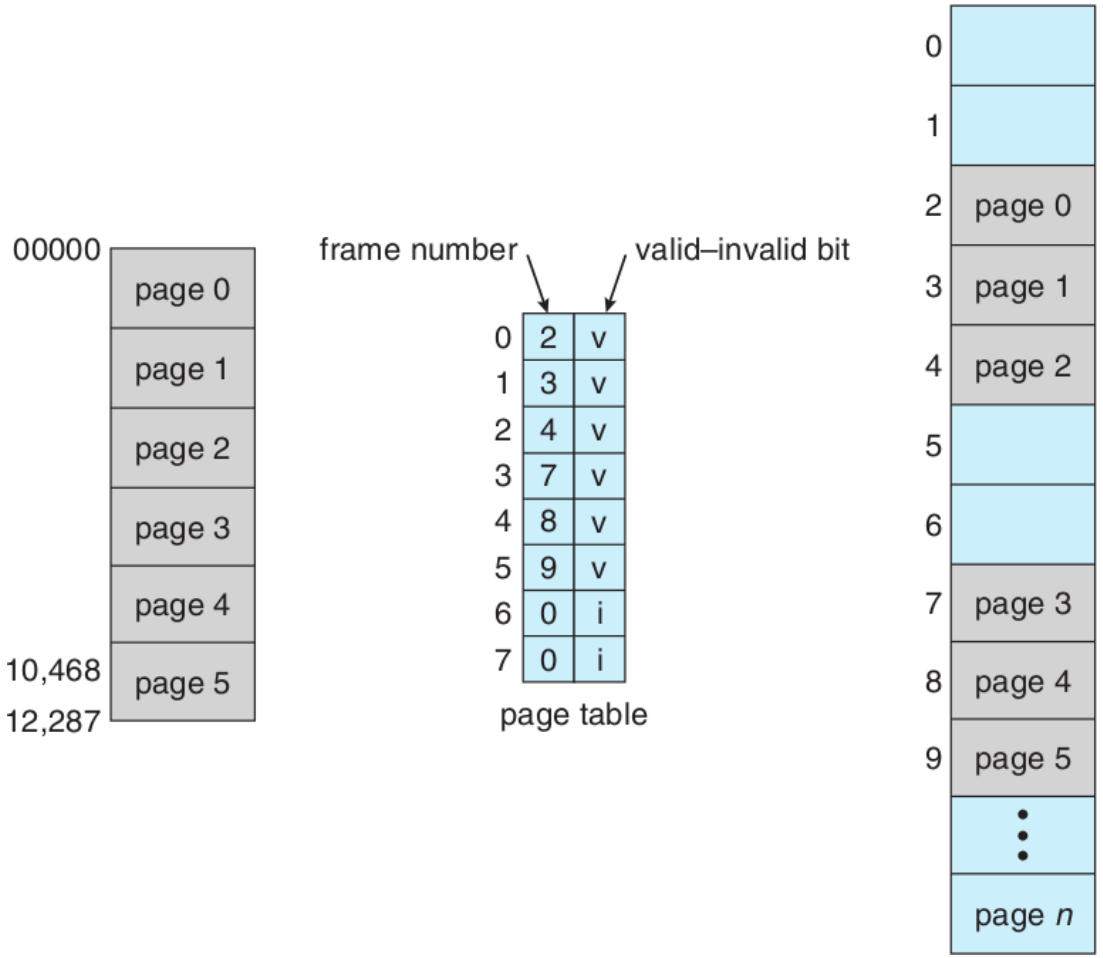
Sd'E
system crunch

- Mémoire cache spécialisé
  - 256 entrées
- Enregistre par processus
- Changement de contexte
  - change le tableau de pages curent
  - TLB flush (sauf la partie de noyau)

Transformation d'adresse avec TLB



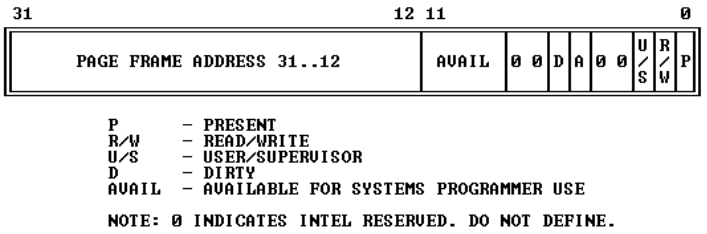
Protection


00000
page 0
page 1
page 2
page 3
page 4
10,468
page 5
12,287
frame number
valid–invalid bit
0 2 v
1 3 v
2 4 v
3 7 v
4 8 v
5 9 v
6 0 i
7 0 i
page table
0
1
2 page 0
3 page 1
4 page 2
5
6
7 page 3
8 page 4
9 page 5
page n

