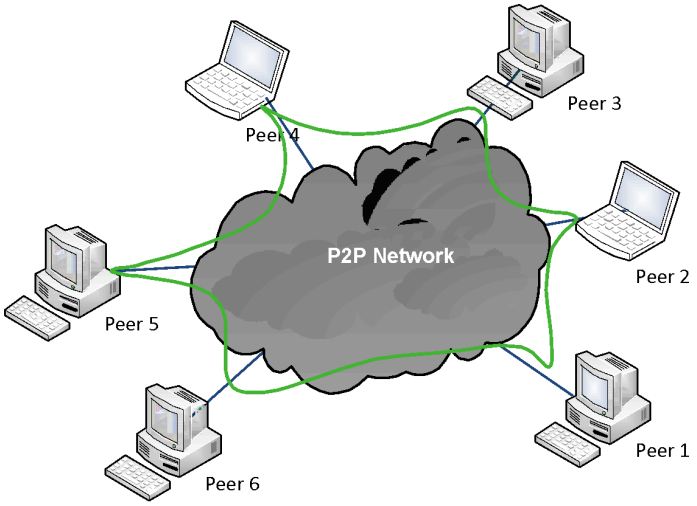
Eirbone : une application d'échange de gros Fichiers en Pair à Pair (P2P)



Description du projet :

Le but du projet est de développer une application pour le partage de fichiers en mode pair à pair. Un réseau pair-à-pair (ou P2P : *Peer-to-Peer*) est constitué d'un ensemble d'ordinateurs (processus) connectées entre eux. Pour le partage de fichier en P2P, un pair est à la fois serveur et client des autres pairs. Dans un tel réseau on peut identifier deux types de pairs :

(1) Les fournisseurs (ou « *seeders* ») : sont des pairs qui ont la totalité du fichier et le partagent avec les autres pairs.
(2) Les consommateurs (ou « *leechers* ») : sont des pairs qui sont en train de télécharger le fichier ou des parties du fichier.

Ainsi, les deux types de pairs peuvent contribuer : les *seeders* par la totalité du fichier et les *leechers* par la(les) partie(s) qu'ils détiennent (ce comportement est voulu dans certaines applications P2P comme BitTorrent afin de décharger les *seeders*, peu nombreux, et faire contribuer les *leechers* dès le début du téléchargement).

Travail demandé :

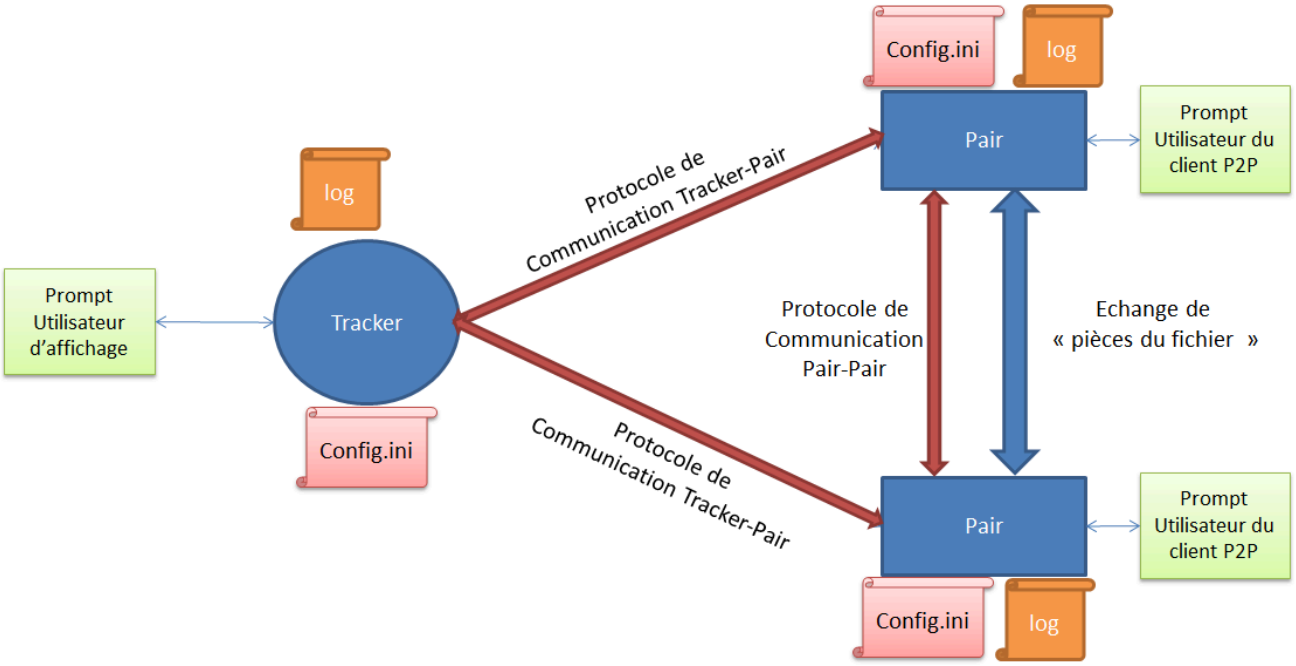
Ce sujet décrit uniquement le protocole que votre programme devra implémenter. Le but final est que tous vos programmes puissent communiquer entre eux :

