

Réseaux

Chapitre 9 - Les réseaux Peer-To-Peer

Claude Duvallet

Université du Havre
UFR Sciences et Techniques
25 rue Philippe Lebon - BP 540
76058 LE HAVRE CEDEX
Claude.Duvallet@gmail.com

Plan de la présentation

- 1 Introduction
- 2 Pourquoi des systèmes pair-à-pair
- 3 Fonctionnement des systèmes P2P
- 4 Applications pair-à-pair

Introduction (1/3)

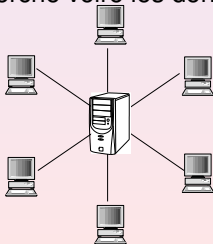
- Pour beaucoup, les systèmes Pair-à-Pair se réduisent aux seuls logiciels Napster, Kazaa, BitTorrent, eMule et autres eDonkey.
- Ces systèmes sont souvent synonyme de piratage, d'échanges illégaux de fichiers (musiques, films, logiciels, etc.).
- Le terme "Pair-à-Pair" est la traduction de l'anglais Peer-to-Peer, laquelle est souvent abrégée en P2P. On trouve parfois la traduction « poste-à-poste » ou par « égal-à-égal ».
- Il ne doit pas être confondu avec la notion de liaison point à point, désignée en anglais par l'expression Point-to-Point, ou avec le protocole point à point (PPP).
- Les réseaux pair-à-pair sont constitués :
 - d'utilisateurs (en nombre pas forcément défini, ni fixe),
 - du protocole qui leur permet de communiquer (Gnutella, BitTorrent, CAN, etc.),
 - et du fonctionnement du protocole entre ces machines.

Introduction (2/3)

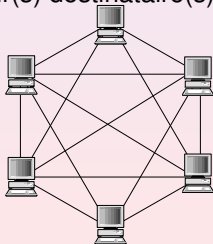
- Le terme de système pair-à-pair permet de désigner les machines et leur interconnexion à un moment donné, avec un nombre défini de machines / utilisateurs.
- Le terme de nœud permet de désigner le logiciel présent sur une machine, donc souvent un utilisateur (mais possiblement plusieurs).
- Le terme de lien désigne une connexion (souvent TCP) entre deux nœuds.
- Le terme d'objet désigne ce qui est partagé dans un système pair-à-pair :
 - une puissance de calcul,
 - des fichiers,
 - des services (DNS).

Introduction (3/3)

- Dans un système pair-à-pair, les nœuds ne jouent pas exclusivement les rôles de client ou de serveur mais peuvent assurer parallèlement les deux fonctions.
- Ils sont en effet simultanément clients et serveurs des autres nœuds du réseau, contrairement aux systèmes de type client-serveur.
- Ils jouent aussi le rôle de routeur, en passant les messages de recherche voire les données vers leur(s) destinataire(s).



Système Client-Serveur



Système Pair-à-Pair

Internet, victime de son succès

- Internet a été conçu pour avoir un fonctionnement client/serveur.
- De nombreux serveurs dédiés au stockage de sites et devant faire face à l'accroissement des demandes des utilisateurs de plus en plus nombreux.
- ⇒ encombrement des réseaux et augmentation de l'utilisation de la bande passante.
- ⇒ création de goulets d'étranglement et encombrement des autoroutes de l'information.

Le pair-à-pair au secours de l'Internet

- Augmenter les communications entre les internautes en se passant des serveurs centraux.
- ICQ : la première architecture pair-à-pair
 - Yossi Vardi est le co-fondateur de la société qui édite le logiciel créé par son fils Arik.
 - Créé en 1996, il permet de faire communiquer les logiciels entre eux au moyen des serveurs de Mirabilis.
 - À l'époque, les serveurs de Mirabilis arrivaient à supporter plus de 500 000 connexions simultanées.
- L'association Razorback accueille également sur un seul serveur plus de 1 million d'utilisateurs qui se partagent plusieurs centaines de méga-octets.