Entrée de tableau de pages

- Numéro de cadre
- Droit d'accès
  - aucune
  - lire
  - écrire
- Valable

Figure 5-10. Format of a Page Table Entry

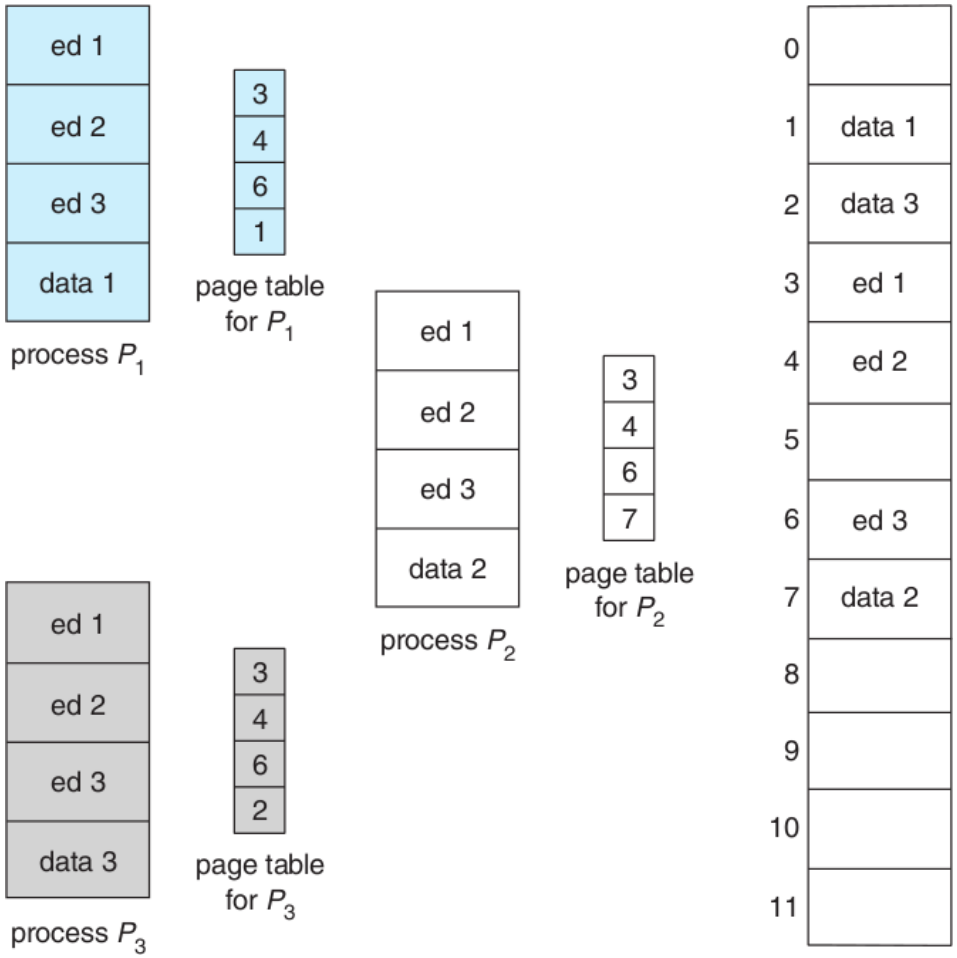


P - PRESENT
R/W - READ/WRITE
U/S - USER/SUPERVISOR
D - DIRTY
AVAIL - AVAILABLE FOR SYSTEMS PROGRAMMER USE

NOTE: 0 INDICATES INTEL RESERVED. DO NOT DEFINE.

exemple sur x86

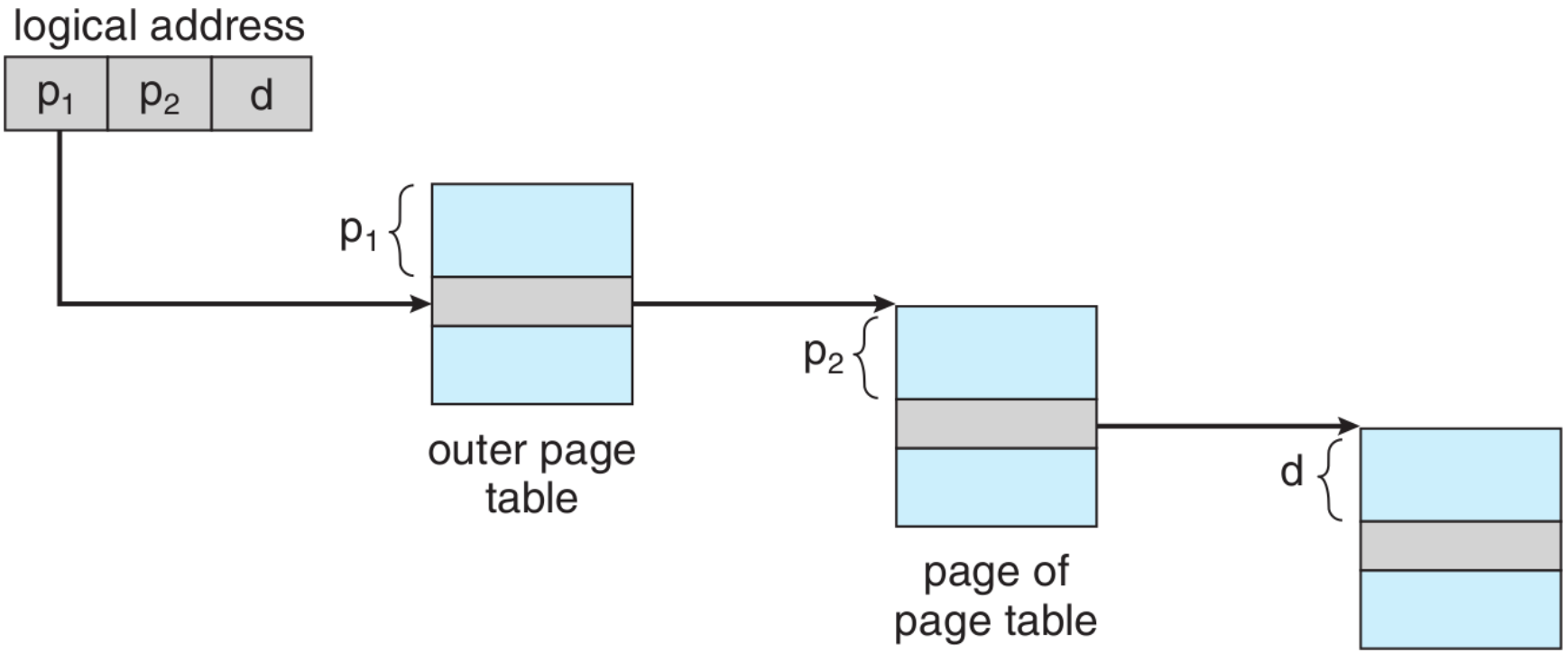
Partage de mémoire



Taille de tableau de memoire

- 32 bits - 4 GB Mémoire
  - taille de page = 4 KB
  - 2^{20} pages de mémoire
  - entrée de tableau de mémoire = 4 B
- Taille 4 * 2^{20} = 4 MB / processus
- 64 bits?

