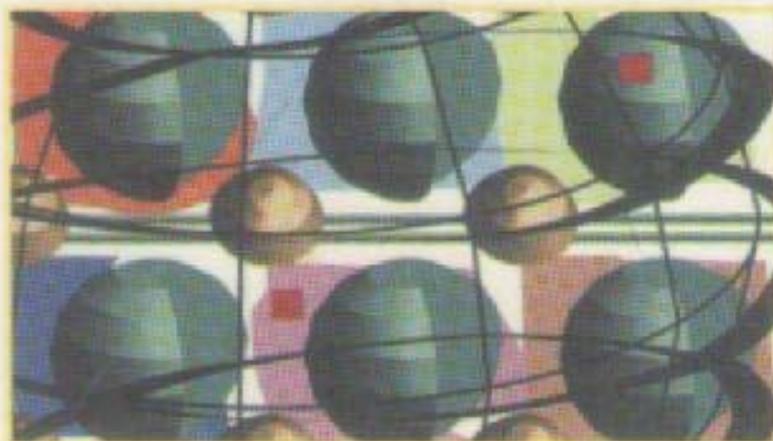


Andrew Tanenbaum

2^e CYCLE • ÉCOLES D'INGÉNIEURS

Systemes d'exploitation

Systemes centralisés • Systemes distribués



DUNOD

2 - 005 - 138 - 1

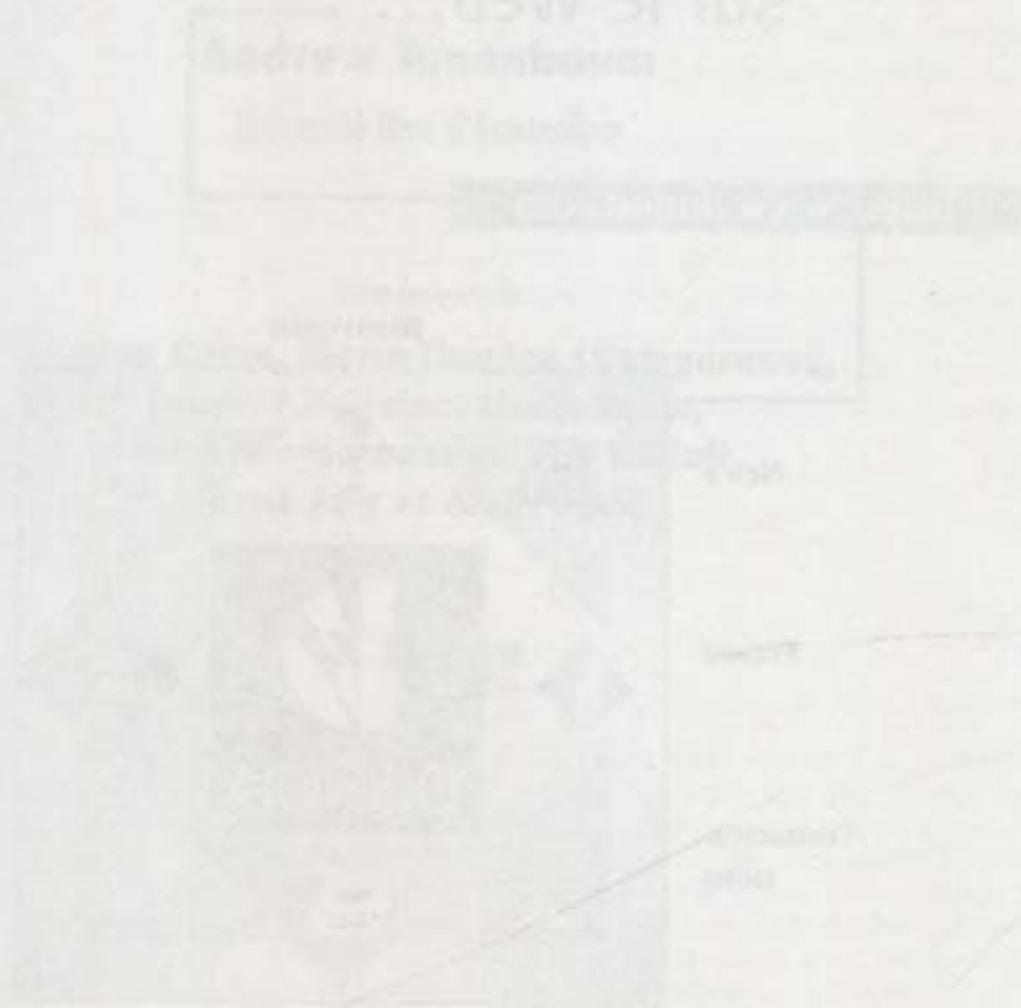
2-005-138-1



Systemes d'exploitation

Systemes centralises

Systemes distribues



Prentice Hall

Sommaire

Préface à l'édition française	xix
Préface de l'auteur	xxi

I Les systèmes centralisés

1 Introduction	1
1.1 Qu'est-ce qu'un système d'exploitation?	3
1.1.1 Le système d'exploitation en tant que machine étendue	3
1.1.2 Le système d'exploitation en tant que gestionnaire de ressources	4
1.2 Historique des systèmes d'exploitation	5
1.2.1 La première génération (1945-1955): les tubes à vide et les cartes enfichables	6
1.2.2 La deuxième génération (1955-1965): les transistors et le traitement par lots	6
1.2.3 La troisième génération (1965-1980): les circuits intégrés et la multiprogrammation	8
1.2.4 La quatrième génération (1980-1990): les ordinateurs personnels	12
1.3 Principes des systèmes d'exploitation	13
1.3.1 Les processus	14
1.3.2 Les fichiers	16
1.3.3 Les appels système	19
1.3.4 L'interpréteur de commandes	20
1.4 Structure d'un système d'exploitation	21
1.4.1 Les systèmes monolithiques	21
1.4.2 Les systèmes à couches	23
1.4.3 Les machines virtuelles	24
1.4.4 Le modèle client-serveur	26
1.5 Aperçu du reste de cet ouvrage	27
1.6 Résumé	29
2 Les processus	31
2.1 Introduction aux processus	31
2.1.1 Le modèle des processus	31
2.1.2 La réalisation des processus	35

2.2	La communication inter-processus	37
2.2.1	Accès concurrents	38
2.2.2	Sections critiques	39
