

## ACTIVITE 4 - LA SEGMENTATION DES DONNEES EN PAQUETS

Une difficulté majeure qui pèse sur les réseaux, et en particulier un réseau qui permet à un très grand nombre de machines de communiquer simultanément, c'est la saturation des liaisons et plus encore des **nœuds** (sur Internet, les **routeurs**). La congestion du réseau est comparable aux bouchons routiers, qui se forment le plus souvent aux croisements. Des documents volumineux sont même comparables à un train, à un passage à niveau, qui bloquerait entièrement une route de manière prolongée.

Dans les années 90, une simple image était considérée comme un document volumineux comparativement aux textes dont étaient principalement composés les messages et les pages web. Le développement d'Internet n'aurait pu se faire sans des **stratégies ingénieuses pour fluidifier** le trafic à moindre coût (car l'augmentation de la puissance des machines ou de la capacité des liaisons est très chère et n'aurait pas permis la démocratisation du réseau).

### 4.1

Pour vous donner un ordre d'idée, calculez le temps nécessaire à la transmission d'un document de 100 ko (l'équivalent d'une photographie compressée de qualité médiocre) depuis un ordinateur personnel et un modem de 56 kbits/s (soit le débit maximal avant l'apparition de l'ADSL en France en novembre 1999), puis avec la 4G sur un smartphone (environ 10Mbits/s en émission au maximum, et 10 fois plus en réception). Si vous aimez la difficulté, pour obtenir un résultat exact prenez en compte la différence entre 1ko et 1000 octets (la connaissez-vous ?), sachant en revanche que 1kbits = 1000 bits.

### 4.2

Faites le même type de calcul dans le cas de la réception (téléchargement) :

- d'une page web de taille moyenne aujourd'hui (environ 2,5 Mo)
- d'un film de 1 Go, en comparant le modem 56 kbits/s à une box fibre optique (capacité théorique de 1 Gbits/s mais en réalité plutôt autour de 400 Mbits/s : faites le calcul avec ce dernier chiffre).

### 4.3

Sur un réseau où les nœuds d'interconnexion ne peuvent traiter qu'un seul message à la fois (donc pas Internet), une personne P1 veut transférer un film de 1Go à l'instant t. A l'instant t+1s, une personne P2 veut simplement accéder à une page web quelconque. Que se passera-t-il ?

Pour se donner un autre ordre d'idée, on peut imaginer que la transmission d'un film de 1Go pendant qu'un petit document de 100ko attend son tour, c'est comme si des voitures attendaient au passage à niveau qu'un train de 40km de long finisse de passer. Et si tout le monde se déplaçait en train ? Un **réseau cadencé et centralisé** comme le réseau ferroviaire n'a évidemment rien à voir avec Internet, ou chacun peut communiquer à tout moment et s'attend à un résultat quasi instantané. Internet ressemble plutôt au réseau routier, mais en beaucoup plus réactif (et avec la possibilité de littéralement volatiliser les « véhicules » en cas de trop forte congestion, comme on le verra).

L'idée (plus ancienne qu'Internet mais qui y trouve pleinement son intérêt) est de fragmenter l'information en un grand nombre de petits paquets et d'envoyer chacun de ces **paquets indépendamment les uns des autres**, quitte à ce qu'ils arrivent dans le désordre à destination, voire par des chemins différents. Nous allons essayer de comprendre tout l'intérêt de cette idée étonnante.

### 4.4

Supposons que 10 personnes veulent télécharger en même temps un document volumineux. Que se passera-t-il si le document n'est pas envoyé par petits paquets ? D'après vous, quels sont les avantages de l'envoyer par paquets ? (sachant que chaque message, qu'il s'agisse d'un document entier ou d'un paquet, doit être entièrement reçu par un routeur pour qu'il puisse lui-même le retransmettre au routeur suivant, jusqu'à destination)

### 4.5

Quelles solutions techniques peut-on envisager pour accélérer le transfert lorsqu'un grand nombre de personnes essaient de télécharger un même document volumineux ? (songez que pour le dernier épisode de Games Of Thrones, qui a été vu par plus de 17 millions de personnes en direct lors de sa première diffusion et piraté par plus de 55 millions...) Peut-on se passer d'un serveur central, très puissant, qui stocke et délivre les documents volumineux et très demandés, et qui contrôle qui transfère quoi ?