Pagination hiérarchique



MÉMOIRE VIRTUELLE

Memorie Virtuelle

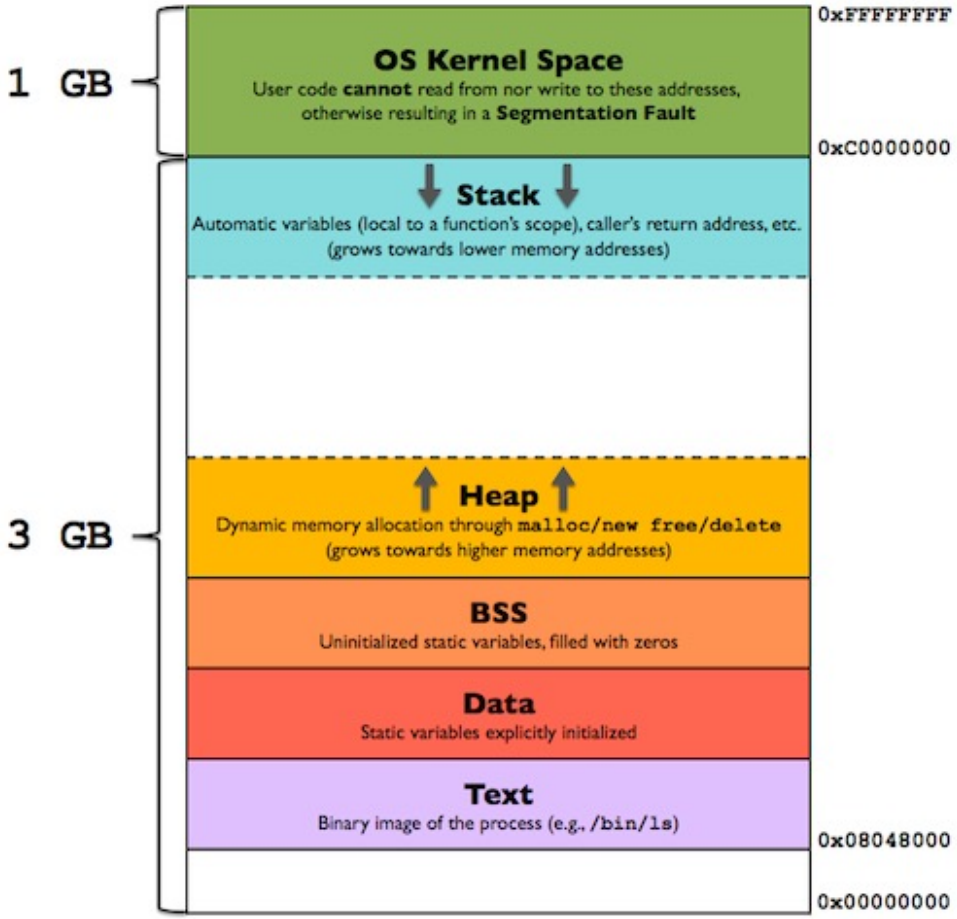
- Séparation entre
  - Espace physique (RAM)
  - Espace logique (mémoriel vue par un processus)

Avantages es désavantages

- Partage de mémoire
- Toutes les adresses sont disponibles
- Utilisation de plus de mémoire que disponible

- Double accès au mémoire
  - tableau et adresse effective
- Support matériel
- Le SE doit avoir un component spéciale

Espace d'adresse simplifie



FAUTE DE PAGE

Faute de Page

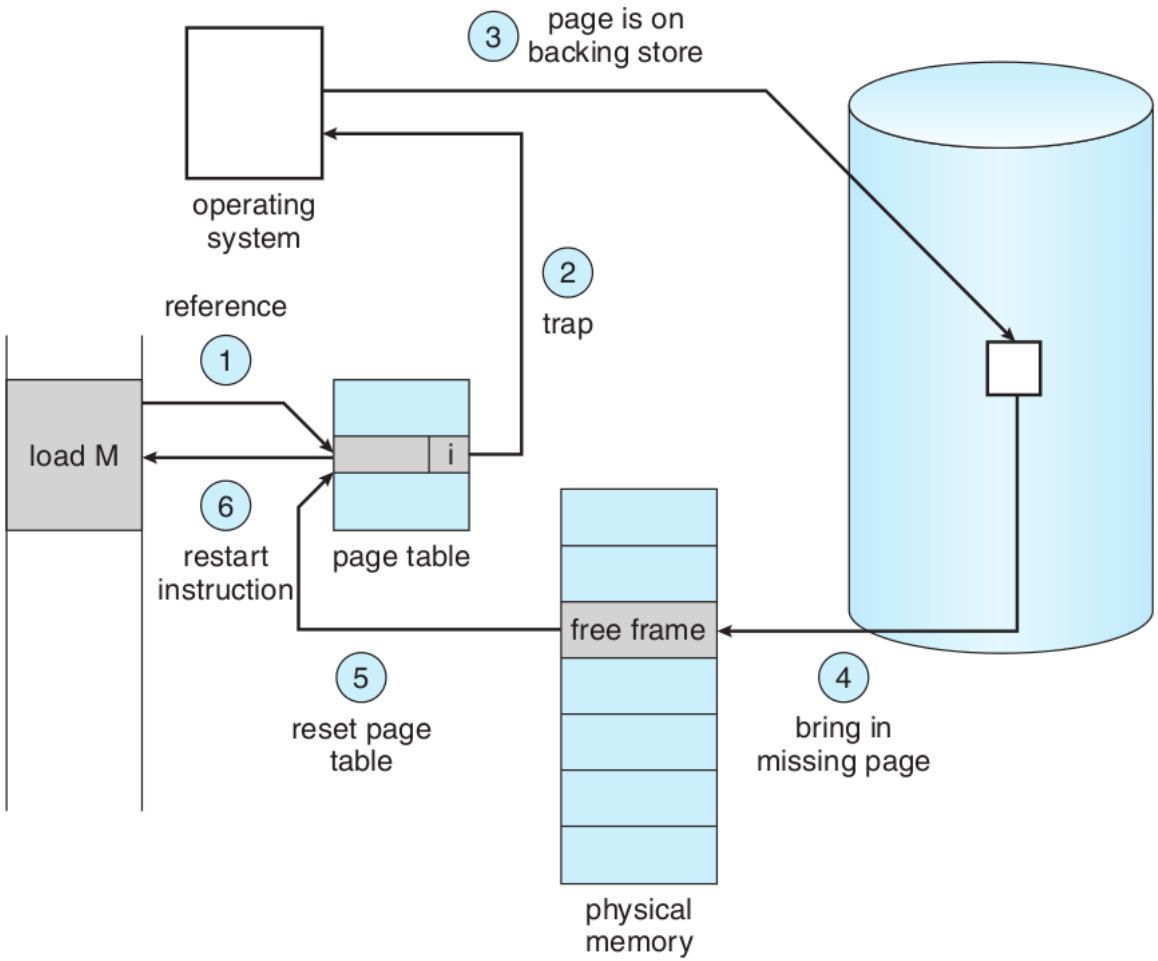
- Accès a un page
  - non mappé
  - invalide
  - sans droits d'accès

- Exception de CPU
  - est exécuté le handler d'exception

Exemples de fautes de page

- non mappe
  - page en demande
  - swap
- invalide
  - la page virtuelle n'est pas alloué
- sans droits d'accès
  - read-only
  - page de SE
  - copy-on-write

Faute de page



PAGE EN DEMANDE

Etapes de allocation de mémoire

1. Allocation de page virtuelle
   - entre dans le tableau de pages
2. Allocation de page physique
   - entre dans le tableau de cadres (frames)
3. Mappage de page
   - relier la page et le cadre

Allocation de mémoire

Sd'E
system crunch

- **réservation** (malloc)
  - allocation de page virtuelle (sans cadre en RAM)
  - marqué *invalide*

- **commettre** (premier accès, *p = … ou … = *p)
  - faute de page mineur
  - allocation de cadre physique (frame) en RAM
  - relier la page et le cadre
  - marqué *valide*