2.2.3	Exclusion mutuelle par attente active	40
2.2.4	Les primitives SLEEP et WAKEUP	44
2.2.5	Les sémaphores	47
2.2.6	Les compteurs d'événements	50
2.2.7	Les moniteurs	51
2.2.8	L'échange de messages	56
2.2.9	L'équivalence des primitives	59
2.3	Problèmes classiques en communication inter-processus	64
2.3.1	Le problème des philosophes	64
2.3.2	Le modèle des lecteurs et des rédacteurs	66
2.3.3	Le problème du coiffeur endormi	69
2.4	Ordonnancement des processus	70
2.4.1	L'ordonnancement circulaire (tourniquet)	73
2.4.2	L'ordonnancement avec priorité	74
2.4.3	Les files multiples	75
2.4.4	L'ordonnancement du plus court d'abord	76
2.4.5	L'ordonnancement garanti	78
2.4.6	Décision et mécanisme	78
2.4.7	L'ordonnancement à deux niveaux	79
2.5	Résumé	80
3	La gestion de la mémoire	84
3.1	La gestion de la mémoire sans va-et-vient ni pagination	84
3.1.1	La monoprogrammation sans va-et-vient ni pagination	84
3.1.2	La multiprogrammation et l'utilisation de la mémoire	85
3.1.3	La multiprogrammation avec des partitions fixes	88
3.2	Le va-et-vient	91
3.2.1	La multiprogrammation avec partitions variables	91
3.2.2	La gestion de la mémoire par tables de bits	94
3.2.3	La gestion de la mémoire par listes chaînées	95
3.2.4	La gestion de la mémoire par subdivision	97
3.2.5	L'allocation de l'espace de va-et-vient	99
3.2.6	Analyse des systèmes avec va-et-vient	99
3.3	La mémoire virtuelle	100
3.3.1	La pagination	101
3.3.2	Les tables des pages	105
3.3.3	Exemples de matériel de pagination	109
3.3.4	La mémoire associative	116
3.3.5	La table des pages inverse	120
3.4	Algorithmes de remplacement de page	122
3.4.1	L'algorithme de remplacement de page optimal	122