Le pair-à-pair : véritable atout économique mais aussi technique

- Permet de diminuer l'utilisation de la bande passante.
- Sur le Web, les données sont localisées à l'aide d'URL (Uniform Resource Locator) qui pointent sur des serveurs et des noms de fichiers.
- Sur les réseaux P2P, on parle plus d'URL mais d'URI (Uniform Resource Identifier).
 - Construit grâce à un algorithme de hachage.
 - L'URI d'un fichier contient une signature numérique unique.
 - Si un bit du fichier change alors la signature numérique du fichier change.
 - Les fichiers sont localisables sur le réseau P2P au moyen de cette URI.

Définition du pair-à-pair

- Chaque nœud participant peut être client et serveur.
- Chaque nœud paye sa participation en donnant accès à une partie de ses ressources.
- Propriétés :
 - Pas de coordination centralisée.
 - Pas de bases de données centralisées.
 - Aucun nœud n'a une vision globale du système.
 - Le comportement global émerge à partir des interactions locales.
 - Tous les services et données sont accessibles depuis n'importe quel nœud.
 - Les nœuds sont autonomes.
 - Les nœuds et connexions sont non fiables.

Classes de systèmes P2P

- P2P Hybrides (e.g. Napster)
 - Index centralisé (non tolérant aux fautes)
 - Échange d'information direct
- P2P « Purs » (e.g. Freenet, Gnutella)
- P2P hiérarchiques ou « super-peers » (e.g. Kazaa)
 - Mélange de Client/serveur et de P2P
- P2P sémantiques (e.g. Routing Indices)
 - P2P « purs » avec routage basé sur une information sémantique

Fonctionnalités d'un système P2P

- Découverte de ressources.
- Gestion des mises-à-jour.
- Passage à l'échelle.
- Tolérance aux fautes.
- Sécurité.

Les systèmes pair-à-pair « purs » (1/3)

- Propagations des requêtes :
 - Chaque nœud propage la requête qu'il reçoit à un nombre de voisins limité.
 - Le nombre de propagations successives est limité.
 - Il y a détection des cycles.
- Les principes sous-jacents :
 - Égalité entre les nœuds : mêmes capacités (puissance, bande passante, ...), même comportement (également client et serveur).
 - Les requêtes populaires : les ressources les plus demandées sont les plus répliquées.
 - Topologie du réseau : graphes minimisant le nombre de chemins entre deux nœuds du réseau, longueur du chemin minimisée.

Les systèmes pair-à-pair « purs » (2/3)

- Quid du principe d'égalité entre les nœuds :
 - Un écart allant de 1 à 3 dans la bande passante disponible.
 - 70% des utilisateurs ne partagent aucun fichier, 50% des résultats sont produits par 1% des nœuds.
 - Un utilisateur peut perturber et produire un partitionnement du réseau à cause d'une surcharge dans la bande passante.
 - Aucun intérêt pour ceux qui partagent (pas de réciprocité) et le réseau est sensible aux pannes et aux attaques.
 - Certains nœuds sous-évaluent leur bande passante pour éviter d'être choisis.

Les systèmes pair-à-pair « purs » (3/3)

- Quid du principe des requêtes populaires :
 - Les 100 requêtes les plus fréquentes sont distribuées uniformément.
 - Les techniques de cache de résultats s'appliquent bien et peuvent apporter une amélioration notable.
- Quid du principe de la topologie du réseau :
 - Plusieurs études montrent que le graphe sous-jacent de Gnutella est de type « small-world » (distance inter-sommets faible et voisinage dense).
 - Le degré des nœuds suit une distribution « power law » (loi de puissance).

Bilan des systèmes pair-à-pair « purs »

- Complètement décentralisé.
- Très tolérant aux fautes.
- S'adapte bien à la dynamique du réseau.
- Simple, robuste et passe à l'échelle (pour le moment).
- Gros consommateur de bande passante.
- Pas de garantie de succès, ni d'estimation de la durée des requêtes.
- Pas de sécurité, ni de réputation.

Les super-peers

- Client/Serveur + P2P
- Éviter les problèmes dus à l'hétérogénéité de la bande passante des nœuds.
- Tous les nœuds ne sont plus égaux :
 - Nœuds avec une bonne bande passante sont organisés en P2P : les super-peers.
 - Nœuds avec une faible bande passante sont rattachés en mode client/serveur à super-peers (cluster).
 - Super-peers disposent d'un index des ressources de leur cluster.
- Utilisé dans KaZaa.