SWAP

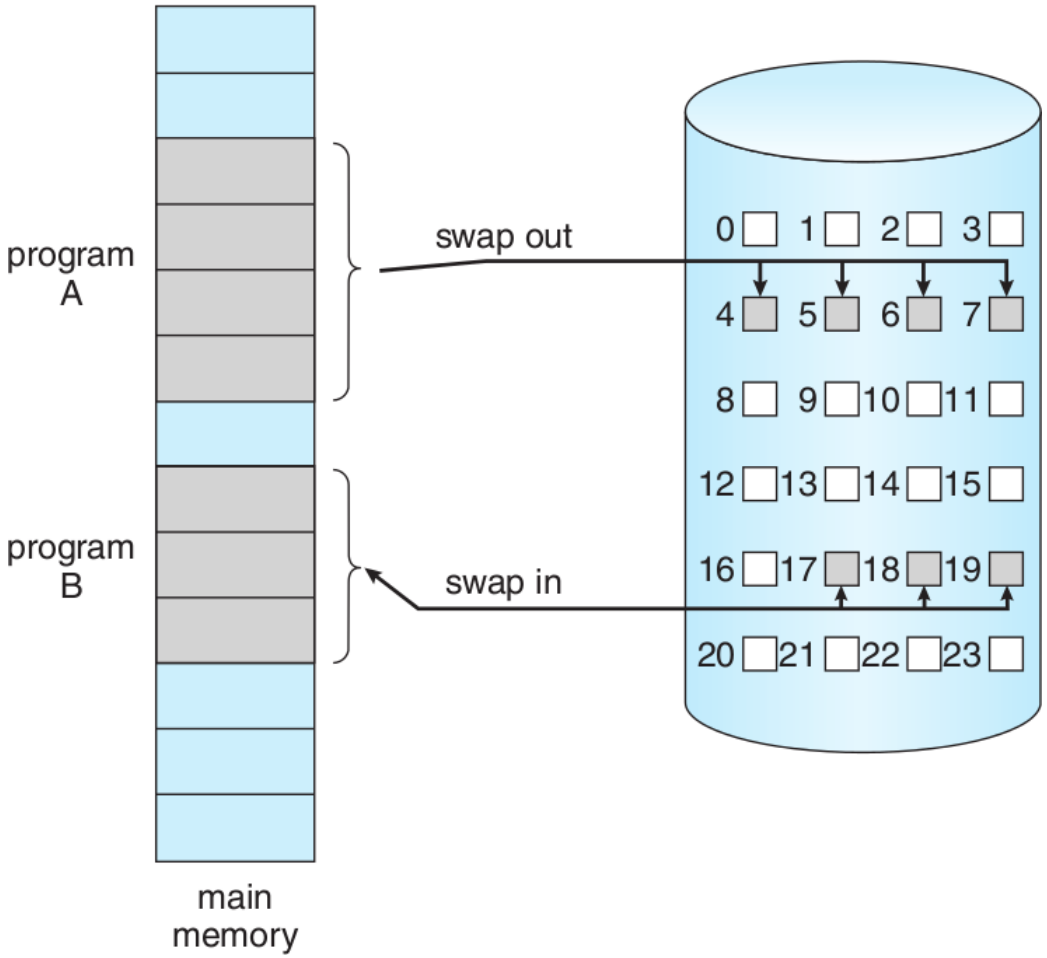
Swap

- Nous pouvons utiliser plus de mémoire que la RAM disponible
- Une partie de pages sont mémorise sure un autre système de stockage
  - HDD
  - SSD
- Peut être lente

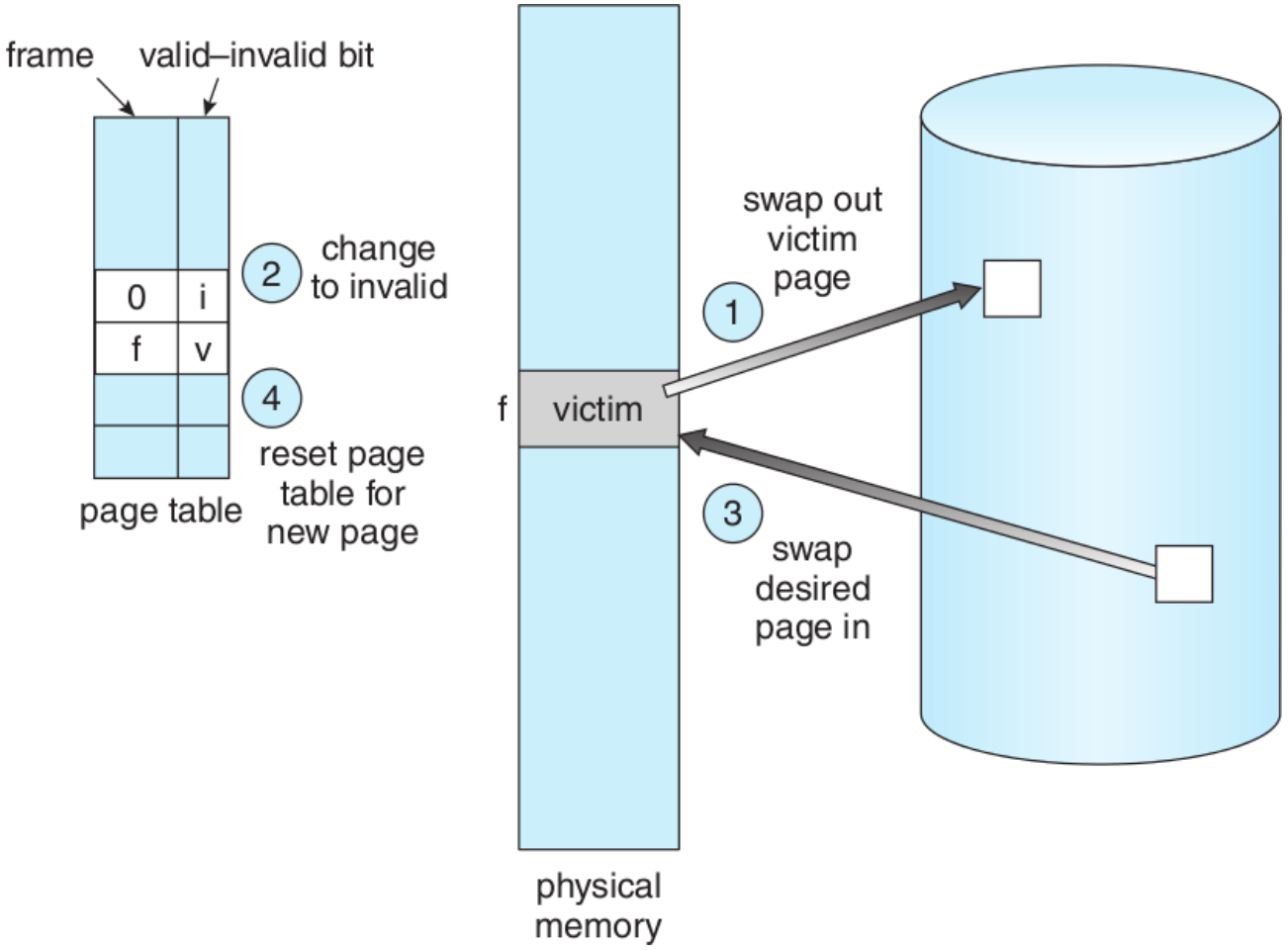
Swap en Windows et Linux

- Windows
  - C:\pagefile.sys
- Linux
  - Partition différentes

Swap


program A
program B
swap out
swap in
0 1 2 3
4 5 6 7
8 9 10 11
12 13 14 15
16 17 18 19
20 21 22 23
main memory