3.4.2	L'algorithme de remplacement d'une page non récemment utilisée	123
3.4.3	L'algorithme de remplacement de page premier entré, premier sorti	124
3.4.4	L'algorithme de remplacement de page de la seconde chance	124
3.4.5	L'algorithme de remplacement de page de l'horloge	125
3.4.6	L'algorithme de remplacement de la page la moins récemment utilisée	125
3.4.7	Simulation logicielle de l'algorithme LRU	127
3.5	Modélisation des algorithmes de pagination	129
3.5.1	L'anomalie de Belady	129
3.5.2	Les algorithmes de pile	129
3.5.3	La chaîne des distances	132
3.5.4	La prévision du nombre de défauts de page	133
3.6	Conception des systèmes paginés	134
3.6.1	Le modèle de l'ensemble de travail	135
3.6.2	Allocation locale et allocation globale	136
3.6.3	La taille des pages	138
3.6.4	Réalisation pratique	140
3.7	La segmentation	144
3.7.1	Mise en œuvre de la segmentation pure	148
3.7.2	La segmentation avec pagination : MULTICS	148
3.7.3	La segmentation avec pagination : l'Intel 386	152
3.8	Résumé	158
4	Le système de fichiers	162
4.1	Les fichiers	163
4.1.1	L'affectation des noms de fichiers	163
4.1.2	La structure des fichiers	165
4.1.3	Les types de fichiers	166
4.1.4	L'accès aux fichiers	168
4.1.5	Les attributs des fichiers	169
4.1.6	Les opérations sur les fichiers	171
4.1.7	Les fichiers mappés en mémoire	175
4.2	Les catalogues	176
4.2.1	Les systèmes à catalogues hiérarchiques	176
4.2.2	Les chemins d'accès	178
4.2.3	Les opérations sur les catalogues	180
4.3	La mise en œuvre du système de fichiers	181
4.3.1	Le stockage des fichiers	181
4.3.2	La mise en œuvre des catalogues	184
4.3.3	Les fichiers partagés	187
4.3.4	L'organisation de l'espace disque	190
4.3.5	La fiabilité du système de fichiers	193

4.3.6	Les performances du système de fichiers	199
4.4	La sécurité	202
4.4.1	Le contexte	202
4.4.2	Quelques failles célèbres	204
4.4.3	Le ver Internet	206
4.4.4	Les tests de sécurité	208
4.4.5	La conception de systèmes sécurisés	211
4.4.6	L'identification de l'utilisateur	211
4.5	Les mécanismes de protection	216
4.5.1	Les domaines de protection	216
4.5.2	Les listes de contrôle d'accès	219
4.5.3	La liste de capacités	220
4.5.4	La modélisation de la protection	222
4.5.5	Les canaux cachés	224
4.6	Résumé	226
5	Les entrées/sorties	229
5.1	Les principes du matériel des E/S	229
5.1.1	Les périphériques d'E/S	229
5.1.2	Les contrôleurs de périphériques	230
5.1.3	L'accès direct à la mémoire	233
5.2	Les principes du logiciel des E/S	235
5.2.1	Les objectifs du logiciel des E/S	235
5.2.2	Le traitement des interruptions	236
5.2.3	Les pilotes de périphériques	237
5.2.4	Le logiciel des E/S indépendant du matériel	238
5.2.5	Le logiciel des E/S qui fait partie de l'espace de l'utilisateur	240
5.3	Les disques	241
5.3.1	Le disque physique	242
5.3.2	Les algorithmes d'ordonnancement du bras du disque	242
5.3.3	Le traitement des erreurs	245
5.3.4	L'antémémoire pour les pistes du disque	247
5.3.5	Le matériel et le logiciel du disque virtuel	247
5.4	Les horloges	248
5.4.1	Le matériel de l'horloge	248
5.4.2	Le logiciel de l'horloge	249
5.5	Les terminaux	252
5.5.1	Les terminaux du point de vue du matériel	253
5.5.2	Les terminaux directement mappés en mémoire	255
5.5.3	Le logiciel de lecture du clavier	257
5.5.4	Le logiciel d'affichage à l'écran	262
5.6	Résumé	264
6	Les interblocages	267