Les super-peers redondants

- Les super-peers introduisent de la sensibilité aux fautes.
- Amélioration possible, choisir k super-peers (partenaires) dans un cluster.
- Chaque partenaire est connecté à chaque client et possède un index de leurs ressources.
- Les clients envoient leurs requêtes aux partenaires selon le principe du « Round Robin ».
- Les voisins d'un partenaire distribuent également leurs requêtes équitablement.
- Ceci fait baisser la charge d'un partenaire d'un facteur de k .
- Augmentation du coût d'entrée d'un nouveau client d'un facteur k .
- Augmente le nombre de connexions ouvertes de k^2 .

Les réseaux pair-à-pair privés

- Les réseaux de type P2P privés (Private P2P en anglais) sont des réseaux qui permettent seulement à quelques ordinateurs se faisant mutuellement confiance de partager des dossiers.
- Ceci peut être réalisé en utilisant un serveur central pour authentifier des clients, dans ce cas la fonctionnalité est semblable à un FTP privé, mais avec des dossiers transférés directement entre les clients.
- Alternativement, les utilisateurs peuvent échanger un mot de passe ou une clef publique de cryptographie avec leurs amis pour former un réseau décentralisé.
- À la différence des réseaux ami à ami (F2F), les réseaux privés de P2P permettent à n'importe quel membre de se relier à tout autre.
- Ils ne peuvent pas se développer sans compromettre l'anonymat de leurs utilisateurs.

Les réseaux ami à ami

- Les réseaux d'ami à ami (friend-to-friend networks ou F2F en anglais) sont un type particulier de réseau P2P anonyme dans lequel les gens n'utilisent des connexions directes qu'avec leurs amis.
- Un logiciel ami à ami ne permet qu'aux personnes à qui vous faites confiance (par leur adresse IP ou leur signature numérique) d'échanger des fichiers avec votre ordinateur.
- Puis, les amis de vos amis (et ainsi de suite) peuvent indirectement échanger des fichiers avec votre ordinateur, sans jamais utiliser votre adresse IP.
- Contrairement aux autres réseaux de type P2P privé, les réseaux F2F peuvent grandir sans compromettre l'anonymat de leurs utilisateurs.

Classes d'applications

- Partage de fichiers : Napster, Gnutella, Freenet, Kazaa, eDonkey, etc.
- Système de stockage persistant à grande échelle : OceanStore.
- GridComputing : Seti@home, Folding@home.
- Streaming : Peercast, Streamer, Skype.
- Jeux en réseaux.

Le multisource sécurisé (1/2)

- Certaines plates-formes sont davantage orientées vers la sécurisation des échanges de données.
- **Kameleon** : <http://kameleon.sourceforge.net>
 - Un projet Français qui permettra de faire du P2P de façon anonyme et sécurisé.
 - L'anonymisation des échanges d'informations par un mécanisme de proxy et de diffusion des requêtes ⇒ Impossibilité physique de retrouver l'auteur réel d'une information, de même que le destinataire réel de cette information.
 - La sécurisation dans le cas d'échanges directs entre peers de confiance. Cette sécurisation n'utilise pas le proxying de l'anonymisation. On est anonyme ou sur liaison sécurisée, pas les deux à la fois car c'est techniquement impossible.
 - Un mécanisme de GridStorage / GridCache permet de proposer une meilleure présence des blocs les plus demandés (de façon similaire à Hispread).

Le multisource sécurisé (2/2)

- **Kameleon** (suite)
 - Le multisourcing, i.e. la possibilité de télécharger de plusieurs sources (peers) en même temps (à la BitTorrent).
 - L'encapsulation optionnelle des échanges dans du HTTP ou du HTTPS.
- **I2p** : <http://www.i2p.net>
 - Une plateforme sécurisée et performante.
 - Il existe une adaptation de BitTorrent cryptée par I2p et ce réseau est d'ores et déjà utilisé pour distribuer anonymement des sites Web.
 - Il peut théoriquement être employé avec n'importe quel protocole (IRC, SNMP, FTP,...) en se servant du réseau comme tunneling.