Remplacement de page



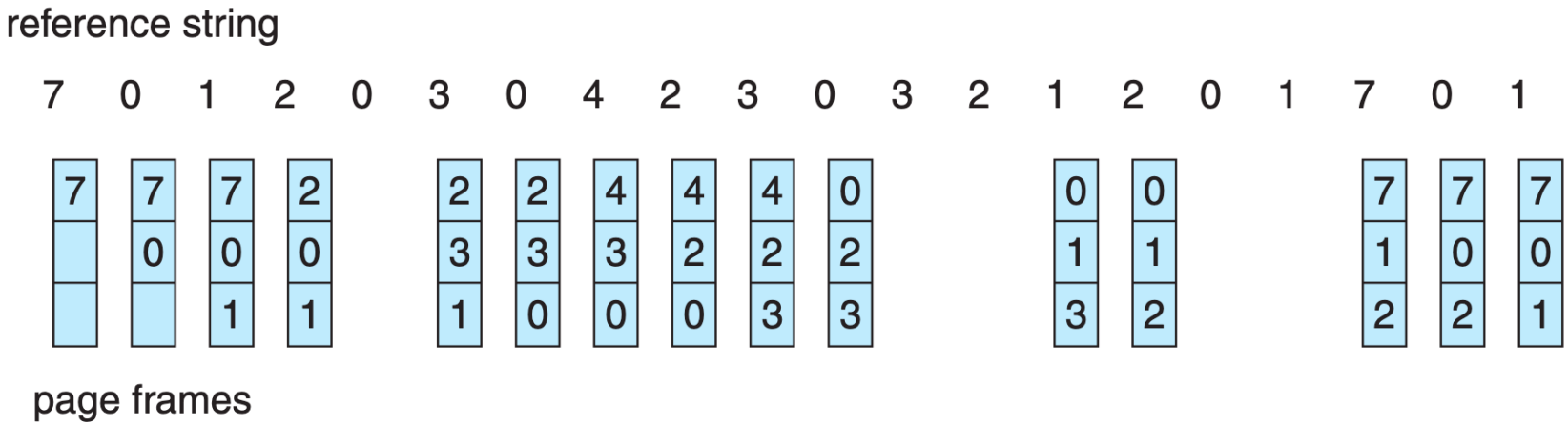
Les pages déposé en swap?

- FIFO
- LRU
  - Least Recently Used
- Second Chance
  - mieux FIFO

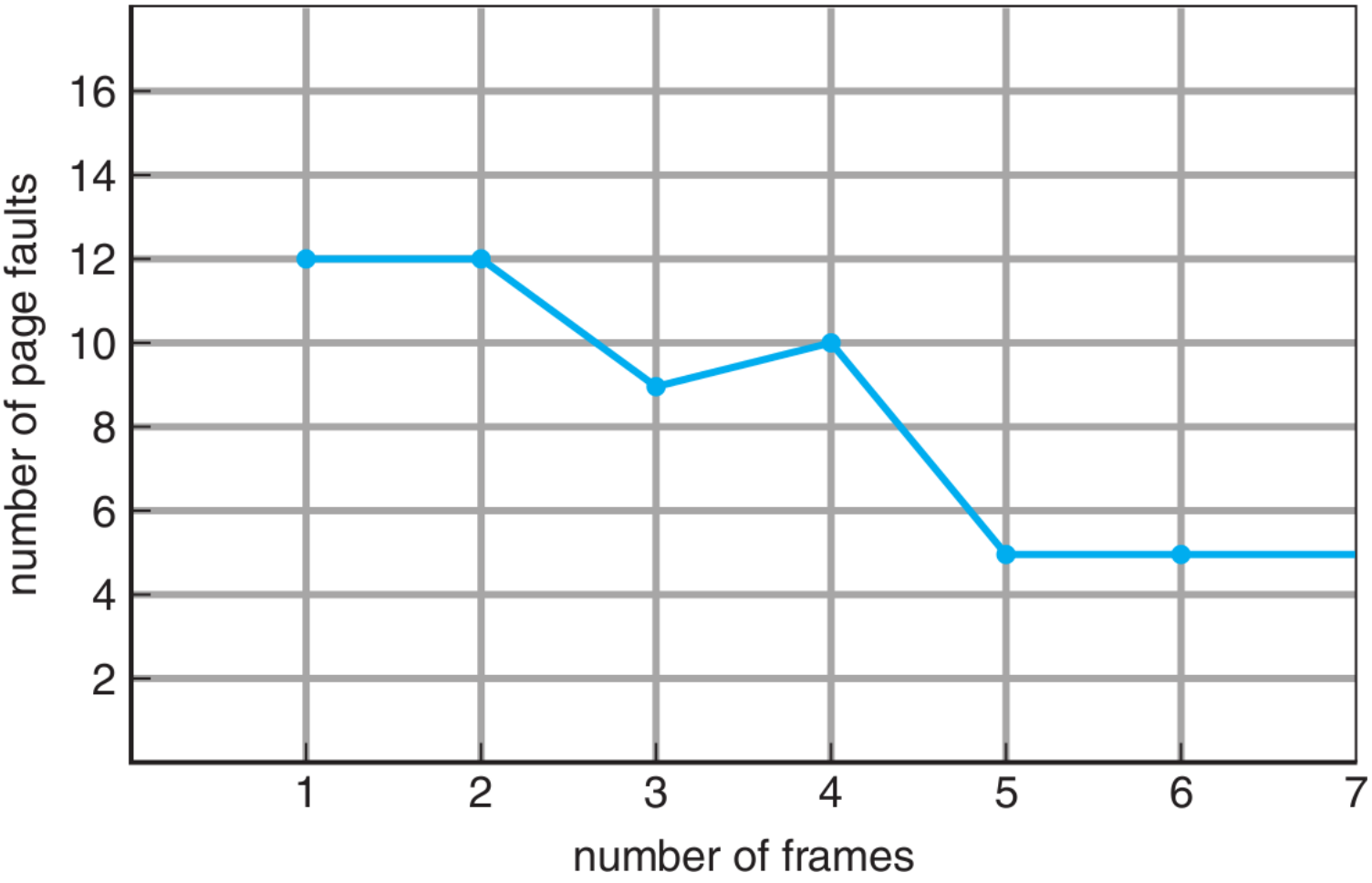
FIFO

- queue de pages
- la premier page dans la queue est déposé en swap (swapped out)
- la page chargée du swap est placée à la fin de queue (swapped in)

