



---

---

---

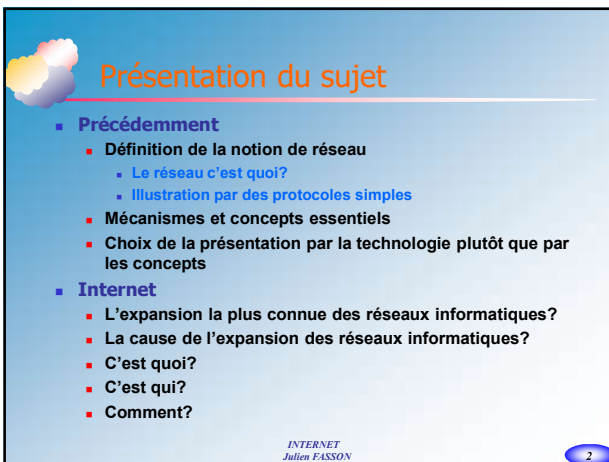
---

---

---

---

---



---

---

---

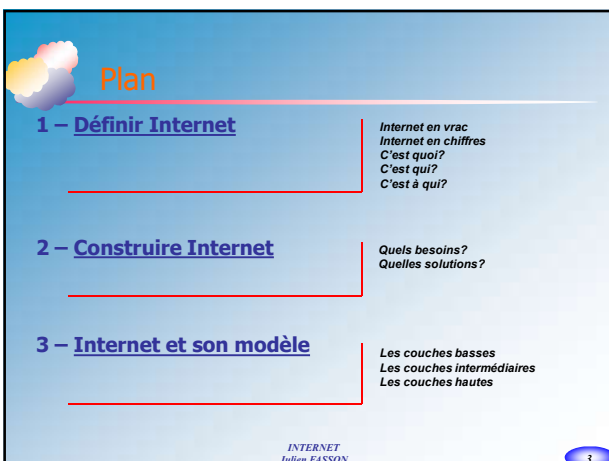
---

---

---

---

---



---

---

---

---

---

---

---

---

**1 – Définir Internet**  
*Plan*

**1 – Définir Internet**

1.1 – Internet en vrac

1.2 – Internet en chiffres

1.3 – C'est quoi? a) Un brin d'histoire  
b) Un réseau de réseaux

1.4 – C'est qui? a) Qui utilise Internet?  
b) Qui dirige Internet?  
c) Qui détient Internet?

INTERNET  
Julien FASSON

4

---

---

---

---

---

---

---

---

**1 – Définir Internet**  
*1.1 Internet en vrac*

■ **Qu'est-ce qu'Internet?**

- Proposition de définition
- Qu'est-ce que l'on entend par là?
  - Langage courant
  - Langage technique
- Qu'est-ce que cela représente aujourd'hui?

INTERNET  
Julien FASSON

5

---

---

---

---

---

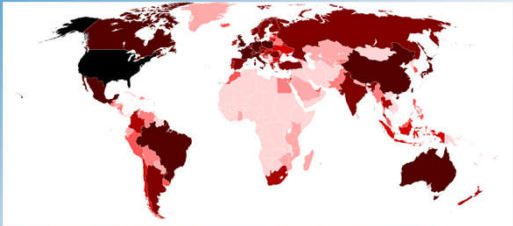
---

---

---

**1 – Définir Internet**  
*1.2 Internet en chiffres (I)*

- Octobre 2014 -> **2,986** milliards d'utilisateurs (41% de la population mondiale)  
Source de [We Are Social](#)
- Répartition des internautes dans le monde en 2009 ([CIA's World Factbook](#))
- Un lien : [Banque mondiale - Indicateur de développement dans le monde](#)



INTERNET  
Julien FASSON

6

---

---

---

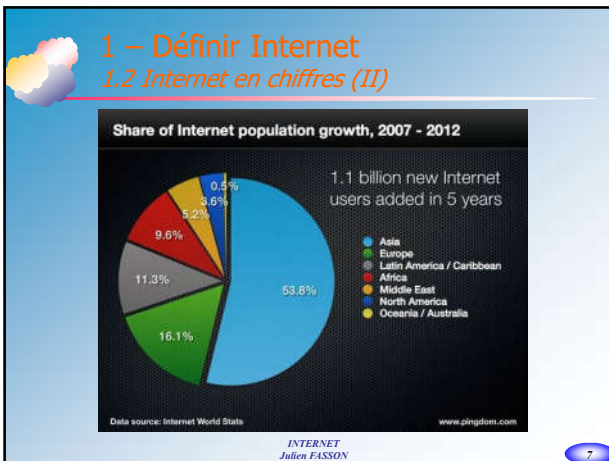
---

---

---

---

---




---

---

---

---

---

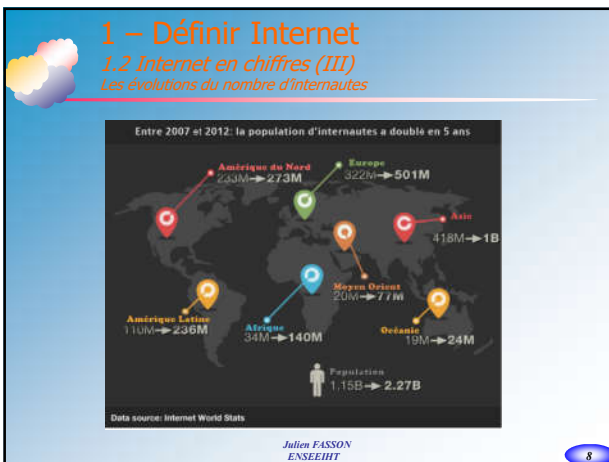
---

---

---

---

---




---

---

---

---

---

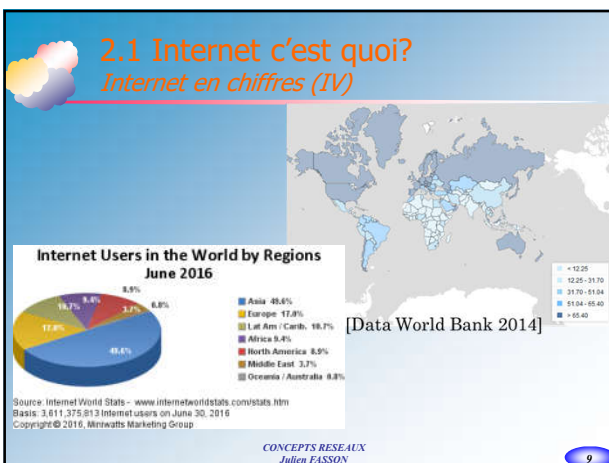
---

---

---

---

---




---

---

---

---

---

---

---

---

---

---



1 – Définir Internet  
 1.3 Internet c'est quoi?  
 Un brin d'histoire – ARPANET (I)

- Contexte
  - Etat de guerre latente / froide
  - Communications = enjeu de la seconde moitié du 20ème siècle
  - A la genèse
    - Licklider – professeur en psychologie expérimentale
    - Inspiration Projet Lincoln en 1951
      - Centre de surveillance radars vs bombardement nucléaire
      - Coordonné par des machines du MIT (Whirlwind)
    - « Portage » à des centres humains
      - Symbiose machine/humain vers l'informatique personnelle
      - Vision futuriste et contraire à la synergie industrielle de l'époque (IBM)
        - Peu de chercheurs dans cette optique
        - Isolés géographiquement
- Projet ARPANET:
  - Financement DARPA – Ministère de la défense américain
  - Objectifs :
    - Communications capables d'être réalisées en temps de guerre
      - Bombardements nucléaires
      - Destruction partielle des infrastructures terrestres
  - Idée
    - Ne pas emprunter un chemin fixe
    - Chaque message prend sa propre « route » en fonction de l'état du réseau
    - Aiguillage de proche en proche, de nœud en nœud
  - Naissance du routage en mode paquet?