Les calculs distribués

- Dans le monde scientifique, les grilles de calcul permettent d'exploiter les ressources d'un nombre virtuellement infini d'ordinateur en répartissant les charges sur chacun d'entre eux et en organisant de façon automatique la collecte des résultats.
- Le premier projet de ce type fut le projet **Seti@home** qui vise à la découverte de communications extra-terrestres.
- **Folding@home** :
 - Réalisé par des chercheurs de l'université de Stanford.
 - Étude du repliement des protéines (folding), des repliements anormaux, de l'agrégation des protéines et des maladies liées.
- Utilisation d'architectures P2P pour remplacer les "supercomputers" car elles permettent un gain de temps et d'argent considérable.

Plus efficace que le streaming

- Très efficace dans la distribution de contenu, le P2P est de plus en plus utilisé dans le domaine du multimédia.
- **1-Click** : <http://www.1-click.com/>
 - Utilisation des techniques du pair-à-pair pour remplacer les diffusions en streaming et ainsi améliorer la qualité des diffusions tout en faisant réaliser d'énormes économies de bande passante.
 - Une société qui propose des solutions de diffusion de contenu vidéo à des partenaires tels que Fox, Pathé ou M6.
 - Permettre aux internautes de regarder des bandes annonces, des teasers, ou films en qualité télé plein écran.
 - Pour l'instant réduit à Windows Media Player et Internet Explorer, la version 2 devrait être compatible avec un plus grand nombre de systèmes d'exploitation et de navigateurs Internet.
 - Une évolution possible vers d'autres contenus tels que la musique ou les jeux vidéo.
 - À terme, la possibilité pour les internautes de mettre à disposition des contenus.

Le streaming audio

- La radio se démocratise aussi grâce à des architectures pair-à-pair et des projets libres :
 - **Peercast** : <http://www.peercast.org/>
 - **Streamer P2P Radio** : <http://www.streamerp2p.com/>
- Diffusion d'un flux audio de bonne qualité auprès de centaines voire de milliers d'internautes.
- Le flux, reçu par les auditeurs, est répercuté sur les suivants.
- **Mercura** : <http://www.mercura.com/>
 - Société américaine reprenant ce concept.
 - Chaque utilisateur de Mercura est un broadcaster en puissance.
 - Au lieu de télécharger et de partager des chansons, les utilisateurs émettent et reçoivent des flux de la part des autres utilisateurs du réseau.
 - Création de communautés qui peuvent diffuser des heures de musiques en toute légalité.

La voix sur IP

- La VoIP avec Skype :
 - Le site WEB : <http://www.skype.com/>
 - Plus de deux millions d'utilisateurs l'utilisent pour communiquer.
 - Les communications vocales sur Skype sont totalement cryptées.
 - SkypeOut permet depuis peu de passer des appels vers des téléphones fixes à un tarif extrêmement intéressant.
 - Skype a depuis été racheté par eBay.
- Wengo de 9Telecom : <http://www.wengo.fr/>
- Qnext : <http://www.qnext.com/>
 - Logiciel Canadien extrêmement complet.
 - Messagerie instantanée à tout faire : VoIP, vidéoconférence, transfert de fichiers, jeux en ligne, IRC, etc.
 - Inspiré de Grouper (<http://www.grouper.com/>) qui permet de réaliser de petits réseaux privés et sécurisés.

PeerCast (1/2)

- PeerCast.org a été lancé en avril 2002 dans le but de fournir un logiciel de diffusion de radio en p2p non-commercial.
- Le projet est un client simple à utiliser, mais solide, qui permet à tout un chacun de diffuser ses média sur Internet. Pour l'instant, le client permet de diffuser des flux Audio.
- PeerCast offre un gain de bande passante considérable aux diffuseurs, qui n'ont plus besoin de prévoir de la bande passante pour chaque client.
- PeerCast est un réseau robuste car il n'y a pas de serveur central, chaque utilisateur est à la fois client, serveur ou diffuseur de flux.
- Il offre l'anonymat car il n'est pas évident de remonter à la source originelle du flux, il est même possible de diffuser vers un client situé dans un autre pays en relais, et celui-ci suffira à alimenter le réseau entier.