## Découper et rassembler les paquets

### 4.6

Voici 64 octets extraits du tout début d'un document texte contenu les paroles de « Bohemian Rhapsody », du groupe Queen (présenté en hexadécimal, pour faciliter la présentation, 2 caractères hexadécimaux étant codés sur 1 octet) :

```
49 73 20 74 68 69 73 20 74 68 65 20 72 65 61 6C
20 6C 69 66 65 3F 0D 0A 49 73 20 74 68 69 73 20
6A 75 73 74 20 66 61 6E 74 61 73 79 3F 0D 0A 43
61 75 67 68 74 20 69 6E 20 61 20 6C 61 6E 64 73
```

(Correspond exactement au texte :

« Is this the real life?  
Is this just fantasy?  
Caught in a landslide  
No escape »)

Voici 64 octets extraits de fichier musical, mp3, de la même chanson :

```
2E 0E 1C 20 11 79 F2 F3 F5 17 F7 EC DF F0 01 18
04 E1 17 0F 0A 75 31 D0 4E 15 7B 87 BD D3 38 79
02 99 81 4A 76 B4 F1 AE F4 FF 06 D9 4E C6 7F 9C
62 3E 07 C0 1B 06 22 18 F1 FF FB 92 4C FF 8F F0
```

Que remarquez-vous ?

### 4.7

Imaginez que vous deviez découper avec un ciseau le texte papier de la chanson pour l'envoyer en plusieurs morceaux (de moins de 32 caractères, espaces compris), sans garantie qu'ils arrivent dans l'ordre au destinataire. Quelle stratégie adopteriez-vous pour que le destinataire reconstitue la chanson correctement et être sûr qu'il a bien reçu tous les paquets ? Et s'il s'agissait d'envoyer les morceaux d'une image papier, comment vous prendriez-vous et quelles autres difficultés rencontreriez-vous ?

### 4.8

Imaginez maintenant que la même chanson doive être envoyée au format numérique (comme ci-dessus), en paquets de 4 octets maximum : quels sont les avantages d'un traitement informatique d'un tel transfert par rapport au traitement manuel (ou en général par rapport au traitement analogique) ?

### 4.9

Sur les réseaux très longue distance comme Internet, il y a régulièrement des erreurs de transmission (une partie de l'information transmise est altérée ou perdue). Dans ces conditions, expliquez en quoi le transfert en paquets multiples est une meilleure solution que le transfert d'un seul bloc.

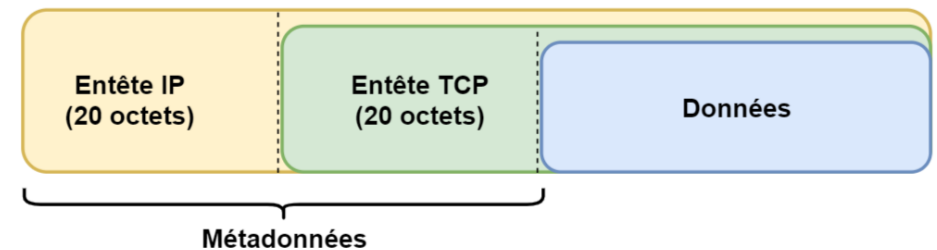
### 4.10

Les contrôles et les efforts fournis pour assurer la transmission intégrale des paquets constituant un fichier sont chronophages et mobilisent des ressources de la machines : il y a des types de données pour lesquels on peut tolérer quelques erreurs ou paquets manquants et où un débit élevé prime sur la fiabilité, lesquels d'après vous ?

## Tout ce découpage, est-ce bien raisonnable ?

### 4.11

Voici un paquet TCP/IP (simplifié), où l'on distingue les données transmises et les **métadonnées** requises par les protocoles IP (mise en relation à distance et routage) et TCP (transmission et contrôle) :



Calculez le volume de métadonnées pour le téléchargement d'un film de 1 Go, d'abord pour des paquets de 1500 octets (taille la plus commune actuellement), puis pour 250 (taille commune dans les années 90). Qu'en pensez-vous ?

### 4.12

Cherchez d'autres usages possibles et intéressants (en dehors du gain de rapidité et de fiabilité de la transmission d'information), du découpage de données volumineuses en de nombreux paquets de petites tailles.