INTERNET  
 Julien FASSON

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

1 – Définir Internet  
 1.3 Internet c'est quoi?  
 Un brin d'histoire – ARPANET (II)

- ARPANET en 1969

INTERNET  
 Julien FASSON

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

1 – Définir Internet  
 1.3 Internet c'est quoi?  
 Un brin d'histoire – ARPANET (III)

- ARPANET en 1970

INTERNET  
 Julien FASSON

---

---

---

---

---

---

---

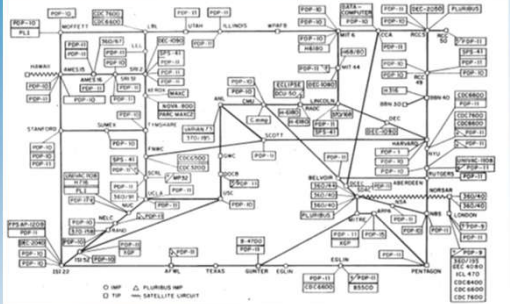
---

---

---

1 – Définir Internet  
 1.3 Internet c'est quoi?  
 Un brin d'histoire – ARPANET (IV)

■ ARPANET en 1977



16

---

---

---

---

---

---

---

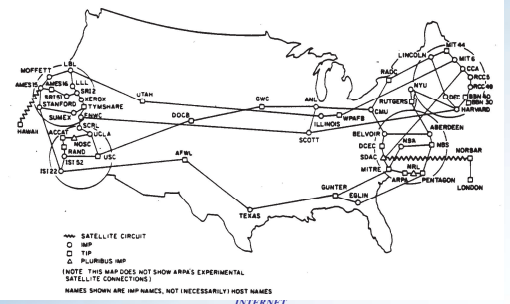
---

---

---

1 – Définir Internet  
 1.3 Internet c'est quoi?  
 Un brin d'histoire – ARPANET (V)

■ ARPANET en 1977



INTERNET  
 Julien FASSON

17

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

1 – Définir Internet  
 1.3 Internet c'est quoi?  
 Un brin d'histoire - Chronologie

■ Genèse :

- 1957 – Spoutnik entraîne la création de l'ARPA (Advanced Research Projects Agency)
- 1967 – Lancement du projet ARPANET
- 1969 – ARPANET (4 machines)
- 1971 – Premier mail (14 machines)
- 1972 – Démonstration officielle (40 machines)

■ Avènement :

- 1974 – TCP/IP première proposition (Vinton Cerf & Robert Kahn)
- 1981 – ARPANET (213 machines)
- 1983 – TCP/IP protocoles officiels d'ARPANET
- 1983 – DNS (562 machines)
- 1984 – ARPANET (1024 machines)
- 1988 – Internet worm de R Morris (10% de 60 000 machines)
- 1991 – Gopher, World Wide Web
- 2001 – 125 888 197 machines répertoriées

INTERNET  
 Julien FASSON

18

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### 1 – Définir Internet

#### 1.3 Internet c'est quoi?

Un réseau de réseaux

**Taille**  
 > 1.4 milliard d'utilisateurs (2008)  
 > 2.3 milliard d'utilisateurs (2012)

**Diversité**  
 > équipements & technologies  
 > utilisateurs & applications

**Hétérogénéité**

**TCP/IP**

INTERNET  
Julien FASSON

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### 1 – Définir Internet

#### 1.3 Internet c'est quoi?

Des services et des applications

- **Utilisation en constante évolution**
- **Applications Classiques**
  - Navigation Web
  - Mail
  - Téléchargement via FTP
- **Evolutions**
  - P2P
  - Voix sur IP
  - Web 2.0 (communautaire)
  - Gaming
  - Streaming
  - Partage en ligne
  - Web mobile

INTERNET  
Julien FASSON

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### 2016

**BUZZFEED** 150,380  
**SNAPCHAT** 6,944,444  
**Netfix** 68,500,000  
**GOOGLE** 69,500,000

**YOUTUBE** 100  
**100** 216,302  
**Amazon** \$222,283  
**1,567,890**  
**Giphy** 569,217  
**5,078**

**Twitter** 833,333  
**833,333**

**Siri** 99,206  
**99,206**

**Tinder** 972,222  
**972,222**

**Instagram** 2,430,555  
**2,430,555**

**U.S.** 569,217  
**569,217**

**U.S.** 569,217  
**569,217**

**U.S.** 569,217  
**569,217**

INTERNET  
Julien FASSON

---

---

---

---

---

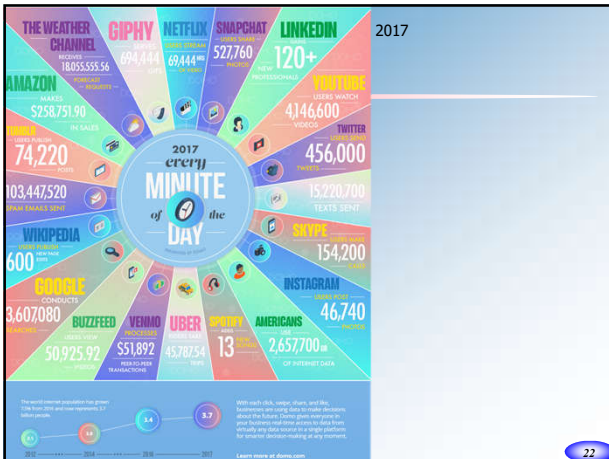
---

---

---

---

---




---

---

---

---

---

---

---

---

### 1 – Définir Internet

#### 1.4 C'est qui?

Qui utilise Internet?

- D'un monde de spécialistes:**
  - Un monde d'informaticiens
  - Un monde de recherches
    - Supercalculateur
    - Travail en commun
    - Documentation
- Au monde de tout le monde!**
  - Diversité des possibilités
    - Études
    - Achats
    - Jeux
    - Informations sur tout ...
    - ... et sur n'importe quoi
    - Rencontre
    - Téléphonies
  - Démocratisation
    - Des enfants aux grands-parents
    - Un monde de néophytes
    - Brassage des populations
- Plus de 30% de la population mondiale**
- Activité principale = rapatriement de contenu**
- Aux USAs en 2011**
  - 53% du temps des internautes pour les sites publiant du contenu
  - 23% pour les sites sociaux
    - Avec 23% des messages avec des liens sur contenu
  - 7% pour les mails

INTERNET Julien FASSON 23

---

---

---

---

---

---

---

---

### 1 – Définir Internet

#### 1.4 C'est qui?

Qui dirige Internet?

- Internet Society (isoc)**
  - Organisation des relations entre les entités
- Internet Architecture Board**
  - Evolution et recherches
  - Long terme
- Internet Engineering Task Force (IETF)**
  - Développement de standards ouverts
  - Volontariat
  - Structure en groupe de travail spontané sur une tâche précise (*working group*)
- Internet Assigned Numbers Authority (IANA)**
  - Gestion et attribution des identifiants
    - Numéros de protocoles, numéros de ports...
  - Adressage avec délégation régionale (RIRs)
- Internet Corporation for Assigned Names and Numbers (ICANN)**
  - Commercial, politique et litigieux
  - Résolution des conflits et procès verbaux

INTERNET Julien FASSON 24

---

---

---

---

---

---

---

---



# 1 – Définir Internet

## 1.4 C'est qui?

Qui possède Internet?