PeerCast (2/2)

- PeerCast peut aussi diffuser des flux directement depuis un lecteur multimédia.
- Il fonctionne comme la plupart des logiciels clients P2P de partage de fichiers sauf qu'au lieu de télécharger des fichiers, les utilisateurs téléchargent des flux. Ces flux sont même échangés en temps réel avec les autres utilisateurs.
- Aucune donnée n'est stockée en local sur aucune machine connectée au réseau.
- Un serveur web inclus dans le client permet aux utilisateurs situés sur un LAN de visualiser les flux reçus. Dans un bureau, un client PeerCast peut fournir en flux audio tout le LAN.
- Vous pouvez aussi monter un réseau privé avec vos amis pour écouter de la musique. Vous avez le choix de vous connecter ou non au réseau PeerCast.

BitTorrent : introduction

- Apparu sur le Web à l'été 2002.
- Une rapidité de chargement inégalée (largement plus de 100 kbps).
- BitTorrent est un protocole de transfert de données Peer-to-Peer développé par l'Américain Bram Cohen.
- Ce protocole est rapidement devenu indispensable pour récupérer des distributions Linux ou des programmes libres lourds.
- C'est aussi le moyen idéal de mettre à disposition de gros fichiers personnels, comme des albums photos, etc.

BitTorrent : fonctionnement (1/2)

- Le principe de BitTorrent est que chaque internaute désireux de télécharger le même fichier participe à sa diffusion.
- Ainsi, chaque poste partage son(s) fichier(s) en envoyant et en recevant simultanément des petits blocs individuels du fichier distribué.
- Cet échange de petits "paquets" contribue à accélérer le transfert.
- Pour l'internaute lambda, la première étape consiste à télécharger un petit fichier au format torrent (quelques ko seulement).
- Une fois exécuté, ce torrent lance votre application dédiée et ainsi commence le transfert des données.
- Les pièces sont ensuite individuellement transférées de pair-à-pair.

BitTorrent : fonctionnement (2/2)

- L'éclatement du fichier en différents mini-blocs signifie que l'on peut télécharger le fichier en "vrac".
- De fait, plus il y a de participants en même temps et plus la vitesse des échanges augmentera.
- Par rapport à d'autres plateformes de P2P, ce système crée une émulation entre tous les utilisateurs.
- Dès que vous avez téléchargé des blocs de fichiers, ceux-ci sont immédiatement disponibles et redistribués vers les autres utilisateurs. Il faut savoir que plus l'on "distribue" et plus l'on reçoit.
- Inconvénient : envoi de votre adresse IP à tous les autres participants.

La plate-forme JXTA (1/8)

- Certains logiciels P2P utilisent des protocoles fermés tels que FastTrack (Kazaa) ou de protocoles ouverts tels que ceux de BitTorrent ou Gnutella.
 - Les applications des réseaux P2P ne se limitent pas au transfert de fichiers mais à bien d'autres types d'applications.
 - De nombreuses applications réseaux peuvent profiter des mécanismes et des techniques mises en place dans les réseaux P2P.
- ⇒ Utilisation accrue de plates-formes de développement orientées pair-à-pair.
- Développement de projets de téléphonie sur IP (VoIP), de jeux en réseau, de stockage de données, de messageries instantanées, de ventes aux enchères, de lutte contre le spam ou de calcul scientifique.

La plate-forme JXTA (2/8)

- Le site WEB : <http://www.jxta.org/>
- Début du développement : été 2001.
- Projet de Sun Microsystem.
- Diffusée sous licence Apache Open Source 1.0
- Quelques projets basées sur JXTA :
 - Peer Rendez-vous : un système de communication intra-entreprise.
 - P2P Go Client : un jeu de Go multi-joueurs.
 - JXCube une plate-forme de collaboration distribuée.
 - Venezia-Gondola : un système de ventes entre particuliers.

