École Doctorale de Grenoble
Master 2 Recherche "Systèmes et Logiciel"

Algorithmique et techniques de base des systèmes répartis

Introduction

Sacha Krakowiak
Université Joseph Fourier
Projet Sardes (INRIA et IMAG-LSR)

http://sardes.inrialpes.fr/people/krakowia

Qu'est-ce qu'un système réparti?

- **Définition d'un système réparti**
  - Ensemble composé d'éléments reliés par un système de communication ; les éléments ont des fonctions de traitement (processeurs), de stockage (mémoire), de relation avec le monde extérieur (capteurs, actionneurs)
  - Les différents éléments du système ne fonctionnent pas indépendamment mais collaborent à une ou plusieurs tâches communes. Conséquence : une partie au moins de l'état global du système est partagée entre plusieurs éléments (sinon, on aurait un fonctionnement indépendant)

  De manière plus précise : toute expression de la spécification du système fait intervenir plusieurs éléments (exemple : préserver un invariant global, mettre des interfaces en correspondance, etc.)

Une autre "définition"...
A distributed system is one that stops you from getting any work done when a machine you've never heard of crashes.
Leslie Lamport

Définition humoristique, mais qui met l'accent sur deux points essentiels
- l'interdépendance entre les éléments d'un système réparti
- l'importance du traitement des défaillances

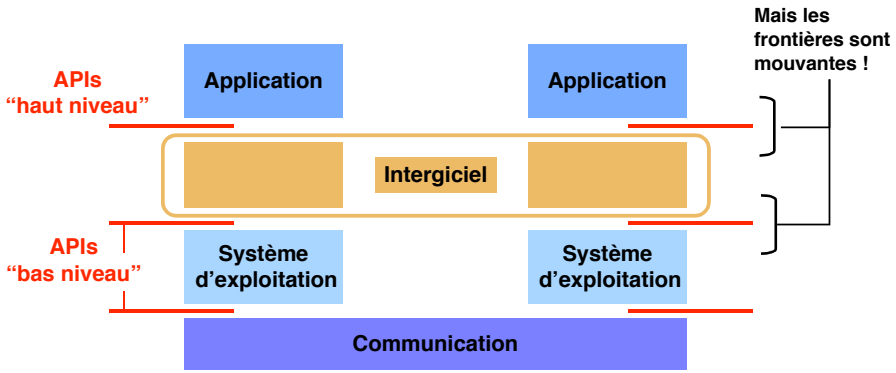
Pourquoi des système répartis?

La répartition est un état de fait pour un nombre important d'applications

- **Besoins propres des applications**
  - Intégration d'applications existantes initialement séparées
  - Intégration massive de ressources
    - Grilles de calcul, gestion de données
  - Pénétration de l'informatique dans des domaines nouveaux d'application
    - Intégration d'objets du monde réel (informatique omniprésente (*ubiquitous computing*))
      - Surveillance et commande d'installations
- **Possibilités techniques**
  - Coût et performances des machines et des communications
  - Interconnexion généralisée
    - Exemple 1 : interpénétration informatique-télécom-télévision
    - Exemple 2 : Réseaux de capteurs

Organisation d'un système réparti

Un schéma de base : l'intergiciel (*middleware*)



L'intergiciel sert de "super-système d'exploitation" pour les applications

Caractéristiques des systèmes répartis (1)

- **Propriétés souhaitées**
  - Le système doit pouvoir fonctionner (au moins de façon dégradée) même en cas de défaillance de certains de ses éléments
  - Le système doit pouvoir résister à des perturbations du système de communication (perte de messages, déconnexion temporaire, performances dégradées)
  - Le système doit pouvoir résister à des attaques contre sa sécurité (tentatives de violation de la confidentialité et de l'intégrité, usage indu de ressources, déni de service)
  - Le système doit pouvoir facilement s'adapter pour réagir à des changements d'environnement ou de conditions d'utilisation
  - Le système doit préserver ses performances lorsque sa taille croît (nombre d'éléments, nombre d'utilisateurs, étendue géographique)

