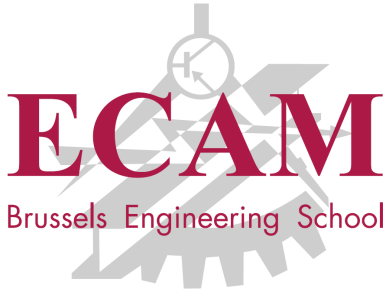


I403C Systèmes d'exploitation avancé

Séance 4

Système d'exploitation distribué

Sébastien Combéfis

2017–2018

Ce(tte) œuvre est mise à disposition selon les termes de la Licence Creative Commons Attribution – Pas d'Utilisation Commerciale – Pas de Modification 4.0 International.

Rappels

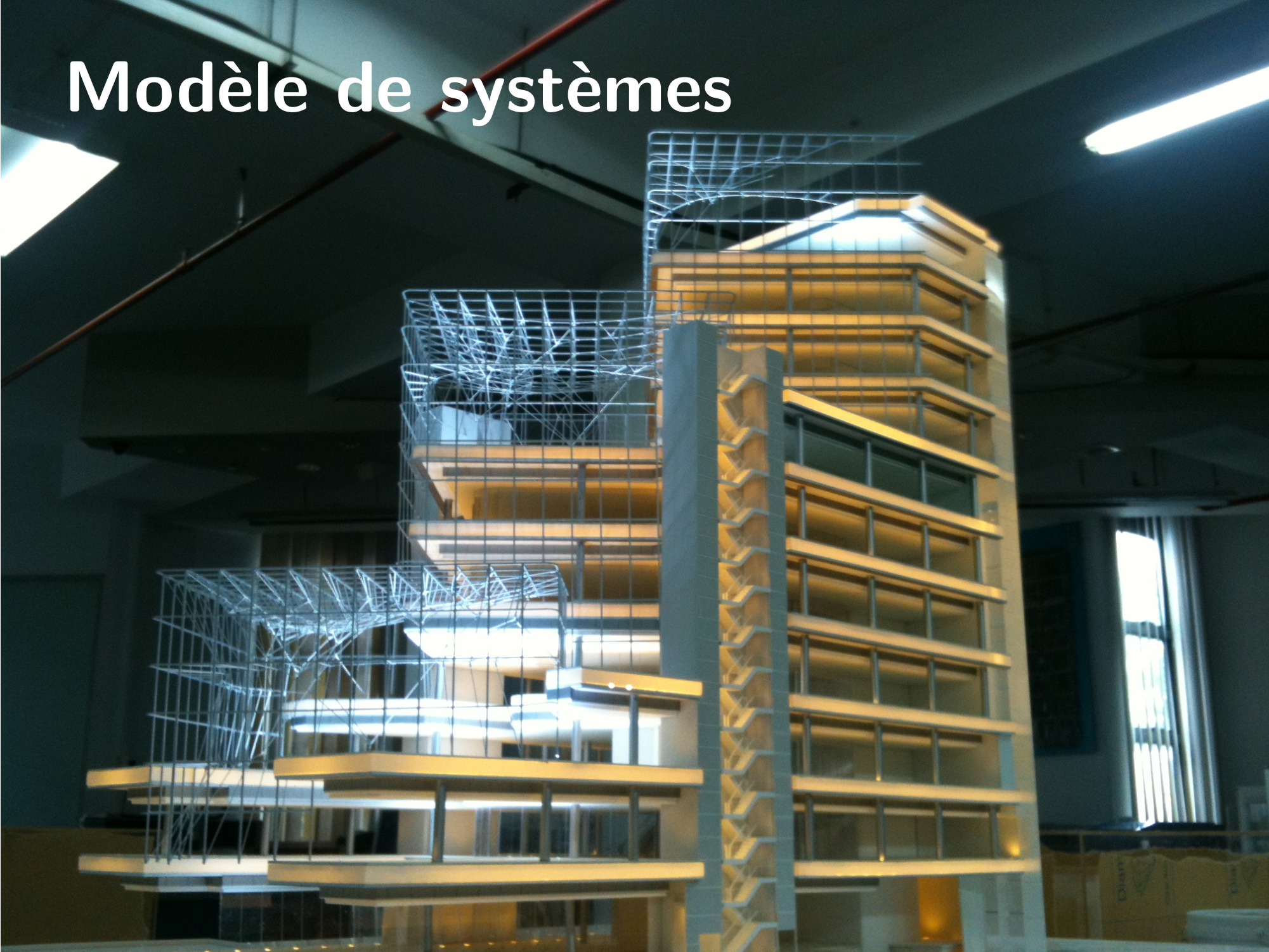
- Fonctionnement ordinateurs avec plusieurs processeurs/cœurs
  - Organisation en Symmetric Multiprocessing (SMP)
  - Liens entre le multithreading et les SMP/multicœurs
- Les systèmes d'exploitation multiprocesseurs (MPOS)