- Historiquement
  - Militaire
  - Education
- Mais...
  - Volonté d'hétérogénéité
  - Pas un organisme unique
  - Augmentation des clients à engendrer un intérêt commercial majeur
- Actuellement : les opérateurs
  - Historiquement fondé sur infrastructure terrestre existante
  - Opérateur téléphonique
  - Opérateur câble
- Mais...
  - Augmentation importante des Fournisseurs d'Accès Internet (FAI)
    - Relation de « peering » entre FAIs (d'égal à égal)
      - Tier-ones (mondial)
      - Tier-two (continental/national)
      - Tier-three
    - Chacun possède un morceau
      - Point d'échange (IX)
      - Point of Presence (PoP)
  - Fournisseurs de services, fournisseurs de contenu, ...
  - Hiérarchie et relations commerciales entre FAIs

INTERNET  
Julien FASSON

25

---

---

---

---

---

---

---

---

# 2 – Construire Internet

- Et si l'on devait construire Internet aujourd'hui...
  - Que doit permettre le réseau mondial?
    - Lister les besoins
  - Comment le réaliser?
    - Proposer des solutions
  - Et par rapport à aujourd'hui
    - Quelles sont les solutions actuelles?
    - Est-il possible de faire autrement?

INTERNET  
Julien FASSON

26

---

---

---

---

---

---

---

---

# 3 – Internet et son modèle

## Plan

### 3 – Internet et son modèle

- 3.1 – Les couches bases
- 3.2 – La couche IP
- 3.3 – Les couches hautes

INTERNET  
Julien FASSON

27

---

---

---

---

---

---

---

---

### 3 – Internet et son modèle

#### Les couches basses

- Pourquoi Internet ne définit pas de modèle pour les couches basses?
- A la base
  - Protocole d'émission de messages dénommés segments (et aujourd'hui paquet)
  - Câbles téléphoniques – communication établie
- Evolution
  - Prise en compte d'autres types de réseaux
  - Vers le réseau de réseaux
- De quoi à ton besoin?

INTERNET  
Julien FASSON

28

---

---

---

---

---

---

---

---

### 3 – Internet et son modèle

#### La couche IP (I)

Services applicatifs divers	Application	TCP
Assurer une qualité de bout en bout	Transport	
Acheminer des données d'un client à l'autre	Réseau	IP
Véhiculer des trames de proche en proche	Technologie	
Envoyer physiquement l'information	Physique	

INTERNET  
Julien FASSON

29

---

---

---

---

---

---

---

---

### 3 – Internet et son modèle

#### La couche IP (II)

- Le service réseau
  - Commutation de paquets
    - Paquets de taille variables (datagrammes)
    - Sans connexion
    - Best effort  
« Au mieux du réseau »
    - Sans fiabilisation
  - Routage de nœud en nœud
    - Nœud = routeur IP
    - Simple
      - Efficace
      - Problème congestion
    - Notion d'interfaces IP
- Les services transport
  - User Datagram Protocol (UDP)
    - Orienté datagramme
    - Non fiable, non ordonné
  - Transmission Control Protocol (TCP)
    - Orienté flux d'octets
    - Fiable, ordonné
    - Contrôle de flux et ...
    - Contrôle de congestion

INTERNET  
Julien FASSON

30

---

---

---

---

---

---

---

---

### 3 – Internet et son modèle

*Les couches hautes*

- **Les applications**
  - **Grande diversité**
  - **Modèle de communication classique**
    - Client/Serveur
    - Serveur
      - À la disposition des clients
      - Écoute passive
      - Réponse aux requêtes clients
    - Transfert de données
      - Principalement dans le sens serveur vers client
      - Asymétrie classique des accès Internet
  - **Modèle Peer to Peer ou pair à pair (P2P)**
    - Egalité entre les nœuds applicatifs
    - Échanges symétriques
    - Construction d'un « réseau » de niveau applicatif

INTERNET  
Julien FASSON

31

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Internet – Bases et Protocoles II

### ADRESSAGE

Par Julien Fasson – maître de conférences à l'ENSEEIH  
[julien.fasson@enseeiht.fr](mailto:julien.fasson@enseeiht.fr)

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Présentation du sujet

- **Précédemment**
  - **Tour d'horizon d'Internet**
    - Une « définition »
      - Un réseau de réseaux
      - Un accès à « tout »
    - Utilisateurs – Détenteurs – Dirigeants
    - Applications
  - Services offerts par Internet
- **Adressage**
  - Identification
  - Localisation

ADRESSAGE

33

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**Plan**

- 1 – Adressage IPv4**
  - Représentativité d'une adresse
  - Localisation
  - Identification
  - Format d'une adresse
- 2 – Hiérarchie**
  - Pourquoi ?
  - Notion de classe
  - Limite de la notion de classe
  - Masquage, sous réseaux et agrégation
- 3 – La pénurie d'adresses**
  - Pourquoi ?
  - IPv6
  - Autres solutions
- 4 – De l'adresse au nom**

ADRESSAGE  
Julien FASSON

**34**

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**1 - Adressage IPv4**  
*Représentation d'une adresse IPv4 (I)*

- **Localisation**
  - Fonctionnalité liée au routage
  - Cœur du service du niveau 3
- **Le principe est d'envoyer les données au « bon endroit »**
  - Savoir où se trouve l'entité
  - ... et pas forcément qui elle est
- **Identification**
  - Pourrait être reporté à d'autres niveaux
  - Mais hétérogénéité
    - Un réseau de réseaux
    - Une certitude = tout le monde a une adresse IP « unique »
  - Identification IP = Identification pour les applications

ADRESSAGE  
Julien FASSON

**35**

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**1 - Adressage IPv4**  
*Représentation d'une adresse IPv4 (II)*

- **Représentation d'une entité de niveau 3**
  - Unicité (gestion centralisée)
  - Attribution en fonction
    - de l'administrateur
    - de l'accès à Internet utilisé
    - d'une plage d'adresses disponibles
    - ...
  - Statique ou dynamique
  - Privée ou publique
    - Non unicité des adresses privées
- **Toute entité de niveau 3 IP doit avoir au moins une adresse pour pouvoir communiquer**
  - Unicité ?
  - Adresse liée à une interface réseau

ADRESSAGE  
Julien FASSON

**36**

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## 1 - Adressage IPv4

*Format d'une adresse IPv4*

- Représentée par 4 Octets
  - Exemple: 125.255.12.1
  - $2^{32}$  adresses possibles
- Délimitation d'une partie dite réseau et d'une autre dite machine
  - Forme de hiérarchie
- Comment les attribuer?