- Les communications entre pairs se feront en TCP.
- Les messages échangés entre les différents pairs seront sous la forme de texte là où c'est applicable (tous sera codé en texte sauf les données binaires).
- Le caractère « blanc » servira comme séparateur entre les différents champs d'un message. Une liste de champs sera mise entre "[" et "]" .
- Pour l'échange des données, les pairs s'échangent des « pièces » du fichier (i.e. des parties de fichier). Un fichier est décomposé en pièces de données de taille égale. Cette taille, fait partie des informations décrivant le fichier.

1. Version Centralisée :

Dans la version dite centralisée, une entité centrale (Tracker) sera implémentée conjointement avec les programmes clients. Le Tracker assiste les différents pairs dans la recherche des fichiers à télécharger, mais aussi dans la découverte des autres pairs. Le Tracker est connu de tous les pairs.

L'interaction entre les programmes est illustrée dans la figure suivante dans la version centralisée :



*L'utilisateur **DOIT** pouvoir :*

- *Spécifier le port d'écoute du Tracker à son lancement.*
- *Spécifier les informations de connexion du Tracker au Client P2P en ligne de commande ou dans un fichier de configuration.*
- *Le symbole "<" indique la commande envoyée et le symbole " >" la réponse reçue. Attention ce ne sont pas des caractères transmis dans le message.*
- *Le Hash est calculé par MD5 (voir md5sum)*

Protocole Réseau de Communications Pair- Tracker :

1) Au début, chaque pair commence par annoncer sa présence au Tracker ainsi que la liste des fichiers qu'il possède. De cette manière, le Tracker a une vue globale des différents fichiers présents dans le réseau et de différents Pairs connectés.

```
< announce listen $Port seed [$Filename1 $Length1
$PieceSize1 $Key1 $Filename2 $Length2 $PieceSize2 $Key2
…] leech [$Key3 $Key4 …]
 > ok
```

*L'utilisateur **DOIT** pouvoir spécifier le port d'écoute utilisé par le pair au lancement de l'application ou dans un fichier de configuration.*
Une option serait de choisir un port disponible d'une manière automatique au démarrage de l'application.

Exemple:

```
< announce listen 2222 seed [file_a.dat 2097152 1024
8905e92afeb80fc7722ec89eb0bf0966 file_b.dat 3145728 1536
330a57722ec8b0bf09669a2b35f88e9e]
> ok
```

Ici le pair annonce au Tracker, qu'il est en écoute sur le port 2222 et qu'il possède deux fichiers :

- « file_a.dat » dont la taille est de **2097152** octets (2Mo), découpé en pièce de **1024** octets (1Ko), et ayant comme clé: **8905e92afeb80fc7722ec89eb0bf0966.**
- « file_b.dat » dont la taille est de **3145728** octets (3Mo), découpé en pièce de **1536** octets (1,5Ko), et ayant comme clé: **330a57722ec8b0bf09669a2b35f88e9e.**

2) Un pair peut à tout moment demander au Tracker la liste des fichiers présents dans le réseau vérifiant un certain nombre de critères eux-mêmes transmis en paramètre.

```
< look [$Criterion1 $Criterion2 …]
> list [$Filename1 $Length1 $PieceSize1 $Key1 $Filename2
$Length2 $PieceSize2 $Key2 …]
```

*Le critère d'égalité de nom de fichier **DOIT** être implémenté, d'autres critères peuvent être implémentés en option.*

Exemple:

```
< look [filename="file_a.dat" filesize>"1048576"]
> list [file_a.dat 2097152 1024
8905e92afeb80fc7722ec89eb0bf0966]
```

Le pair demande au Tracker la liste de fichiers dont le nom est «file_a.dat » et dont la taille est supérieure à 1048576 octets (1Mo).
Le Tracker répond avec une liste qui ne contient qu'un seul fichier satisfaisant les critères.