Exemple



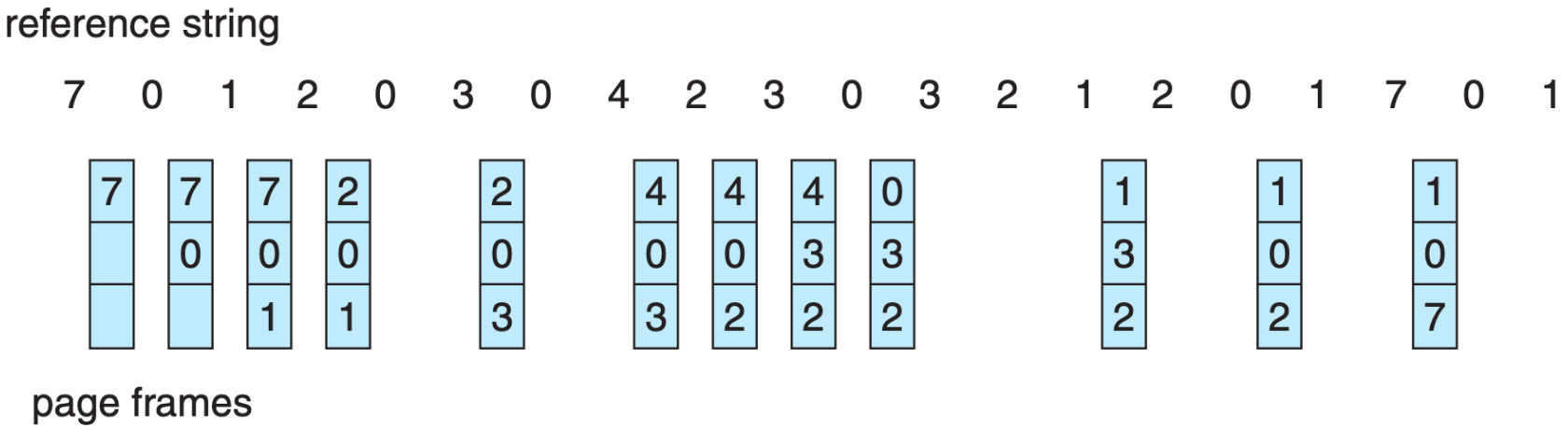
L’ anomalie de Belady



LRU

- l’idée idéal: remplace la page qui ne va être utilise pour le plus long temps
- attache sur les pages la date de dernier d’accès
- la page avec le pus vieux date d’accès est dépose en swap

Exemple



Difficulté d'implémentation

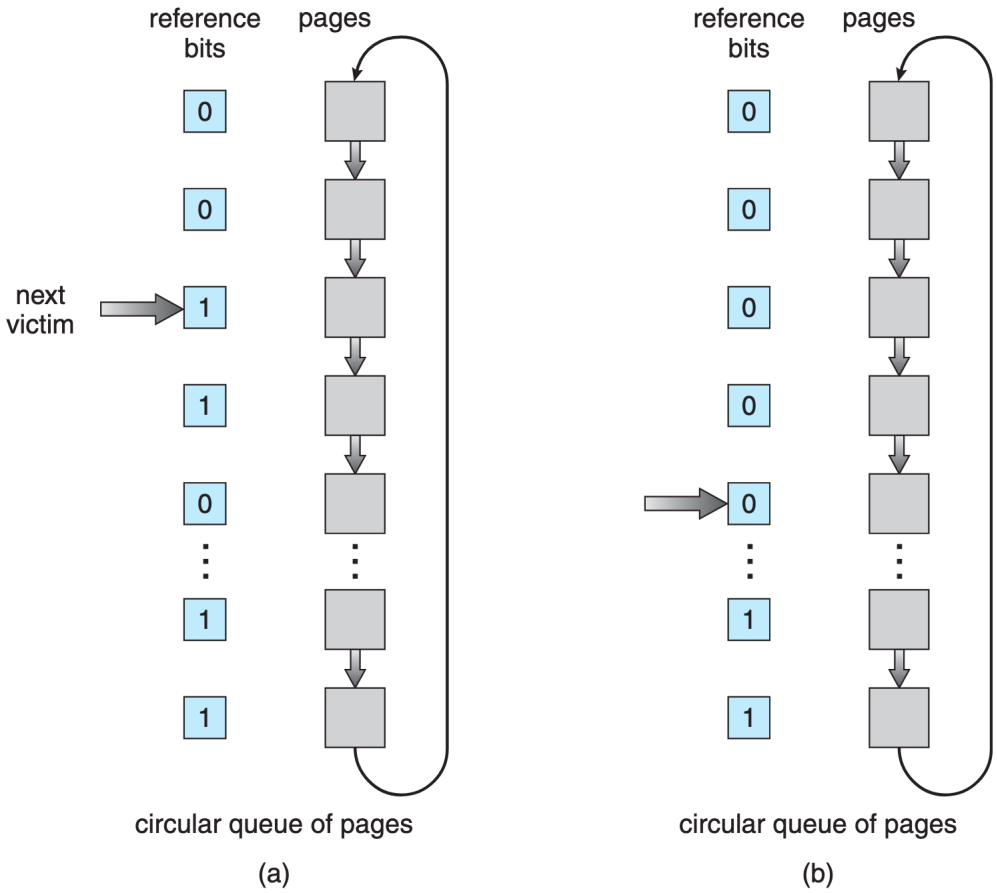
- Le matériel doit ajoute la date de dernier accès
  - avec une implémentation en logiciel le temps d'accès est 10x

- Beaucoup de mémoire pour mémorise la date d'accès

Second Chance

- Page de mémoire a deux paramètres (bits)
  - R – Référencé (*read* ou *write*)
- Queue de pages
  - Si en page a R = 0, la page est déposé en swap
  - Si en page a R = 1, R este fait 0 et la page este placée a la fin de la queue

Exemple


reference bits
pages
0
0
next victim
1
1
0
1
1
circular queue of pages
(a)
reference bits
pages
0
0
0
0
0
1
1
circular queue of pages
(b)

NRU - Not Recently Used

- Page de mémoire a deux paramètres (bits)
  - R – Référencé (*read*)
  - M – Modifie (*write*)
- Nous choisissons la page qui a la classe minimale de round robin