ADRESSAGE  
Julien FASSON

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## 2 - Hiérarchie

*La notion de classes*

- Historiquement séparée en 3 classes principales
  - Séparer en réseaux de tailles différentes
- A – adresse réseau : 55.0.0.0
- B – adresse réseau : 155.221.0.0
- C – adresse réseau: 201.1.45.0

ADRESSAGE  
Julien FASSON

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## 2 - Hiérarchie

*Des adresses spécifiques (I)*

- Pour un réseau
  - Tous les bits machines à 0 = adresse réservée au réseau
  - Tous les bits machines à 1 = adresse réservée à la diffusion du réseau
- 0.0.0.0
  - Adresse illégale en destination
  - Signifie sur une machine
    - toute interface
    - le « par défaut »
- 255.255.255.255
  - Adresse de diffusion sur Internet
- 127.0.0.1
  - Adresse de rebouclage (loopback)

ADRESSAGE  
Julien FASSON

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## 2 - Hiérarchie

### Des adresses spécifiques (II)

- Des adresses de réseaux privés
  - Non routable sur Internet
    - Non unicité
    - Usage souvent local ou expérimental
  - 10.0.0.0
  - 172.16.0.0 – 172.31.0.0
  - 192.168.x.0

ADRESSAGE  
Julien FASSON

---

---

---

---

---

---

---

---

## 2 - Hiérarchie

### Masque et sous-réseaux

- Besoin
  - Un seul niveau de hiérarchie par les classes
  - Hiérarchisation au sein d'une adresse de réseau
    - Découpage (clients, administratif, géographique...)
    - Rôle dans la simplification des tables de routage
- Principe
  - « Grignoter » une partie de l'adressage machine pour l'ajouter au réseau\*
  - Plusieurs sous-niveaux possibles
- Outil : le masque
  - Permet de différencier la partie réseau de la partie machine en appliquant:
    - Un & binaire avec le masque pour obtenir l'adresse réseau
    - Un & binaire avec le (masque) pour obtenir l'adresse machine
  - Le masque est une adresse IPv4 avec
    - Tous les bits à 1 pour la partie réseau
    - Tous les bits à 0 pour la partie hôte

ADRESSAGE  
Julien FASSON

---

---

---

---

---

---

---

---

## 2 - Hiérarchie

### Masque et sous-réseaux (Une solution d'exercice)

Étudiants  
Enseignants  
Personnels administratifs  
Administrateurs  
Visiteurs...

147.127.17.56/20

```

1 0 0 0 1 1 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
1 1 0 0 1 1 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
1 1 0 0 1 1 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
1 1 0 0 1 1 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
    
```

147.127.0.0

ADRESSAGE  
Julien FASSON

---

---

---

---

---

---

---

---

### 3. Manque d'adresses & Solutions

- **Manque d'adresses**
  - **Limites de la hiérarchie en classe**
    - Classe A et B trop importante / Classe C trop petite
    - Gaspillage & Pénurie
  - Taille d'une adresse IP limitante (4 octets)
- **Solutions**
  - **Un nouvel IP : IPv6**
    - Adressage sur 16 octets (128 bits)
    - Notion de hiérarchie innée
  - **Autour d'IPv4**
    - Classless Inter-Domain Routing (CIDR) ou *supernetting*
      - Notion de plage d'adresses
      - Fin de la notion de la classe
      - Utilisation des masques pour agréger
    - Traduction d'adresses (NAT) (cf. routage)
      - Utilisation d'adressage privée
      - Passerelle de traduction

ADRESSAGE  
Julien FASSON

43

---

---

---

---

---

---

---

---

### 4. De l'adresse au nom

- **Besoin**
  - **Humain**
    - Mémoire
    - Information
  - **Hiérarchisation**
    - Création de domaines (.gouv, .org, .com, .fr, ...)
    - Découpage
- **Domain Name Server (DNS)**
  - Notion d'annuaires répartis et hiérarchisés
  - Résolution dans les deux sens:
    - Nom → Numéro
    - Numéro → Nom
  - Résolution est faite au niveau applicatif
- **Exemple**
  - google.com → 64.233.167.99 - 64.233.187.99 - 72.14.207.99
  - nslookup

ADRESSAGE  
Julien FASSON

44

---

---

---

---

---

---

---

---



Internet – Bases et Protocoles  
III  
*ROUTAGE IP*

Par Julien Fasson – maître de conférences à l'ENSEEIH  
[julien.fasson@enseeiht.fr](mailto:julien.fasson@enseeiht.fr)

---

---

---

---

---

---

---

---

## Présentation du sujet

- Précédemment
  - Adressage IP
    - Localisation
    - Identification
  - Hiérarchie par les adresses
    - A la base minimaliste
      - Les classes
    - Evolutions
      - Les sous-réseaux et les masques
      - Les plages d'adresses
      - Systèmes Autonomes (AS)
  - Nom de domaine
  - Mais problème de l'attribution...
- Routage
  - Acheminer les paquets d'un point A à B du réseau
    - Service au cœur du niveau 3
    - Dépendant de la localisation
- Comment?

ROUTAGE 46

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Plan

- 1 – La notion de routage
  - Le besoin
  - Le principe
  - Ce que ne fait pas IP
- 2 – La table de routage
  - Quelles informations?
  - Exemple de table de routage
- 3 – Le routage et...
  - Les sous-réseaux
  - L'agrégation
  - Le NAT

ROUTAGE 47

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## 1. La notion de routage

### Le besoin

- Interconnexion de réseaux hétérogènes
- Réseau local n'est pas le bout du monde
- Trouver les chemins vers toute entité d'Internet
  - **algorithme de routage**
- Aiguillage du datagramme sur une entité de niveau 3
  - **routage IP**

ROUTAGE 48

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---



**1. La notion de routage**  
*Le principe*

- **Principe**
  - Le paquet (ou encore datagramme) entre par une interface IP
  - Ce paquet est commuté (ou routé) vers la bonne interface IP
  - En utilisant la table de routage
- **Routage de proche en proche**
  - De nœud en nœud
  - Utilisation d'une table de routage
  - Un routeur est l'entité de routage
    - Reçoit des paquets qui ne lui sont pas adressés
    - Et les aiguille
    - Mode « Forwarding »
- **Vocabulaire**
  - Commutation
  - Routage

ROUTAGE 49

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**1. La notion de routage**  
*Le principe*

- **Un routeur**
  - Interconnecte au moins deux réseaux différents
    - Appartient à différents réseaux
    - Présente plusieurs interfaces IP
  - Doit traiter des messages qui ne sont pas à destination de ses interfaces
    - Attention par défaut une machine jette les datagrammes/paquet qui ne lui sont pas destinés
    - Mode « forwarding »
  - Connait au moins deux chemins
- **L'information de routage**
  - Est stockée dans une table de routage
  - Quelle est-elle?
  - Comment est-elle obtenue?

ROUTAGE 50

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**1. La notion de routage**  
*Ce que n'est pas IP*

- **Le routage**
  - Aiguillage de proche en proche d'un paquet sur un routeur
  - Rôle d'IP
- **Remplissage de la table de routage**
  - Différent du routage
  - Trouver l'ensemble des chemins possibles (ou pas)
    - Image du réseau global
    - Nécessité de hiérarchie
    - Nécessité d'échanges d'informations
  - Complexe = pas à la charge d'IP
  - Rôle du protocole de routage
    - Différents algos
    - Protocoles applicatifs
    - Correspondance à un plan de gestion d'IP?

ROUTAGE 51

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## 2 – Table de routage

### Quelles informations?

- Que doit contenir une table de routage?
  - Qu'est-ce qu'un chemin?
  - Qu'est-ce que l'algorithme du routeur?