  Caractéristiques, fonctionnalités et points d'attention
- Ordonnancement des processus sur des systèmes multicœurs
  - Définition des niveaux de granularité du parallélisme
  - Quelques techniques d'ordonnancement de processus et threads

Objectifs

- Comprendre ce qu'est un OS distribué
  - Système distribué et comparaison OS réseau/OS distribué
  - Principaux modèles de systèmes, problèmes et objectifs
- Éléments de design d'un OS distribué
  - Primitives de communication par `send`/`receive` ou RPC
  - Détails des points d'attention pour designer un OS distribué

Modèle de systèmes



OS distribué (1)

- OS distribué exécuté sur plusieurs machines
  - Permet de contrôler les ressources du système distribué
  - Fournit une interface d'utilisation facile aux utilisateurs
- Apparait comme un OS centralisé pour ses utilisateurs

  Mais tourne effectivement sur plusieurs processeurs indépendants
- Nécessité d'avoir une transparence totale

  L'utilisateur voir un uniprocesseur virtuel

OS distribué (2)

- Plusieurs systèmes multimachines pas des systèmes distribués
  - L'ARPANET contient plusieurs ordinateurs, mais distinguables
  - Un réseau local n'est non plus pas un système distribué
- Le software détermine si un système est distribué ou non
  - User ne doit pas savoir (et s'en fout) sur quelle machine il est
  - Où son software est exécuté, où sont ses fichiers...

OS réseau (1)

- Collection d'ordinateurs individuels reliés dans un réseau

  Partage de ressources comme imprimante, ou serveur de fichiers

- Se distingue d'un OS distribué sur plusieurs points
  - Chaque PC a son OS privé pas étendu au système distribué
  - Chaque utilisateur travaille normalement sur sa machine privée
  - Localisation des fichiers bien connue par chaque utilisateur
  - Le système n'est pas très tolérant aux pannes

Problème et objectif (1)

- Changement majeur dans la techhnologie des microprocesseurs
  - Beaucoup plus puissants qu'avant et beaucoup moins chers
  - Abandon mainframe pour système avec **des** petits processeurs
- Plusieurs autres avantages aux systèmes distribués
  - Simplicité du software avec fonction spécifique par processeur
  - Croissance incrémentale du système par ajout de processeurs
  - Meilleure fiabilité et disponibilité du système

Problème et objectif (2)

- Quelques éléments négatifs à la distribution
  - Risque d'avoir un overhead de communication si mal réparti
  - Machines passent leur temps sur protocole de communication
- Difficulté de maintenir un état global du système
  - Collecter une telle information peut s'avérer couteux
  - Maintenir cette information à jour est encore pire
  - Difficulté d'optimiser l'exploitation du système sans cela

Modèle de système (1)

- Trois principales catégories de modèles de distribution

  Modèles mini-ordinateur, station de travail et pool de processeurs

- Mini-ordinateur connecte une douzaine de petites machines
  - Chacune des machines possède plusieurs utilisateurs
  - User loggué sur machine précise, mais accès distant à toutes
  - Évolution de la machine centrale en time-sharing

Modèle de système (2)

- Modèle station de travail connecte machines puissantes
  - CPU puissant, mémoire et affichage, pas toujours disque
  - Majorité du travail fait sur station de travail
  - Système de fichiers unique et global à tout le monde
- Processor pool inverse ratio CPU par user loggué
  - < 1 pour mini-ordinateur, 1 pour station de travail et > 1 ici
  - Allocation de CPUs à un utilisateur lorsqu'il en a besoin

OS réseau (2)