La plate-forme JXTA (3/8)

- Les quatre principaux objectifs de JXTA :
 - 1 **Interopérabilité** entre les applications (XML) et les différents systèmes P2P.
 - 2 **Indépendance** des applications, des langages, des systèmes d'exploitation et des réseaux.
 - 3 **Ubiquité** (Tini, capteurs, PDA, routeurs, PC, Serveurs, organiseurs, Clients GPS,...).
 - 4 **Sécurité à différents niveaux**, prise en compte dès le noyau JXTA.
- Spécifications de 6 protocoles allant de l'implémentation jusqu'au développement d'API (Framework, Middleware).

La plate-forme JXTA (4/8)

- La notion de réseau virtuel JXTA (JVN(Jxta Virtual Network) \approx JVM) permet une vision homogène et transparente du réseau :
 - indépendance du réseau,
 - indépendance de la plateforme,
 - création de réseaux logiciels sémantiques : création de topologies réseaux par les développeurs et non les administrateurs réseaux.
- Pourquoi JXTA :
 - Développer des applications distribuées P2P.
 - Développer des réseaux sémantiques.
 - Des réseaux faiblement couplés permettant des connexions intermittentes.

La plate-forme JXTA (5/8)

- Les concepts qui sont à la base de JXTA :
 - **Peers** : Ce sont des nœuds dans le réseau JXTANet.
 - **Pipes** : Les nœuds communiquent entre eux au moyen de pipes (à la UNIX).
 - **Messages** : Les messages sont envoyés dans les pipes au format XML ou binaire.
 - **Modules** : Ce sont soit des services soit des applications.
 - **Peer services** : Ce sont des services liés aux Peers (nœuds JXTA).

La plate-forme JXTA (6/8)

- Les concepts qui sont à la base de JXTA (suite) :
 - **PeerGroup** : les peers peuvent créer des groupes, les groupes permettant de délimiter une zone dans le réseau JXTANet et de la sécuriser.
 - **Peer Group services** : Ce sont des services du groupe.
 - **Endpoint** : Á un peer est associé des interfaces réseau et à ces interfaces réseau correspondent des "Advertisements" qui sont des Endpoints.
 - **Advertisements** : Dans le réseau JXTANet, à chaque ressource, service ou contenu correspondent des "Advertisements" qui sont les descriptions de ceux-ci.
 - **Codat** : Code, données, etc.

La plate-forme JXTA (7/8)

- Les PeerGroups permettent :
 - de créer des zones sécurisées et protégées.
 - de délimiter les opérations de découverte, de recherche et de communication à une zone restreinte.
 - de réunir des peers ayant des objectifs similaires.
 - de surveiller le réseau (par parties).
- Les Peer Group services :
 - Pipe Service
 - Membership Service
 - Access Service
 - Discovery Service
 - Resolver Service
 - Monitoring Service

La plate-forme JXTA (8/8)

- Les Annonces :
 - Peer Annonce
 - PeerGroup Annonce
 - Pipe Annonce
 - Endpoint Annonce
 - Module Annonce
 - Contenu Annonce
 - PeerInfo Annonce
- Les protocoles JXTA :
 - Endpoint Routing Protocol (ERP)
 - Rendez Vous Protocol (RVP)
 - Peer Resolver Protocol (PRP)
 - Peer Discovery Protocol (PDP)
 - Peer Information Protocol (PIP)
 - Pipe Binding Protocol (PBP)

Conclusions sur le pair-à-pair

- Le pair-à-pair n'est pas réservé aux seuls pirates.
- Déconcentration des savoirs et des moyens de production.
- Quelques liens utiles :
 - <http://www.p2pnet.net/> : tous les jours, une actualité détaillée de tout ce qui se passe dans le monde du partage de fichiers par P2P.
 - <http://www.zeropaid.com/> : Incontournable pour suivre l'évolution des logiciels P2P.
 - <http://www.DistributedComputing.info/> : pour ceux qui s'intéressent aux différents projets de calculs distribués.
 - <http://www.ratiatum.com/> : couverture francophone de l'actualité du P2P.
 - <http://www.openp2p.com/> : articles et annuaire des différents projets P2P.
 - <http://jxta.free.fr/> : un site français sur la plateforme JXTA.