3) Si le pair est intéressé par un certain fichier, il pourra demander son téléchargement au Tracker. Le Tracker devra alors fournir au client la liste des pairs possédant la totalité ou une partie du fichier en question ainsi que les informations nécessaires pour se connecter à ces pairs ci.

```
< getfile $Key
> peers $Key [$IP1:$Port1 $IP2:$Port2 …]
```

Exemple:

```
< getfile 8905e92afeb80fc7722ec89eb0bf0966
> peers 8905e92afeb80fc7722ec89eb0bf0966 [1.1.1.2:2222
1.1.1.3:3333]
```

Le pair demande au Tracker la liste des pairs partageant le fichier dont la clé est **8905e92afeb80fc7722ec89eb0bf0966.**

Le Tracker répond avec une liste des pairs ainsi que leurs adresses IP et numéros de Port. (1.1.1.2 :2222 et 1.1.1.3 :3333)

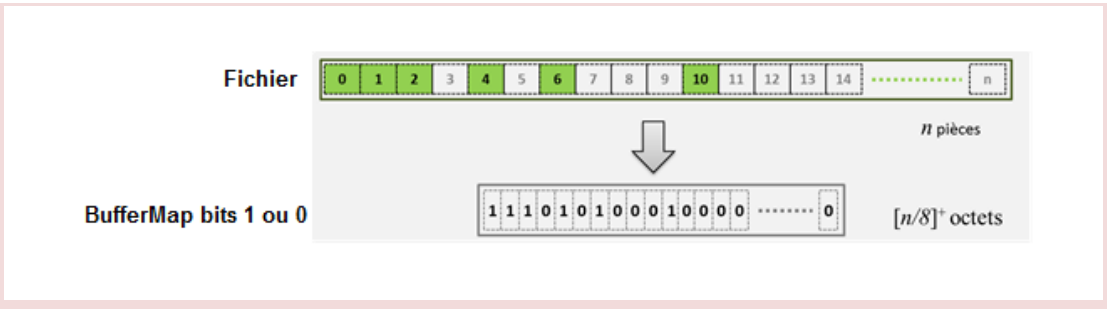
Protocole de Communications Pair- Pair :

4) Après avoir obtenu la liste des pairs auxquels se connecter, le pair initiera une connexion avec chacun de ces pairs leur indiquant son intérêt pour le fichier désiré. Les pairs devront alors répondre avec des informations (BufferMap) concernant les parties du fichier qu'ils ont en leur possession.

*Le nombre de pairs maximum auxquels se connecter **DOIT** être paramétrable et stocké dans un fichier de configuration (par exemple, 5 pairs par défaut)*

```
< interested $Key
> have $Key $BufferMap
```

Le buffermap est une séquence de bits dont le nombre correspond au nombre des pièces du fichier. Chaque bit indique la présence de la pièce correspondante dans le buffer.



Exemple:

```
< interested 8905e92afeb80fc7722ec89eb0bf0966
> have 8905e92afeb80fc7722ec89eb0bf0966 %buffermap%
```

Le pair informe son voisin qu'il est intéressé par le fichier dont la clé est **8905e92afeb80fc7722ec89eb0bf0966.**

Le voisin lui répond avec son buffermap (une séquence d'octets en binaire). Comme le fichier fait 2Mo et est découpé en pièces de 1Ko, on aura 2048 pièces. Pour représenter la présence de ces pièces dans le buffermap, on aura besoin de 2048bits et donc [2048/8] = 256 octets.

5) Le pair demande ensuite les différentes pièces du fichier selon leur disponibilité au niveau des autres pairs.

```
< getpieces $Key [$Index1 $Index2 $Index3 …]
> data $Key [$Index1:$Piece1 $Index2:$Piece2 $Index3:$Piece3 …]
```

*L'utilisateur **DOIT** pouvoir configurer (dans un fichier de configuration) la taille des messages qu'il veut recevoir en limitant le nombre de pièces demandées.*

Par exemple, si un fichier est découpé en pièces de 2Ko, et la taille maximum des messages est de 16Ko, le pair va demander au plus 8 pièces à la fois.