6.1	Les ressources	268
6.2	Les interblocages	269
6.2.1	Les conditions de survenue d'un interblocage	269
6.2.2	La modélisation des interblocages	270
6.3	La politique de l'autruche	272
6.4	La détection et la reprise	273
6.4.1	La détection des interblocages avec une seule ressource d'un type donné	273
6.4.2	La détection des interblocages avec plusieurs ressources d'un type donné	276
6.4.3	La reprise des interblocages	278
6.5	L'évitement des interblocages	280
6.5.1	La trajectoire des ressources	280
6.5.2	Les états sûrs et non sûrs	281
6.5.3	L'algorithme du banquier pour une ressource unique	283
6.5.4	L'algorithme du banquier pour plusieurs ressources	284
6.6	La prévention des interblocages	285
6.6.1	La condition d'exclusion mutuelle	286
6.6.2	La condition de détention et d'attente	286
6.6.3	La condition de non-réquisition	287
6.6.4	La condition d'attente circulaire	287
6.7	Autres considérations	288
6.7.1	Le verrouillage à deux phases	288
6.7.2	Les interblocages non liés aux ressources	289
6.7.3	La famine	289
6.8	Résumé	290
7	Étude de cas 1 : UNIX	293
7.1	Histoire d'UNIX	293
7.1.1	UNICS	294
7.1.2	PDP-11 et UNIX	294
7.1.3	UNIX portable	295
7.1.4	L'UNIX de Berkeley	297
7.1.5	Le standard UNIX	297
7.2	Présentation d'UNIX	300
7.2.1	Objectifs d'UNIX	300
7.2.2	Interfaces à UNIX	301
7.2.3	Début de session avec UNIX	302
7.2.4	Le shell	303
7.2.5	Fichiers et catalogues	306
7.2.6	Les programmes utilitaires	307
7.3	Les concepts fondamentaux d'UNIX	309
7.3.1	Les processus	310
7.3.2	Le modèle mémoire d'UNIX	315
7.3.3	Le système de fichiers d'UNIX	318

7.3.4	Les entrées/sorties	322
7.4	Les appels système d'UNIX	325
7.4.1	Appels système de gestion des processus	327
7.4.2	Appels système de gestion de la mémoire	330
7.4.3	Appels système pour les fichiers et les catalogues	330
7.4.4	Appels système d'entrées/sorties	332
7.5	Implémentation d'UNIX	332
7.5.1	Implémentation des processus	333
7.5.2	Implémentation de la gestion de la mémoire	336
7.5.3	Implémentation du système de fichiers	342
7.5.4	Implémentation des entrées/sorties	345
7.6	Résumé	347
8	Étude de cas 2 : MS-DOS	351
8.1	Histoire de MS-DOS	351
8.1.1	L'IBM PC	352
8.1.2	MS-DOS version 1.0	353
8.1.3	MS-DOS version 2.0	354
8.1.4	MS-DOS version 3.0	355
8.1.5	MS-DOS version 4.0	356
8.1.6	MS-DOS version 5.0	357
8.2	Présentation de MS-DOS	358
8.2.1	Utilisation de MS-DOS	359
8.2.2	Le shell MS-DOS	362
8.2.3	Configuration de MS-DOS	365
8.3	Concepts fondamentaux de MS-DOS	366
8.3.1	Les processus dans MS-DOS	366
8.3.2	La structure de la mémoire MS-DOS	371
8.3.3	Le système de fichiers MS-DOS	381
8.3.4	Entrées/sorties dans MS-DOS	383
8.4	Les appels système dans MS-DOS	384
8.4.1	Appels système pour la gestion de processus	385
8.4.2	Appels système pour la gestion de la mémoire	387
8.4.3	Appels système pour les fichiers et les répertoires	387
8.4.4	Appels système pour les entrées/sorties	388
8.5	Mise en œuvre de MS-DOS	388
8.5.1	Mise en œuvre des processus dans MS-DOS	390
8.5.2	Mise en œuvre de la gestion mémoire dans MS-DOS	391
8.5.3	Mise en œuvre du système de fichiers de MS-DOS	394
8.5.4	Implémentation des entrées/sorties	398
8.6	Résumé	401