INTERNET  
Julien FASSON

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## 2 – Table de routage

### Structure

- Structure simple
  - Ensemble de routes
  - Route
    - Adresse destination avec son masque
    - Interface IP vers laquelle aiguiller le datagramme
    - Adresse du prochain routeur si nécessaire
- Remplissage peut être compliqué
  - À la main!
  - Protocole de routages
  - Besoin de hiérarchisation
    - Intérêt des
      - Sous-réseaux
      - Sur-réseaux
    - Notion de système autonome
    - Notion d'IGP (RIP, OSPF) et d'EGP (BGP)
  - Pas du ressort du niveau IP

ROUTAGE

---

---

---

---

---

---

---


---

---

---

## 2 – Table de routage

### Exemple



ROUTAGE

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### 3.2 Routage Exemple (1)

Destination	Masque	Passerelle	Flag	Interface
145.20.45.0	255.255.255.0	*	U	eth0
145.20.1.0	255.255.255.0	*	U	eth1
145.20.46.0	255.255.255.0	145.20.1.10	UG	eth1
145.20.47.0	255.255.255.0	145.20.1.30	UG	eth1

ROUTAGE

55

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Internet – Bases et Protocoles IV

### IP et ses autres mécanismes

Par Julien Fasson – maître de conférences à l'ENSEEIH  
[julien.fasson@enseeiht.fr](mailto:julien.fasson@enseeiht.fr)

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Exercices – Etat des Connaissances

### Exercice 1 – Découpage en sous réseaux

- Une entreprise a acquis l'adresse de classe C 210.10.10.0 et elle souhaite découper son réseau d'entreprise en quatre zones
  - Une zone démillitarisée comprenant les machines visiteurs et les serveurs de l'entreprise (70 machines)
  - Un réseau d'administration du réseau (12 machines)
  - Un réseau de production (50 machines)
  - Un réseau pour la direction et comptabilité (20 machines)
- Proposer une solution pour découper cette adresse de classe C en quatre sous-réseaux

### Exercice 2 – Routage dans entre sous-réseaux

Nous reprenons le cadre de travail de l'exercice 1. A présent il s'agit d'interconnecter les différents sous réseaux entre eux.

2.1 – Proposer une première solution avec un unique équipement d'interconnexion. En quoi cette solution peut-elle être envisagée dans notre cadre de travail? Quelles sont les limites de cette solution.

2.2 – Proposer d'autres solutions où les sous-réseaux ont chacun leur propre routeur.

57

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Présentation du sujet

- Précédemment
  - Routage IP
    - Routage mode paquet
    - De Proche en Proche
    - Notion de table de routage
  - Hiérarchie et routage
    - Notion de routage vers un réseau
    - Routage et sous-réseaux
      - Invisibilité vis-à-vis de l'extérieur du réseau
      - Réseau à part entière à l'intérieur du réseau
    - Agrégation de routes
- Les autres aspects d'IP
  - Format des NPDU : les datagrammes
  - Autres mécanismes
    - Fragmentation IP
    - Routage par la source
  - ICMP

58

---

---

---

---

---

---

---

---

## Partie I - IP et ses autres aspects

### Plan

- 1 – Le format des datagrammes Vue d'ensemble  
En-tête obligatoire
- 2 – Routage par la source
- 3 – Fragmentation
- 4 – Path MTU discovery

59

---

---

---

---

---

---

---

---

## I.1 – Le format des datagrammes

*Vue d'ensemble*

60

---

---

---

---

---

---

---

---



### 1.2 - Le routage par la source *Tour d'horizon*

- **Principe**
  - Emprunter le même chemin à aller qu'au retour
- **Intérêt?**
  - Gagner du temps en terme de routage
- **Comment?**
  - Utilisation d'un en-tête optionnelle
    - Mode strict = tout le chemin
    - Mode relatif = via
  - Routeur
    - Enregistre son adresse sur le chemin au premier passage
    - Aux autres passages utilisent l'information contenue dans l'en-tête
- **Problèmes**
  - Nombre d'adresses stockées faibles
  - Faille de sécurité
- **Utilisation**
  - Quasi nulle

64

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### 1.2 - Le routage par la source *Illustration*

```

    graph LR
      Eve[Eve] --- R1[R1]
      R1 --- R2[R2]
      R2 --- Alice[Alice]
      R2 --- Bob[Bob]
  
```

65

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### 1.3 – La Fragmentation IP *Résumé*

- **Maximum Transmission/Transfer Unit (MTU)**
  - Taille maximum d'un paquet véhiculé par le niveau liaison
  - Chaque niveau de liaison donne son MTU
- **Fragmentation/réassemblage**
  - A l'émission, MTU connue pour interface de sortie
  - Routeur
    - Interface sortie peut avoir MTU plus faible que l'interface d'entrée
    - Fragmentation
    - Réassemblage par le récepteur
      - Timers
      - Numérotation
      - Taille de la mémoire?
  - **Problèmes**
    - Coûteux
    - Inefficace
    - Interdit sur la plupart des routeurs

66

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### I.3 – La Fragmentation IP

*Illustration*

3200 B

R1 MTU = 1500B R2

En-tête = 20B  
Payload = 1480B  
FO = 0  
MF = 1

En-tête = 20B  
Payload = 1480B  
FO = 1480/8= 185  
MF = 1

En-tête = 20B  
Payload = 220B  
FO = 2980/8= 370  
MF = 0

67

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### I.4 – Path MTU Discovery

- **Face aux problèmes de fragmentation**
  - Interdiction de fragmenter au niveau routeur
  - Trouver la plus petite MTU du chemin
- **PMTUD**
  - Utilisation de paquet IP avec l'option « don't fragment »
  - Retour du message ICMP
  - Changement de taille
- **Problèmes**
  - Le filtrage des messages ICMP => phénomène de trou noir
  - Problèmes d'insécurité
    - Réduction du MTU au minimum du protocole
    - Envoie de multiple paquets = risque de saturation machine en face = déni de service

68

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### Partie II – Autour d'IP

*Plan*

- 1 – ICMP
- 2 – ARP
- 3 – DNS

69

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## II.1 – ICMP

*Plan de contrôle d'Internet?*

- **Internet Control Message Protocol**
  - **Internet**
    - Service Best Effort
    - Pas de garanties
      - Pas de chemin fixe
      - Pas de délai maximum
      - Pas de fiabilité
  - **Control**
    - Configuration?
    - Mise en place d'un chemin?
    - Vérification des ressources?
    - Vérification du bon acheminement des données?
  - **Ambiguïté**
    - IP or not IP?
    - Principe

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## II.1 – ICMP

*Généralités*

- RFC 792
- Signalisation au niveau IP
- Véhiculé par IP
- Plusieurs messages
  - Echo request/reply, timestamp request/reply, ...
  - Destination unreachable
  - Redirect
  - ...

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## II.1 – ICMP

*Format*

00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
Version		IHL		ToS				Total Length																							
Identification										R DF MF		Fragment offset																			
TTL				Protocol				Header checksum																							
Source IP address																															
Destination IP address																															
Type		Code				Checksum																									
Data (may be stuffing bytes)																															
Data																															
...																															

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---



**II.1 – ICMP**  
*Rôles d'ICMP – messages d'avertissements*

- **Destination Unreachable**
  - Type 3
  - Information contenue dans le code (sur 4 bits)
    - 0 machine non accessible
    - 1 réseau non accessible
    - ...
- **Time Exceeded**
  - Type 11
- et d'autres ( en-tête fausse, ...)