Classe	R	M
1 (probabilité minimale d'être utilisé)	0	0
2	0	1
3	1	0
4 (probabilité maximale d'être utilisé)	1	1

Page residente

- la page se trouve en RAM
- RSS de processus
  - Resident Set Size (les pages qui sont présente en RAM)

- Allocation résidente
  - La page ne peut être déposé en swap
    - mémoire de noyau

Linux

```
int mlock(const void *addr, size_t len);

int munlock(const void *addr, size_t len);
```

addr – multiple de page

len – multiple de page

Swap Trashing

- Le système a besoin de beaucoup de temps pour
  - Déposé de pages dans le swap
  - Prendre de pages depuis le swap

COPY-ON-WRITE

Nouveau Processus - UNIX

Sd'E
system crunch

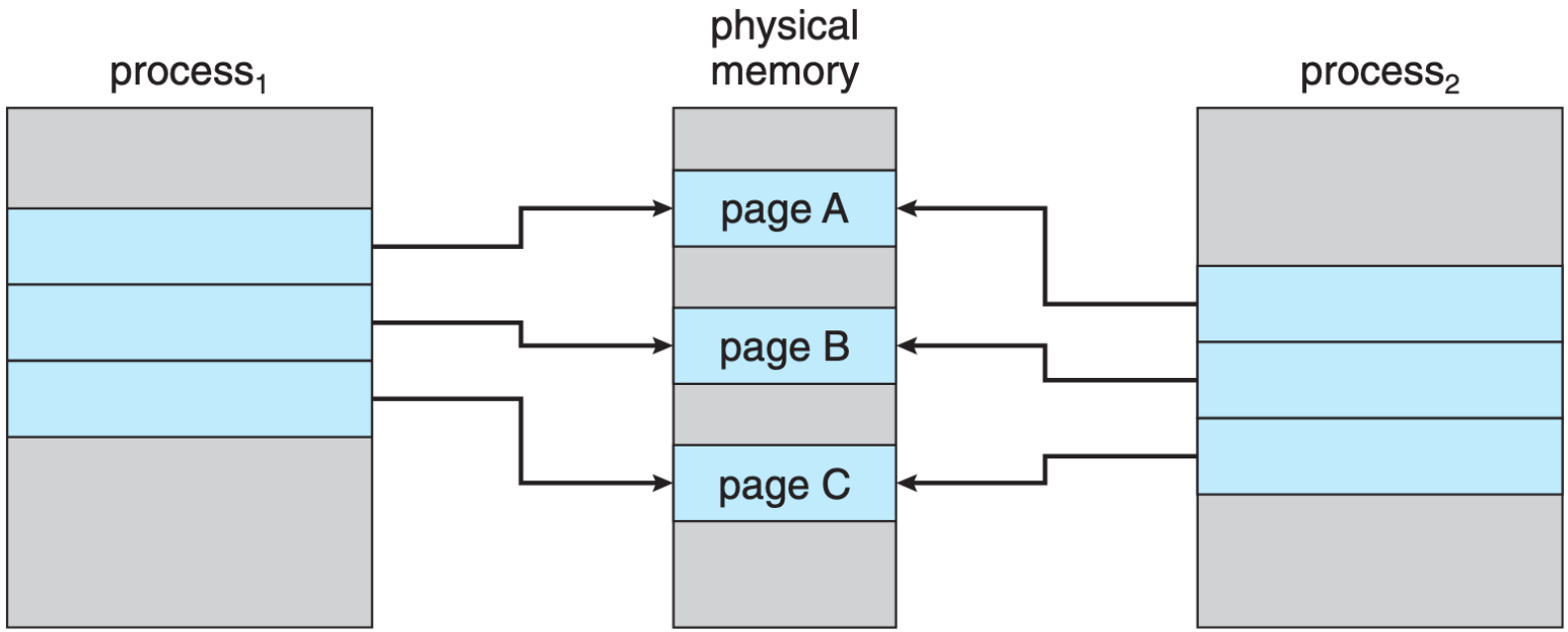
- **fork**: créer un nouveau processus (enfant) (presque identique au processus parent)
  - copie de mémoire

- **exec**: chargement d'informations d'un exécutable dans la mémoire du processus enfant
  - mémoire nouveau