II Les systèmes distribués

9	Introduction aux systèmes distribués	407
9.1	Objectifs	408
9.1.1	Avantages des systèmes distribués sur les systèmes centralisés	408
9.1.2	Avantages des systèmes distribués sur les PC indépendants	409
9.1.3	Inconvénients des systèmes distribués	410
9.2	Concepts matériels	412
9.2.1	Multiprocesseurs à bus	414
9.2.2	Multiprocesseurs commutés	416
9.2.3	Multicalculateurs à bus	417
9.2.4	Multicalculateurs commutés	418
9.3	Concepts logiciels	419
9.3.1	Systèmes d'exploitation réseaux et NFS	420
9.3.2	Vrais systèmes distribués	429
9.3.3	Les systèmes multiprocesseurs en temps partagé	430
9.4	Bases de la conception des systèmes distribués	433
9.4.1	Transparence	433
9.4.2	Souplesse	436
9.4.3	Fiabilité	438
9.4.4	Performances	439
9.4.5	Dimensionnement	440
9.5	Résumé	442
10	Communications dans les systèmes distribués	444
10.1	Couches de protocoles	444
10.1.1	La couche physique	448
10.1.2	La couche liaison	448
10.1.3	La couche réseau	449
10.1.4	La couche transport	450
10.1.5	La couche session	451
10.1.6	La couche présentation	451
10.1.7	La couche application	452
10.2	Le modèle client-serveur	452
10.2.1	Clients et serveurs	452
10.2.2	Un exemple de client et de serveur	454
10.2.3	Adressage	456
10.2.4	Primitives bloquantes et primitives non bloquantes	460
10.2.5	Primitives avec tampons et primitives sans tampons	463
10.2.6	Primitives fiables et primitives non fiables	465
10.2.7	Implémentation du modèle client-serveur	467
10.3	Appels de procédures à distance	469
10.3.1	Opérations de base des RPC	470

10.3.2	Passage de paramètres	474
10.3.3	Nommage dynamique	479
10.3.4	Sémantique des RPC en cas d'échec	482
10.3.5	Questions relatives à l'implémentation	486
10.3.6	Les domaines qui posent problème	498
10.4	Communications de groupes	501
10.4.1	Introduction aux communications de groupes	501
10.4.2	Problèmes conceptuels	503
10.4.3	Communications de groupes dans ISIS	513
10.5	Résumé	517
11	Synchronisation dans les systèmes distribués	520
11.1	Synchronisation d'horloge	521
11.1.1	Horloges logiques	522
11.1.2	Horloges physiques	526
11.1.3	Algorithmes de synchronisation d'horloges	529
11.2	Exclusion mutuelle	535
11.2.1	Un algorithme centralisé	535
11.2.2	Un algorithme distribué	536
11.2.3	Un algorithme de type anneau à jeton	539
11.2.4	Comparaison des trois algorithmes	541
11.3	Algorithmes d'élection	542
11.3.1	L'algorithme du plus fort	542
11.3.2	Un algorithme pour anneau	543
11.4	Transactions atomiques	544
11.4.1	Introduction aux transactions atomiques	545
11.4.2	Modèle de transaction	547
11.4.3	Implémentation	551
11.4.4	Contrôle de concurrence	555
11.5	Interblocages dans les systèmes distribués	559
11.5.1	Détection des interblocages distribués	561
11.5.2	Prévention des interblocages distribués	565
11.6	Résumé	567
12	Processus et processeurs dans les systèmes distribués	570
12.1	Processus légers	570
12.1.1	Introduction aux processus légers	570
12.1.2	Utilisation des processus légers	572
12.1.3	Conception de paquets pour processus légers	575
12.1.4	Implémentation d'un paquet pour processus légers	579
12.1.5	Processus légers et RPC	583
12.1.6	Un exemple de paquet pour processus légers	585
12.2	Les modèles de systèmes	589
12.2.1	Le modèle station de travail	589
12.2.2	Utilisation des stations de travail libres	593