73

---

---

---

---

---

---

---

---

**II.1 – ICMP**  
*Rôles d'ICMP – configuration*

- **Messages**
  - Redirection (type 5)
  - Demande d'adresse IP et réponse (type 15 et 16)
  - Demande de masque de réseau et réponse (type 17 et 18)
- **Utilisation hypothétique**
  - Route par défaut
  - Auto-configuration
- **Utilisation réelle**
  - Marginale

74

---

---

---

---

---

---

---

---

**II.1 – ICMP**  
*Rôles d'ICMP – test du réseau*

- **Messages**
  - echo request (type 8)
  - echo reply (type 0)
- **Tests d'équipement réseaux**
- **Calcul du RTT**
- **Utilisation**
  - Très commune avec
    - Ping
    - Traceroute

75

---

---

---

---

---

---

---

---

## II.1 – ICMP

### Illustration par un exercice

- Pourquoi n'arrive t'on pas à accéder Internet?
  - Lecture et compréhension d'un datagramme
  - Lecture et compréhension d'un message ICMP

76

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

1 Internet Protocol, Src Addr: 192.168.32.7, Dst Addr: 192.168.32.8 2 Version: 4 3 Header length: 20 bytes 4 Differentiated Services Field: 0xc0 (DSCP 0x30: Class Selector 6; ECN: 0x00) 5 1100 00.. = Differentiated Services Codepoint: Class Selector 6 (0x30) 6 ....0. = ECN-Capable Transport (ECT): 0 7 ....0. = ECN-CE: 0 8 Total Length: 576 9 Identification: 0x0200 10 Flags: 0x04 11 1.. = Don't Fragment: Set 12 ..0. = More fragments: Not set 13 Fragment offset: 0 14 Time to live: 255 15 Protocol: ICMP (0x01) 16 Header checksum: 0xb59c (correct) 17 Source: 192.168.32.7 (192.168.32.7) 18 Destination: 192.168.32.8 (192.168.32.8) 19 Internet Control Message Protocol 20 Type: 3 (Destination unreachable) 21 Code: 4 (Fragmentation needed) 22 Checksum: 0x6f6b (correct) 23 MTU of next hop: 512 24 Internet Protocol, Src Addr: 192.168.32.8, Dst Addr: 192.168.31.6 25 Version: 4	26 Header length: 20 bytes 27 Differentiated Services Field: 0x00 (DSCP 0x00: Default; ECN: 0x00) 28 0000 00.. = Differentiated Services Codepoint: Default (0x00) 29 ....0. = ECN-Capable Transport (ECT): 0 30 ....0. = ECN-CE: 0 31 Total Length: 1052 32 Identification: 0x0000 33 Flags: 0xb4 34 1.. = Don't fragment: Set 35 ..0. = More fragments: Not set 36 Fragment offset: 0 37 Time to live: 63 38 Protocol: ICMP (0x01) 39 Header checksum: 0x7782 (correct) 40 Source: 192.168.32.8 (192.168.32.8) 41 Destination: 192.168.31.6 (192.168.31.6) 42 Internet Control Message Protocol 43 Type: 8 (Echo (ping) request) 44 Code: 0 45 Checksum: 0x4489 (correct) 46 Identifier: 0x0003 47 Sequence number: 00.00 48 Data (520 bytes)
---	---

77

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## II.1 – ICMP

### Résumé

- Internet Control Message Protocol
  - Le plus proche d'un plan de contrôle OSI pour le protocole IP
  - Message véhiculé par des datagrammes
- Intérêts
  - Test du réseau
    - Messages
      - *echo request*
      - *echo reply*
    - Tests d'équipement réseaux
    - Calcul du RTT (Time Stamp)
    - Utilisation
      - *traceroute, ping*
  - Messages d'avertissement
    - Destination unreachable et ses variantes
    - Time exceeded
    - Route advertisement / Route discovery / Mask Request ...
- Mais...
  - Nombreuses failles de sécurité
    - Filtrage
    - Obsolète?

78

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**II.2 – ARP**  
*Généralités*

- **Address Resolution Protocol**
  - RFC 826
  - Correspondance dynamique entre une adresse IP et une adresse MAC
  - Permet de remplir les champs nécessaires d'une trame
  - Notion de cache
  - Notion de proxy

79

---

---

---

---

---

---

---

---

**II.2 – ARP**  
*Principe*

- **ARP Request**
  - Diffusion d'une requête ARP vers toutes les entités d'un réseau local
  - Broadcast
  - Non relai par les routeurs
- **ARP Reply**
  - Réponse unipoint de l'intéressé communiquant son adresse MAC
  - Unicast
  - Possibilité de proxy
- **Mise à jour du cache**
  - Timer

80

---

---

---

---

---

---

---

---

**II.3 – Domain Name Server**  
*Le Besoin*

- **Mémoriser des adresses IP**
  - Analogie numéro de téléphone
  - Nom
- **Correspondance?**
  - **Statique**
    - Fichier host ou host.txt
    - Problème de la maintenance de la liste
  - **Annuaire dynamique**
    - Centralisé ou distribué?
- **DNS**

81

---

---

---

---

---

---

---

---

### II.3 – Domain Name Server

#### Généralités

- **Annuaire distribué**
  - nom symbolique <-> adresse IP
  - chaque domaine gère sa partie
- **Définition**
  - d'un protocole de communication [RFC 1034] [RFC 1035]
  - d'une politique de délégation [RFC 1591]
- **Fondé sur**
  - Une organisation de l'espace
  - Un système de serveurs hiérarchisés
  - De nombreux clients appelés resolver
- **Deux parties**
  - Un protocole de communication
  - Une politique de répartition des noms de domaines

82

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### II.3 – Domain Name Server

#### Organisation de l'espace des noms (I)

```

graph TD
    RACINE --> TopLevel[Top Level Domain]
    RACINE --> CCTLD[CCTLD]
    TopLevel --> gov
    TopLevel --> com
    TopLevel --> edu
    TopLevel --> net
    TopLevel --> dots1[...]
    TopLevel --> fr
    TopLevel --> it
    TopLevel --> uk
    CCTLD --> inpt
    CCTLD --> enseiht
    CCTLD --> dots2[...]
    CCTLD --> mgen
    CCTLD --> blizzard
    inpt --> www
    inpt --> dots3[...]
    inpt --> bde
    bde --> dots4[...]
    
```

83

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### II.3 – Domain Name Server

#### Organisation de l'espace des noms (II)

- **Fully Qualified Domain Name**
  - [www.enseiht.fr](http://www.enseiht.fr). = Nom absolu
  - www = hôte (serveur web)
  - Profondeur maximale = 127 niveaux
  - 255 caractères max
- **Notion de zone**
  - Ex: enseiht.fr
  - Peut être subdivisée (bde.enseiht.fr)
  - Deux ou plus serveurs de noms DNS par zone
    - Primaire
    - Secondaire(s)

84

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**II.3 – Domain Name Server**  
*Serveurs de noms DNS*

- **Serveurs DNS**
  - **Serveurs Racines**
    - 13 serveurs au monde
  - **Serveurs de domaine**
    - Autorité sur une zone
    - Déclaré au serveur de domaine directement supérieur
- **Dialogue**
  - Resolver et DNS primaire
  - DNS zone avec DNS zone parente
- **Logiciel**
  - Plus commun = BIND  
 (*Berkeley Internet Name Domain*)

85

---

---

---

---

---

---

---

---

**II.3 – Domain Name Server**  
*Resolvers*

- **Définition**
  - Processus client qui contacte les serveurs de noms
- **Rôles**
  - Dialogue avec le serveur de nom
  - Interprétation des réponses
  - Restituer l'information au logiciel appelant
  - Mise en place d'un système de cache local