- Plusieurs idées proviennent des OS réseau
  - Connexion de machines via la ligne téléphonique
  - Permettre des logins à distance et transferts de fichiers
- Trois éléments visibles font différence avec OS distribué
  - Systèmes de fichiers individuels des machines connectées
  - Protection affecte identifiant unique pour user sur une machine
  - Localisation d'un programme qui est exécuté

Vers l'OS distribué

- Unification du système de fichiers pour partage entre tous
  - Un seul répertoire `bin`, un fichier de mots de passe...
  - Répartition de la charge sur disque pour le seul espace de noms
- UID unique pour chaque utilisateur sur tout le système

  Même UID valide sur toutes les machines, sans mapping local
- Pouvoir créer un processus sans spécifier la localisation
  - Appel système `create_process` choisit où exécuter
  - Exécution n'importe où, mais connexion préalable à la machine
  - Autoriser processus à accéder à toutes ressources du système

Implémentation OS distribué

- OS réseau construit par ajout d'une couche software
  - Ajout de software ou librairie exécuté sur OS local
  - Capture des appels systèmes et exécution locale ou distante
- Difficultés avec certains types d'appels systèmes
  - Communication et signaux interprocessus
  - Caractères d'interruption spéciale depuis clavier
  - Un nouveau kernel doit être écrit pour les OS distribués

Primitive de communication

Communication

- Pas de partage de mémoire principale entre les machines

  Pas de communication avec mémoire partagée, sémaphore...

- Communication essentiellement par passage de messages
  - Simple utilisation des primitives `send` et `receive`
  - Appel de procédure à distance comme extension haut niveau

Framework de communication

- Communication utilisant le modèle ISO OSI

  Définition de sept couches : physical, datalink, network, transport, session, presentation et application

- Avantages et inconvénients d'utiliser ISO OSI
  - Connexion de machines très différentes facilement
  - Lourdeur de communication et échanges inter-couches
  - Ressources et temps calcul pour les protocoles

Passage de messages

- Modèle classique le plus répandu est le client-serveur
  - Processus client a besoin d'un service et contacte serveur
  - Serveur reçoit requêtes et répond aux clients
- Deux primitives de base assurent la communication
  - `send(dst, msg)` envoie un message à une destination
  - `recv(src)` reçoit des messages de sources
  - Pas besoin de setup, coordination ou connexion préalable

Aspect bloquant

- Primitive fiable et non bloquante ou bloquantes
  - Garantie de livraison d'un `send`, retransmission
  - Acknowledgement avant que `send` ne rende la main
- Avantages et inconvénients de primitives non bloquantes
  - Flexibilité en permettant E/S message parallèles
  - Programmation et tests difficiles car pas reproductible
  - Protection nécessaire des buffers pour accès concurrent

Aspect buffer

- Protocole *rendezvous* pour gérer échange

  Le `send` bloque jusqu'à ce qu'un `receive` soit fait, et transmission

- Possibilité de stocker des messages dans des buffers
  - Permet d'avoir plusieurs appels `send` sans tout bloquer
  - File d'attente tant que le destinataire n'a rien `receive`
  - Plus complexe, nécessite protection, interruption, nettoyage...
- Communication structurée en distinguant requête et réponse
  - Client fait `SEND_GET` pour envoyer requête et attendre réponse
  - Server fait `GET_REQUEST` puis traite et `SEND_REPLY`

Remote Procedure Call (RPC) (1)

- Similitude entre `send`/`receive` et appel d'une procédure
  - Sémantique communication entre machines = appel procédure
  - Appel $p(x, y)$ côté client, exécution transparente sur serveur
- Ajout stub dans code client pour encapsuler communication
  - Généré par compilateur ou dynamiquement lié à l'exécution
  - Empaqueter paramètre, demande d'appel, dépaqueter retour
  - Stub serveur complètement symétrique

Remote Procedure Call (RPC) (2)

- Quelques difficultés avec les RPC
  - Passer variables par référence nécessite pointeur global
  - Représentation des données pas uniformes selon architectures
- Mécanisme de RPC encapsulé dans langage plus haut niveau

  Java RMI se base sur spécification machine virtuelle (JVM)

Design d'OS distribué

Nom et protection (1)