Caractéristiques des systèmes répartis (2)

- **Difficultés**
  - Propriété d'asynchronisme du système de communication (pas de borne supérieure stricte pour le temps de transmission d'un message
    - Conséquence : difficulté pour détecter les défaillances
  - Dynamisme (la composition du système change en permanence)
    - Conséquences : difficulté pour définir un état global
    - Difficulté pour administrer le système
  - Grande taille (nombre de composants, d'utilisateurs, dispersion géographique)
    - Conséquence : la capacité de croissance (*scalability*) est une propriété importante, mais difficile à réaliser

Malgré ces difficultés, des grands systèmes répartis existent et sont largement utilisés

le DNS (*Domain Name System*) (service de base)
le World Wide Web (infrastructure)
divers services sur l'Internet (applications)

Voies d'étude des systèmes répartis

- **Approche "descriptive"**
  - Étude des divers modèles de conception et de construction d'applications répartis (client-serveur, événements et messages, objets répartis, composants répartis, etc.)
  - Étude des diverses classes de systèmes, intergiciels et applications, et de leurs modes d'organisation et de fonctionnement
  - C'est l'objet du cours "Construction d'applications réparties et parallèles" (CR) - les années impaires
- **Approche "fondamentale"**
  - Étude des principes de base des systèmes répartis ; les problèmes fondamentaux (et leur origine), les solutions connues, les limites "intrinsèques"
  - Application de ces principes à quelques situations concrètes
  - C'est l'objet du présent cours

Exemple de problèmes "fondamentaux"

- Comment décrire une exécution répartie ?
- Comment déterminer des propriétés globales à partir d'observations locales ?
- Comment coordonner des opérations en l'absence d'horloge commune ?
- Comment partager des données en l'absence de mémoire commune ?
- Quels sont les critères de qualité pour une application répartie ?
- Y a-t-il des problèmes intrinsèquement insolubles ? Et, dans une telle situation, que fait-on en pratique ?
- Comment définir, et maintenir, la cohérence d'informations réparties ?
- Comment garder un système en fonctionnement malgré des défaillances partielles ?

Voie d'approche des problèmes "fondamentaux"

- **Définir des modèles**
  - Un modèle est une représentation d'une partie du monde réel
  - Un modèle représente des éléments réels par des éléments abstraits (qui ignorent ou simplifient divers aspects du réel)
  - Un même système réel peut être représenté par des modèles différents
    - selon le problème auquel on s'intéresse
    - selon le degré de détail souhaité
  - Tout modèle a des limites (pour son adéquation à la réalité), qu'il ne faut pas oublier
- **Utiliser les modèles**
  - Pour observer et comprendre le comportement du système réel
  - Pour prédire le comportement du système réel dans certaines circonstances
  - Pour aider à commander le système réel (lui imposer un comportement souhaité)

Plan du cours

- **Bases de l'algorithmique répartie (3 séances)**
  - Ordre, temps, état dans un système réparti
  - Observation cohérente
  - Algorithmes répartis de base
- **Tolérance aux fautes (3 séances)**
  - Approches pratiques : réalisation de serveurs fiables, validation atomique
  - Consensus, prise de décision
  - Groupes, diffusion, cohérence
- **Gestion de données réparties (2 séances)**
  - Désignation et localisation
  - Techniques pour la gestion globale de données (exemples)

La bibliographie

- **Deux types de références**
  - Références de base (souvent livres, parfois revues), relativement stables
  - Articles de recherche : avancées récentes, durée de vie en général plus limitée
  - La bibliographie contient les deux types de références
  - Le cours utilise en majorité (pas seulement) les références de base…
  - … donc lire aussi les articles de recherche, selon votre intérêt spécifique
- **Divers degrés de pertinence**
  - On ne peut pas tout lire…
  - … donc classement sélectif