86

---

---

---

---

---

---

---

---

**II.3 – Domain Name Server**  
*Le protocole (1)*

- **Messages**
  - Questions
  - Réponses
  - Utilisation d'UDP
- **Principe**
  - Renvoyer le message au serveur DNS le plus apte à répondre
- **Deux modes d'interrogation des serveurs**
  - Itératif
    - Envoie de l'info la plus détaillée dont le serveur dispose
  - Récursif
    - Serveur prend en charge la suite des requêtes
  - Dépendant du serveur interrogé
    - Notion de serveur maître
    - Couplage des modes

87

---

---

---

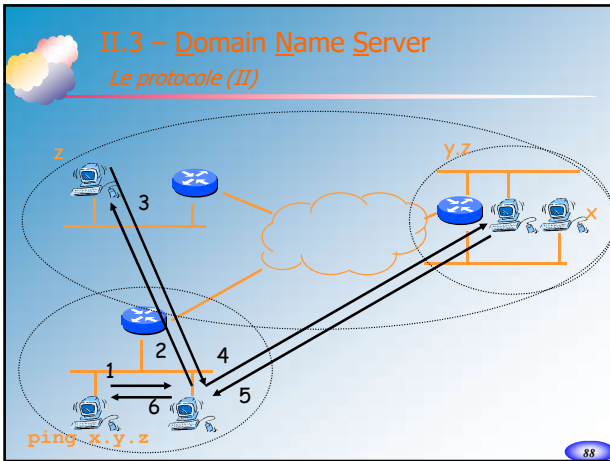
---

---

---

---

---



---

---

---

---

---

---

---

---

- ### II.3 – Domain Name Server
- DNS et sécurité
- **Point critique d'Internet**
    - DNS permet de faire association
      - nom symbolique
      - Adresse IP
    - Faux DNS = Fausse réponse
  - **Points faibles**
    - Aucune préoccupation de sécurité
    - Interception et forge
    - Déni de service
  - **Solutions**
    - DNSSEC
    - Ne pas se référer à n'importe quel DNS!
- 89

---

---

---

---

---

---

---

---

## Internet – Bases et Protocoles

### V

#### TCP ET UDP

Par Julien Fasson – maître de conférences à l'ENSEEIH  
[julien.fasson@enseeiht.fr](mailto:julien.fasson@enseeiht.fr)

---

---

---

---

---

---

---

---

## Présentation du sujet

- **Précédemment**
  - **Le format d'un message IP**
    - En-tête obligatoire
    - Les options
  - **Options d'IP**
    - Lourdes
    - Peu utilisées
  - **ICMP**
    - Ne garde que le rôle de test
    - Autres options obsolètes
- **Comment faire le lien avec l'application?**
  - La communication de bout en bout
  - Le multiplexage applicatif
  - Deux protocoles
    - UDP
    - TCP

TCP & UDP 91

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Plan

<b>1 – Reconnaître une application</b>	<i>Notion de port et de socket</i>
<b>2 – UDP</b>	<i>User Datagram Protocol Caractéristiques UDP Format UDP : UDP datagram Utilisation UDP</i>
<b>3 – TCP</b>	<i>Transmission Control Protocol Caractéristiques TCP Format TCP : le segment Connexion TCP Mécanismes Options</i>

TCP & UDP 92

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## 2 - UDP

- **2.1 - User Datagram Protocol**
  - RFC 768
  - Communication simple de messages applicatifs entre deux entités IP
- **2.2 - Caractéristiques**
  - T-PDU = Datagramme UDP
  - Orienté datagramme
    - Un message applicatif = 1 datagramme
    - Non gestion de la fragmentation
  - Non fiable
    - Pas de reprise sur erreur
  - Non ordonné
    - Pas contrôle de séquence
  - Peu coûteux
    - Temps
    - Ressources

TCP & UDP 93

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**2 – UDP**  
**2.3 Format UDP (I)**

00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
Source Port										Destination Port																					
Length										Checksum																					
Data ...																															

- **Checksum**
  - Calcul sur en-tête UDP et données
  - + pseudo en-tête (partie de l'en-tête IP)
  - Non indépendance

TCP & UDP 94

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**2 – UDP**  
**2.4 Notion de Port**

- **Point d'accès**
  - au niveau transport
  - pour les applications
- **Identifié par un numéro (2B)**
  - Numérotation officiel des ports
    - de 1 à 1024 à l'origine
    - de 1 à 49151
  - Attribution par l'IANA
    - 80 serveur web – 23 serveur Telnet
    - 25 serveur mail – 22 serveur SSH
    - 53 serveur DNS
  - Avantage : pas d'annuaire dynamique
  - Défaut : statique
- **Notion de socket**
  - Adresse IP, protocole id, numéro de port
  - Non indépendance des couches
  - Protocole de transport implicite

TCP & UDP 95

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**2 – UDP**  
**2.5 Cas d'utilisation**

- **Applications multimedia**
  - Streaming video
  - Jeux multi-joueurs
- **Domain Name Server (DNS)**
- **Trivial File Transfer Protocol (TFTP)**
- **Traceroute**

TCP & UDP 96

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---



### 3 – TCP Plan (I)

- 3.1 – Transmission Control Protocol
  - a) Caractéristiques
  - b) Segment TCP
  - c) Mécanismes
- 3.2 – Connexion TCP
  - a) Ouverture
  - b) Etat d'une connexion
  - c) Fermeture
- 3.3 – Communication TCP
  - a) Segmentation et numérotation
  - b) Acquittements
  - c) Fenêtre d'émission
  - d) Timer de retransmission

TCP & UDP 97

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### 3.1 – Transmission Control Protocol Caractéristiques

- RFC 793
  - Base fondamentale pour le réseau Internet
- Offrir une QoS
  - Fiabiliser une communication de bout en bout
  - Utilisation d'une connexion
- Caractéristiques principales
  - T-PDU = segment
  - Orienté Connexion
    - Etats de la connexion
    - Signalisation ouverture et fermeture
  - Orienté flux d'octet
    - Différence avec UDP
    - Non respect d'un quelconque format applicatif
  - Full duplex
    - Ouverture d'une connexion bidirectionnelle
  - Fenêtre coulissante

TCP & UDP 98

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### 3.1 – Transmission Control Protocol Segment TCP (I)

00 01 02 03 04 05 06 07 08 09 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31																															
Source Port																Destination Port															
Sequence Number																															
Ack Number																															
Header Length		Reserved		U	A	P	R	S	F	Window Size																					
Checksum																Urgent Pointer															
Option																															
...																															
Data																															
...																															

TCP & UDP 99

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### 3.1 – Transmission Control Protocol

#### Segment TCP (II)

- **En-tête**
  - Multiple de 4 octets
  - 20 octets d'en-tête obligatoire
- **En-tête Obligatoire**
  - Source port et destination port
    - Identification unique d'une connexion avec couple sockets
    - Non indépendance des couches
  - Sequence number et ACK number
  - Taille de l'en-tête en mots de 4 octets
  - Flags
    - URG, ACK, PSH, RST, SYN et FIN
  - Window size = advertized window
  - Checksum
  - Urgent Pointer

TCP & UDP 100

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### 3.1 – Transmission Control Protocol

#### Segment TCP (III)

- **En-tête optionnelle**
  - Utilisation de bourrage
  - Option la plus utilisée
    - Maximum Segment Size (MSS)
    - Négociée pendant le SYN
    - Objectif : Ne plus fragmenter au niveau IP

00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
Kind = 2				Length = 4				MSS																							

Julien FASSON - Septembre 2007  
ENSEEHT 101

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### 3.1 – Transmission Control Protocol

#### Mécanismes

- **Segmentation du flux**
  - Orienté flux d'octets
  - Notion de MSS
- Numérotation des octets
- Accusés de réception
- Réémission
- Reséquencement
- Destruction des doublons
- Contrôle de flux
  - Utilisation d'une fenêtre coulissante
  - Advertized window
- ...