- Un OS doit maintenir des noms pour les objets manipulés
  - Fichier, boite aux lettres, processus, périphérique E/S...
  - Un processus présente le nom à l'OS pour accéder à l'objet
- Noms des objets gérés comme des mappings

  Fichier : Nom $\leftrightarrow$ i-node UNIX, Mémoire : VA $\leftrightarrow$ PA...
- Utilisation d'un serveur de noms unique
  - Maintient la table de mapping entre les noms et les ressources
  - Pas applicable pour gros systèmes sinon bottleneck

Nom et protection (2)

- Partition du système en plusieurs domaines
  - Un serveur de noms est dédié à chacun des domaines
  - Utilisation d'un arbre de nommage global
- Chaque machine peut être responsable de ses propres noms

  Broadcast à tous d'une requête, et réponse par l'intéressé

Gestion des ressources

- Connaitre l'état des ressources dans système centralisé
  - Très facile à avoir car stocké dans plusieurs tables locales
  - Information également maintenue à jour facilement
- Difficile de maintenir un état global d'un système distribué
  - Niveau de granularité bas difficile à avoir (processeurs)
  - Un serveur avec une table centrale devient bottleneck

Allocation des processeurs

- Organisation des processeurs en hiérarchie indépendante
  - Comme à l'armée, dans l'académie, l'industrie...
  - Il y a des processeurs travailleurs, managers...
- Un manager responsable pour k travailleurs
  - Garde la liste de qui est occupé et qui est disponible
  - Structure hiérarchique avec doyen responsable de k managers
  - Limite la quantité d'information de coordination échangée
- Promotion d'un subalterne lors du crash d'un responsable

  Avoir un comité tout en haut au lieu d'une seule racine

Ordonnancement

- Ordonnancement facile dans des conditions simplifiée
  - Processeur exécute 0 ou 1 processus (pas multiprogrammation)
  - Les processus sont complètement indépendants
- Processus coopératifs échangent beaucoup de messages
  - Intéressant de les faire exécuter ensemble et proches
  - Exécution simultanée de processus communiquant préférable
  - Information sur le niveau de communication pas obtenable

Répartition de charge

- Deux optiques pour répartir les processus sur processeurs
  - Processus coopératifs à séparer pour augmenter parallélisme
  - Ou sur même machine pour diminuer couts de communication
- Nécessité d'ajouter du load balancing en plus
  - Ne pas avoir des processeurs inoccupés ou surchargés
  - Objectifs parfois contradictoires ordonnanceur/load balancer
  - Nécessité de récolter de l'information sur la charge effective

Détection de deadlock

- Deux principaux types de deadlocks peuvent survenir
  - Accès concurrent à un ensemble commun de ressources
  - Attentes mutuelles de messages lors de communications
- Deadlocks pour les ressources sont les traditionnels
  - Même problème que dans les systèmes centralisés
  - Beaucoup plus difficile à détecter car pas d'état global
- Deadlocks lors de la communication détectables

  Un processus peut envoyer un message à qui il attend

Tolérance aux pannes (1)

- Système distribué réputé plus fiable que système centralisé
  - Pas de corruption ou de pertes de données si plus fiable
  - Disponibilité si capable de répondre aux requêtes
- Duplication des ressources et des instances pour robustesse
  - Système tolérant aux pannes continue de fonctionner
  - Possibilité d'un mode dégradé et moins performant

Tolérance aux pannes (2)

- Duplication des processus critiques
  - Toujours prévoir un processus backup sur un autre processeur
  - Exécution miroir complet du processus backup
  - Ça coute des ressources et il faut des processeurs similaires
- Mise à jour concurrente de données par plusieurs utilisateurs
  - Chaos potentiel lorsque une ou des machines crashent
  - Un master tape et plusieurs update tapes appliqués en une fois

Service

- Offre de services par des processus serveurs niveau user

  Permet d'avoir un plus petit kernel, et un OS plus modulaire

- Plusieurs services possibles
  - Service fichiers offre services disque, fichier plat ou répertoire
  - Service d'impression reçoit fichier et les imprime
  - Service processus pour en créer des nouveaux
  - Service terminal, e-mail, temps, démarrage, gateway...

Crédits

- https://www.flickr.com/photos/hdaparis/14481507547
- https://www.flickr.com/photos/0742/5263773126
- https://www.flickr.com/photos/lennykphotography/24360710603