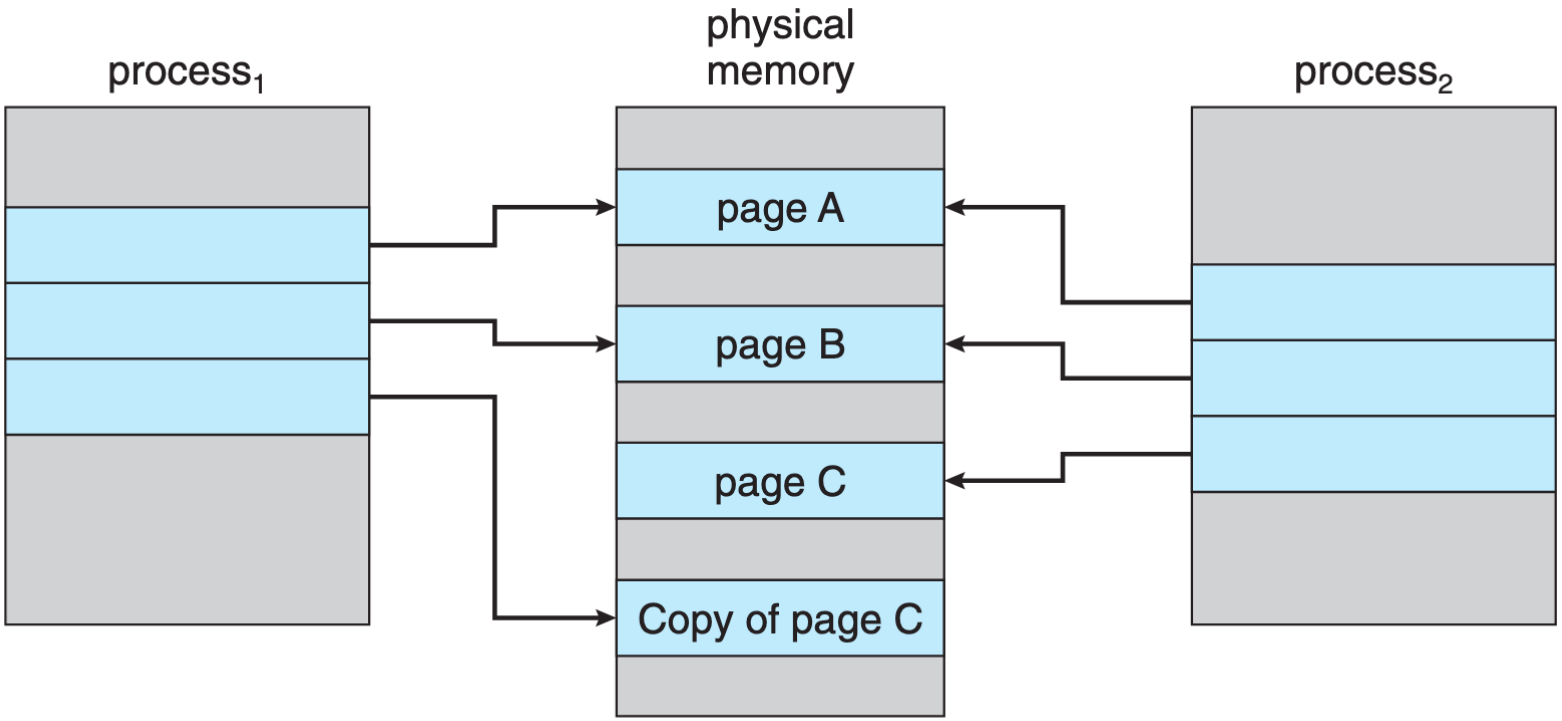
Copy on write - fork

- seule le tableau de pages est copiée
- toutes le pages sont marqué READ-ONLY
  - le deux processus partage la mémoire
- Si en processus voit écrire
  - faute de page
  - la page de mémoire este copie
    - Le deux processus ont de pages différentes

Exemple



Exemple


process1
physical memory
process2
page A
page B
page C
Copy of page C

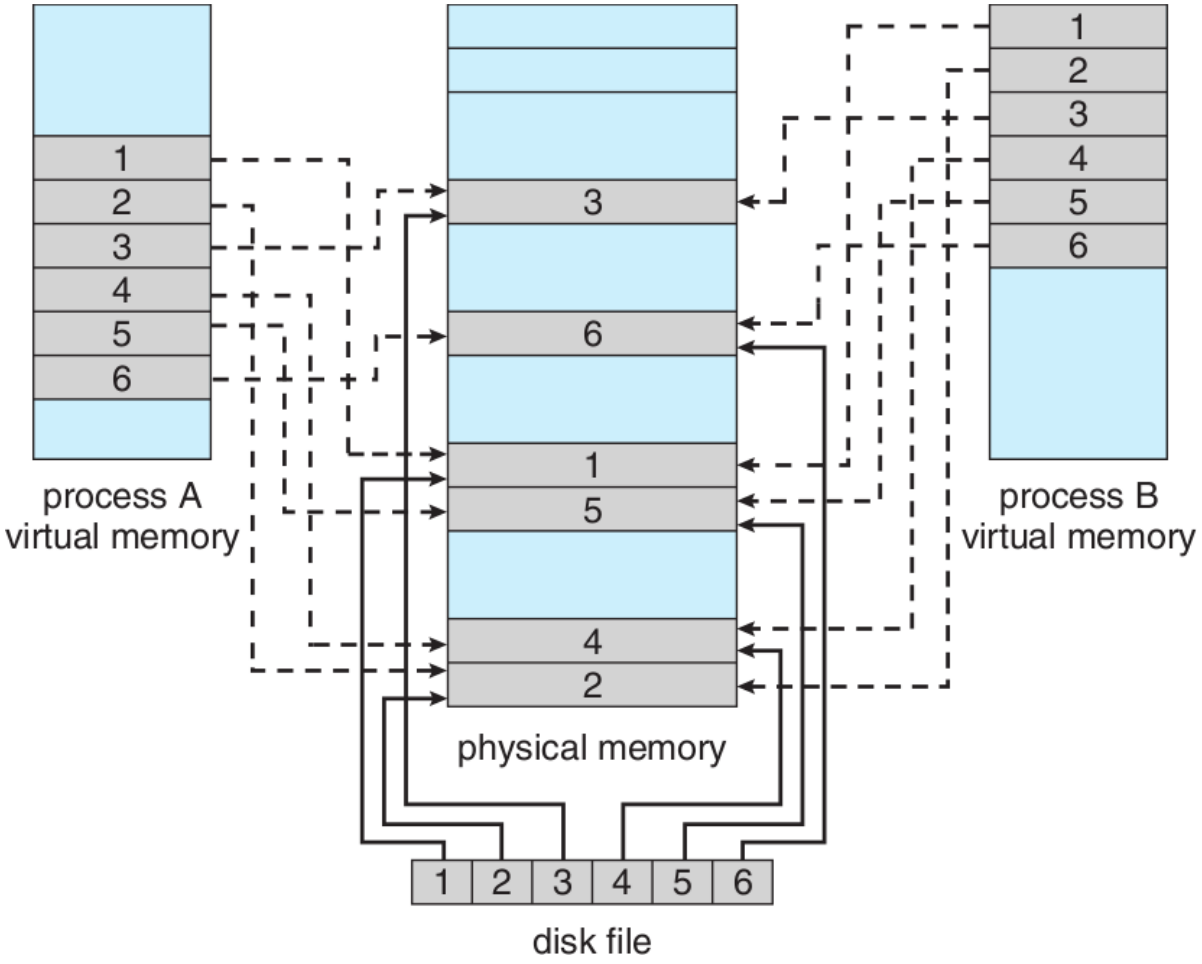
Mappage de fichiers

- une partie d'un fichier est mappée sur une adresse mémoire
- accès aux fichiers uniquement par accès à la mémoire
- écrire dans le fichier n'est pas immédiat

Utilisation

chargement des exécutables et des bibliothèques

Exemple


1
2
3
4
5
6
process A
virtual memory
3
6
1
5
4
2
physical memory
1
2
3
4
5
6
process B
virtual memory
1
2
3
4
5
6
disk file

Linux

```
void *mmap(void *addr, size_t len, int prot,
           int flags, int fd, off_t offset);

int munmap(void *addr, size_t len);

int msync(void *addr, size_t len, int flags);
```

- PROT_NONE Pages may not be accessed.
- PROT_READ Pages may be read.
- PROT_WRITE Pages may be written.
- PROT_EXEC Pages may be executed.

Exemple

```
int fd = open ("fichier.dat", "rw");
char *p = NULL;
if (fd >= 0) {
    p = mmap (NULL, 4096, PROT_WRITE, MAP_SHARED, fd, 0);
    if (p!=NULL) {
        strcpy (p, "sde");
        msync (p, 4096, M_SYNC);
        munmap (p, 4096);
    }
    close (fd);
}
```

Mot clés

- Adresse logique
- Adresse physique
- Pagination
- TLB
- Tableau de pages
- Faute de page
- Demande de page
- Swap
- Remplacement de pages
- FIFO
- LRU
- Second Chance
- NRU
- Copy on write
- Mappage de mémoire

Questions