12.2.3	Le modèle grappe de processeurs	597
12.2.4	Un modèle hybride	601
12.3	Allocation de processeurs	601
12.3.1	Modèles d'allocation	601
12.3.2	Critères de conception des algorithmes d'allocation de processeurs	603
12.3.3	Critères d'implémentation des algorithmes d'allocation de processeurs	605
12.3.4	Exemples d'algorithmes d'allocation de processeurs . .	608
12.4	Ordonnancement dans les systèmes distribués	613
12.5	Résumé	615
13	Les systèmes de fichiers distribués	618
13.1	Conception d'un système de fichiers distribué	619
13.1.1	L'interface du service de fichiers	619
13.1.2	L'interface du système de gestion	621
13.1.3	Sémantique du partage de fichiers	626
13.2	Implémentation d'un système de fichiers distribué	629
13.2.1	L'utilisation des fichiers	629
13.2.2	Structure du système	631
13.2.3	Les caches	635
13.2.4	La duplication	641
13.2.5	Un exemple : le système AFS (Andrew File System) .	645
13.2.6	Le bilan	651
13.3	Les tendances des systèmes de fichiers distribués	652
13.3.1	Nouveaux matériels	652
13.3.2	Élasticité	655
13.3.3	Les réseaux longue distance	656
13.3.4	Les utilisateurs mobiles	657
13.3.5	La tolérance aux pannes	657
13.4	Résumé	658
14	Étude de cas 3: Amoeba	661
14.1	Introduction à Amoeba	661
14.1.1	Histoire d'Amoeba	661
14.1.2	Les objectifs de recherche	662
14.1.3	L'architecture du système Amoeba	663
14.1.4	Le micronoyau d'Amoeba	665
14.1.5	Les serveurs d'Amoeba	667
14.2	Les objets et identifications d'Amoeba	668
14.3	La gestion des processus dans AMOEBa	673
14.3.1	Les processus	673
14.3.2	Les processus légers	675
14.4	La gestion mémoire d'Amoeba	676
14.4.1	Les segments	677

14.4.2	Les segments et la mémoire virtuelle	677
14.5	Amoeba et la communication	678
14.5.1	L'appel de procédure à distance	678
14.5.2	La communication de groupe dans Amoeba	682
14.5.3	Le protocole FLIP : Fast Local Internet Protocol	690
14.6	Les serveurs d'Amoeba	698
14.6.1	Le serveur de fichiers (bullet server)	698
14.6.2	Le serveur de noms	702
14.6.3	Le serveur de duplication	707
14.6.4	Le serveur d'exécution	708
14.6.5	Le serveur de démarrage	709
14.6.6	Le serveur TCP/IP	710
14.6.7	Autres serveurs	710
14.7	Résumé	710
15	Étude de cas 4: Mach	713
15.1	Introduction à Mach	713
15.1.1	Histoire de Mach	713
15.1.2	Objectifs de Mach	715
15.1.3	Le micronoyau Mach	715
15.1.4	Le serveur UNIX BSD	717
15.2	Gestion de processus dans Mach	717
15.2.1	Les processus	718
15.2.2	Les processus légers	721
15.2.3	Ordonnancement	724
15.3	Gestion de la mémoire dans Mach	727
15.3.1	Mémoire virtuelle	728
15.3.2	Partage de mémoire	731
15.3.3	Gestionnaires de mémoire externes	734
15.3.4	Mémoire partagée distribuée dans Mach	738
15.4	La communication dans Mach	739
15.4.1	Les ports	740
15.4.2	Émission et réception de messages	746
15.4.3	L'émulateur UNIX BSD de Mach	753
15.5	Comparaison entre Amoeba et Mach	755
15.5.1	Philosophie	755
15.5.2	Objets	756
15.5.3	Processus	757
15.5.4	Organisation de la mémoire	758
15.5.5	Communications	759
15.5.6	Serveurs	760
15.6	Résumé	760
A	Bibliographie	764

B Introduction au langage C	776
B.1 Les principes fondamentaux du C	776
B.2 Les types de données de base	777
B.3 Les types de données composés	778
B.4 Les instructions	780
B.5 Les expressions	783
B.6 La structure des programmes	785
B.7 Le préprocesseur C	785
B.8 Les idiomes	786
Index	788