Exemple:

```
< getpieces 8905e92afeb80fc7722ec89eb0bf0966 [3 5 7 8 9]
> data 8905e92afeb80fc7722ec89eb0bf0966 [3:%piece3% 5:%piece5% 7:%piece7% 8:%piece8% 9:%piece9%]
```

Le pair demande à son voisin les pièces 3, 5, 7, 8, 9 du fichier dont la clé est **8905e92afeb80fc7722ec89eb0bf0966.**

Le voisin lui répond avec les pièces demandées. Si le fichier est découpé en pièces de 1024 octets, chaque ***%piece%*** dans le message précédent est une séquence de 1024 octets binaires.

Considération dans la mise en place des deux protocoles

6) Périodiquement, le pair informe ses voisins de l'état d'avancement du téléchargement en envoyant son nouveau buffermap. Ses voisins répondent par leur dernier buffermap. Ainsi un pair peut découvrir la disponibilité de nouvelles pièces dans son voisinage.

```
< have $Key $BufferMap
> have $Key $BufferMap
```

Les intervalles de mise à jour entre pairs et avec le Tracker ***DOIT*** *être paramétrable et stocké dans un fichier de configuration.*

Exemple:

```
< have 8905e92afeb80fc7722ec89eb0bf0966 %new_buffermap%
> have 8905e92afeb80fc7722ec89eb0bf0966 %new_buffermap%
```

Les pairs échangent périodiquement leurs buffermap afin de faire connaître les pièces téléchargées depuis le dernier échange.

Le pair informe périodiquement le Tracker des différents fichiers disponibles ou en cours de téléchargement.

```
< update seed [$Key1 $Key2 $Key3 …] leech [$Key10 $Key11 $Key12 …]
> ok
```

Exemple:

```
< update seed [] leech [8905e92afeb80fc7722ec89eb0bf0966]
> ok
```

Le pair informe le Tracker qu'il n'a pas de fichiers à fournir, mais qu'il est en train de télécharger le fichier dont la clé est **8905e92afeb80fc7722ec89eb0bf0966.**

Fichier de « Log »

Tous les programmes doivent contrôler le degré de verbosité en affichant des informations dans un fichier log ou une console de log.

Configuration des programmes (config.ini)

Chaque programme devra s'appuyer sur un fichier de configuration disponible dans le même dossier que l'exécutable avant le lancement du programme.

Exemple du format du fichier de configuration (config.ini):

```
# Adresse IP du tracker
tracker-address = a.b.c.d

# Numéro de port TCP d'écoute du tracker
tracker-port = 12345
```

Organisation du projet

- Les élèves doivent s'organiser en groupes de **5** élèves au maximum. Tout groupe non complet sera fusionné avec d'autres groupes.
- La programmation se fera en langages C (tracker) **ET** Java (peer)
- Le client et le serveur peuvent embarquer un serveur HTTP pour faciliter la visualisation de l'activité et la configuration (embeded HTTP server).
- Une pré-démo et un rapport intermédiaire sont à prévoir pour la **6ème** séance.
- Une méthodologie de gestion de projet doit être mise en place par le groupe d'élèves. A tout moment, un audit sera demandé (définition de l'architecture générale du projet, découpage du projet en tâches, planification des tâches, affectation des tâches à des responsables, indicateurs de suivi de réalisation des tâches, mise en œuvre de tests unitaires / intégration, …)
- La soutenance finale est organisée sous forme d'une démonstration et de discussions autour du projet. Le livrable final doit être envoyé à la fin de la 9ème séance. La soutenance aura lieu à la dernière séance du projet (10ème séance). L'ordre du passage sera indiqué par l'encadrant du projet.

Remarques :

- Utilisation de thor pour la gestion des versions (git ou svn).