Julien FASSON - Septembre 2007  
ENSEEHT 102

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### 3.2 – Connexion TCP

#### Les étapes

- **Ouverture de la connexion**
  - « Three-Way Handshake »
    - Trois temps
    - Bidirectionnelle
  - Négociation des paramètres
- **Communication**
  - Segments du flot d'octets
  - Mécanisme à fenêtre coulissante
- **Terminaison**
  - Fermeture indépendante des sens de communication
  - Connexion unidirectionnelle (semi-fermeture)
- **Réinitialisation**
  - Drapeau RESET
  - Détection d'un dysfonctionnement

Julien FASSON - Septembre 2007  
ENSEEHT

103

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### 3.2 – Connexion TCP

#### Ouverture de connexion - cas classique

CLIENT

SERVEUR

```

sequenceDiagram
    participant C as CLIENT
    participant S as SERVEUR
    Note over C: Nseq = 34573, SYN = 1
    C->>S: SYN
    Note over S: Nseq = 507, Ack = 34574, SYN = 1
    S->>C: SYN, ACK
    Note over C: ACK = 508
    C->>S: ACK
  
```

Julien FASSON - Septembre 2007  
ENSEEHT

104

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### 3.2 – Connexion TCP

#### Ouverture de connexion – cas simultané

```

sequenceDiagram
    participant C as CLIENT
    participant S as SERVEUR
    Note over C: Nseq = 34573, SYN
    C->>S: Nseq = 34573, SYN
    Note over S: Nseq = 507, SYN
    S->>C: Nseq = 507, SYN
    Note over S: Nseq = 507, Ack = 34574, SYN
    S->>C: Nseq = 507, Ack = 34574, SYN
    Note over C: Nseq = 34573, Ack = 508, SYN
    C->>S: Nseq = 34573, Ack = 508, SYN
  
```

- **En pratique**
  - Disymétrie client/serveur
  - Cas théorique

Julien FASSON - Septembre 2007  
ENSEEHT

105

---

---

---

---

---

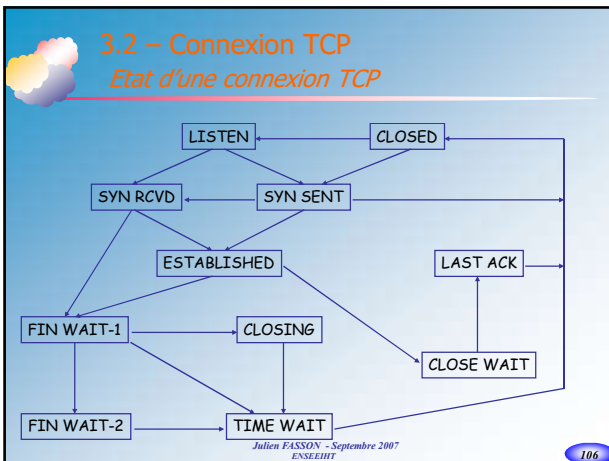
---

---

---

---

---




---

---

---

---

---

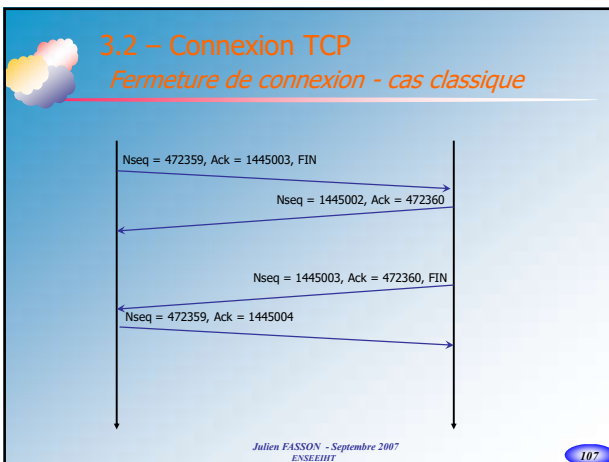
---

---

---

---

---




---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

- ### 3.3 – Communication TCP
- Segmentation et numéro de séquence*
- **Choix de la taille**
    - Négociation du MSS
    - Utilisation du Path MTU Discovery
      - Optionnel
      - Repose sur ICMP
      - Filtrage courant des messages ICMP
  - **Numérotation**
    - Numérotation des octets du flux
      - sur  $2^{32}$
    - Sequence Number
      - numéro du premier octet de data
      - comment obtenir le dernier numéro de l'octet de data?
    - Acknowledgement Number
      - Numéro du prochain octet attendu
    - Initial Sequence Number
      - A l'établissement de connexion
      - Sécurité et une des dissociations entre trafic d'une même application
- Julien FASSON - Septembre 2007  
ENSEEIHIT
- 108

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**3.3 – Communication TCP**  
*Acquittements*

- **Segment TCP**
  - ACK = 1
  - Court
- **Piggy-backing**
  - Utilisation d'un segment de donnée pour véhiculer un acquittement
  - Utilisation répandue
- **Accusé de réception cumulatif**
  - Gestion efficace du déséquencement

Julien FASSON - Septembre 2007  
ENSEEHT

**109**

---

---

---

---

---

---

---

---

**3.3 – Communication TCP**  
*Mécanisme à fenêtre coulissante (I)*

- **Rôles**
  - Autorégulation du flux
  - Reprise d'erreur
- **Deux Notions clefs**
  - **Fenêtre d'émission**
    - Stockage des segments non acquittés
    - Reprise sur perte de segments
    - Contrôle de flux (lié à la fenêtre de réception)
  - **Fenêtre de réception (ou buffer de réception)**
    - Stockage des segments reçus hors séquence
    - Question du contrôle de flux vertical
      - *Traitement applicatif impacte-il sur awnd?*

Julien FASSON - Septembre 2007  
ENSEEHT

**110**

---

---

---

---

---

---

---

---

**3.3 – Communication TCP**  
*Mécanisme à fenêtre coulissante (II)*

- **Taille maximale de la fenêtre d'émission**
  - **Négociée à la connexion**
    - Advertized window annoncée par le récepteur
    - Lié à la capacité de mémorisation et de traitement du récepteur
  - **Peut être changée au cours d'une communication**
    - Ex : consommation des données par l'application trop lente
  - Pour l'émetteur = nombre maximum d'octets qui peuvent être émis sans être acquittés
- **Taille courante de la fenêtre d'émission**
  - Liée à l'application et son débit de données
  - Liée à l'arrivée des acquittements
- **Illustration du mécanisme à fenêtre glissante**

Julien FASSON - Septembre 2007  
ENSEEHT

**111**

---

---

---


---

---

---

---

---



## CONCLUSION

- **UDP**
  - **Simpliste**
  - **Conforme à l'esprit IP**
- **TCP**
  - **Principe proche niveau 2 (HDLC)**
    - Contrôle de flux
    - Reprise sur erreur
    - Paramétrage spécifique
    - Principe classique
  - **Contrôle de congestion**
    - Complexité de TCP
    - Nombreux ajouts et améliorations
    - Prédiction
  - **Incontournable**

TCP & UDP 112

---

---

---

---

---

---

---

---