- précision : le nom du fichier annoncé ne doit pas comporter le caractère espace " "
- précision : les commandes du protocoles se terminent toutes par un "\r\n" ou "\n". Cela permet d'identifier implicitement la fin d'une commande du protocole.
- Le but de la clé est d'identifier de manière unique un fichier. Pour ce faire, on utilisera la fonction de hachage MD5 (voir md5sum)
- Le programme doit supporter le téléchargement de plusieurs fichiers en parallèle.
- L'utilisateur doit avoir connaissance de ce qui se passe : Progression des différents téléchargements, liste des pairs connectés, taux de transfert avec les différents pairs, le débit de téléchargement global (*download rate*), le débit de contribution globale (*upload rate*).
- Préférer une interface utilisateur simple en ligne de commande
- Le programme doit tolérer le départ d'un voisin (panne, déconnexion, …)
- Le programme doit ignorer les commandes non implémentées d'une manière silencieuse sans altérer le fonctionnement de base.
- La taille des pièces doit être paramétrable et stockée dans le fichier de configuration. **On utilisera une valeur par défaut, connue de tous les pairs (2048 octets)**
- **« Message Framing »** : Comme TCP est orienté flux : une lecture sur la socket ne retourne pas forcément un message complet tel qu'il est transmis par le machine distante. Cependant, comme les messages échangés sont bien définis, il faut lire et identifier les messages au fur et à mesure de leur réception.

Si on considère le 2ème message dans l'échange suivant :

```
< interested 8905e92afeb80fc7722ec89eb0bf0966
> have 8905e92afeb80fc7722ec89eb0bf0966 %buffermap%
```

À la lecture du mot "have", on sait que le prochain token doit forcément être une chaîne représentant la clé du fichier et ceci jusqu'au prochain « espace ». Ensuite, connaissant la taille du fichier en question et la taille des pièces, on peut déterminer la longueur de la séquence du buffermap à lire (ex : fichier

de 3Mo, découpé en pièces de 2Ko =>1536 pièces => 1538/8=192octets à lire pour le buffermap). Fin du message.

Conseil d'organisation: utilisation des mock

Afin de pouvoir répartir le travail efficacement au sein du groupe et également de pouvoir tester les modules de votre code, il peut être intéressant de mettre en place la technique des faussaires. Ceci pourra être fait à minima avec la partie réseau afin de ne pas être dépendant de cette partie pour tester le reste de votre projet. En java, cela consiste à utiliser les interfaces pour spécifier l'API entre le module et le reste du code et ensuite à fournir deux implémentations: une faussaire et une réelle. Le choix de l'implémentation à utiliser peut reposer par exemple sur: une option fournie au programme, une variable d'environnement, etc. L'utilisation du pattern Singleton simplifie normalement cela.

En C, le remplacement d'un module par son faussaire peut reposer tout simplement par la substitution de .o au moment de la compilation ou encore en utilisant les bibliothèques dynamiques et en jouant sur la variable LD_LIBRARY_PATH.

Pool de Threads:

Le création de thread coûte cher aussi il est important de maîtriser cet aspect dans votre projet. A titre d'exemple, il n'est pas judicieux de créer un thread par requête entrante. Un technique très connue consiste à lancer à l'avance un nombre de thread qui vont ensuite aller chercher du travail dans une file, ainsi: on maîtrise le nombre de thread créé et on recycle ceux-ci une fois qu'un travail est fait. Un autre avantage est pour le debuggage: en créant un groupe de thread de taille 1, on simplifie le debuggage du programme. Pour plus d'information, vous pouvez commencer :

- https://en.wikipedia.org/wiki/Thread_pool
- https://docs.oracle.com/javase/tutorial/essential/concurrency/pools.html
- https://github.com/Pithikos/C-Thread-Pool

Pour information : la gestion multi threadée du serveur ou du client peut se réaliser de plusieurs manières.

- Un client connecté est mappé sur un thread ⇒ cette solution est simple mais peu efficace si plusieurs clients se connectent.
- Un client connecté est mis dans un pool puis un nombre limité de threads est utilisé pour servir le pool. Les implémentations possibles peuvent se réaliser avec :
    - utilisation de select() ⇒ cette méthode est privilégiée dans ce projet mais vous pouvez explorer les autres méthodes.
    - utilisation de poll ()
    - utilisation de epoll()

Mises à jour du protocole

Consulter régulièrement cette page, des modifications seront publiées si nécessaire :

- **[4/03/2024] Publication du sujet.**
- **Pour chaque fichier en cours de téléchargement, il est nécessaire de stocker un manifest (fichier metadata) qui sauvegarde l'état de téléchargement dont la clé du fichier, la taille d'une pièce, etc.**
- **[05/03/2024] suppression de la partie distribuée et de blockchain. Ce projet se concentre seulement sur la partie centralisée.**
- **[06/03/2024] ChatGPT ou autre LLM sont autorisés pour trouver des bouts de code principalement sur le parsing des commandes. Un référencement approprié est demandé. De même, un retour d'expérience tracé dans le rapport intermédiaire ou finale est demandé.**