

# Réseaux Master 1

## Prospective

Louis-Claude Canon  
[louis-claude.canon@univ-fcomte.fr](mailto:louis-claude.canon@univ-fcomte.fr)

Bureau 429C

Master 1 informatique – Semestre 7

# Évolution des réseaux

- ▶ Des concepts fondamentaux (mode connecté, adressage, routage, résolution d'adresse, ...).
- ▶ Des technologies anciennes (TCP/IP et Ethernet développées en 1974, ...).
- ▶ Inertie importante liée au besoin d'interopérabilité.
- ▶ Mais, un domaine qui évolue : de nouvelles technologies apparaissent, d'autres tendent à être remplacées, ...

# Veille technologique

## Principe :

- ▶ informatique : domaine qui évolue constamment
- ▶ limite d'une formation : état des connaissances à un moment donné
- ▶ **veille : se positionner dans un domaine en évolution**
- ▶ étudier le développement des technologies et les tendances
- ▶ objectif : déterminer quand il faut mettre à jour ses connaissances

# Plan

Ethernet

IP

TCP

HTTP

# Plan

Ethernet

IP

TCP

HTTP

# Types de câbles

- ▶ Twinax (2 conducteurs dans un câble coaxial)
- ▶ Backplane (fond de panier : bus sur un circuit imprimé)
- ▶ Fibre optique
  - ▶ single-mode
  - ▶ multi-mode
  - ▶ EPON (Ethernet Passive Optical Network)
- ▶ Paire torsadée
  - ▶ connecteur RJ45 (8P8C en fait)
  - ▶ level 1, level 2, Cat3, Cat4, Cat5, Cat5e, Cat6, Cat6a (2009), Class F, Class Fa (2010), Category 8 (début 2016)



# Types de câbles

- ▶ Twinax (2 conducteurs dans un câble coaxial)
- ▶ Backplane (fond de panier : bus sur un circuit imprimé)
- ▶ Fibre optique
  - ▶ single-mode
  - ▶ multi-mode
  - ▶ EPON (Ethernet Passive Optical Network)
- ▶ Paire torsadée
  - ▶ connecteur RJ45 (8P8C en fait)
  - ▶ level 1, level 2, Cat3, Cat4, Cat5, Cat5e, Cat6, Cat6a (2009), Class F, Class Fa (2010), Category 8 (début 2016)





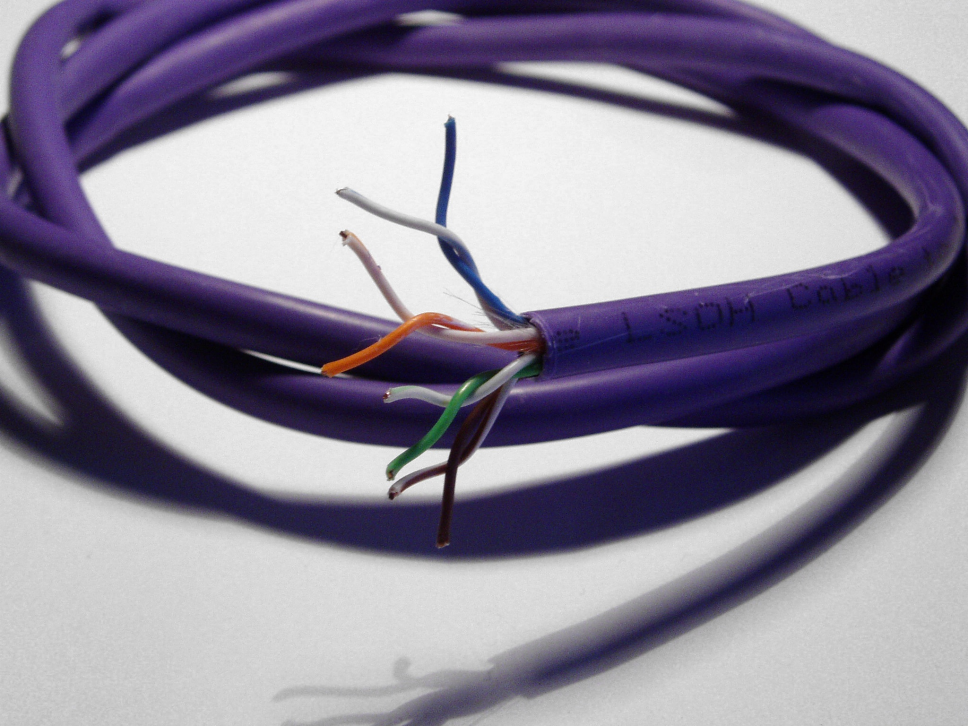
# Types de câbles

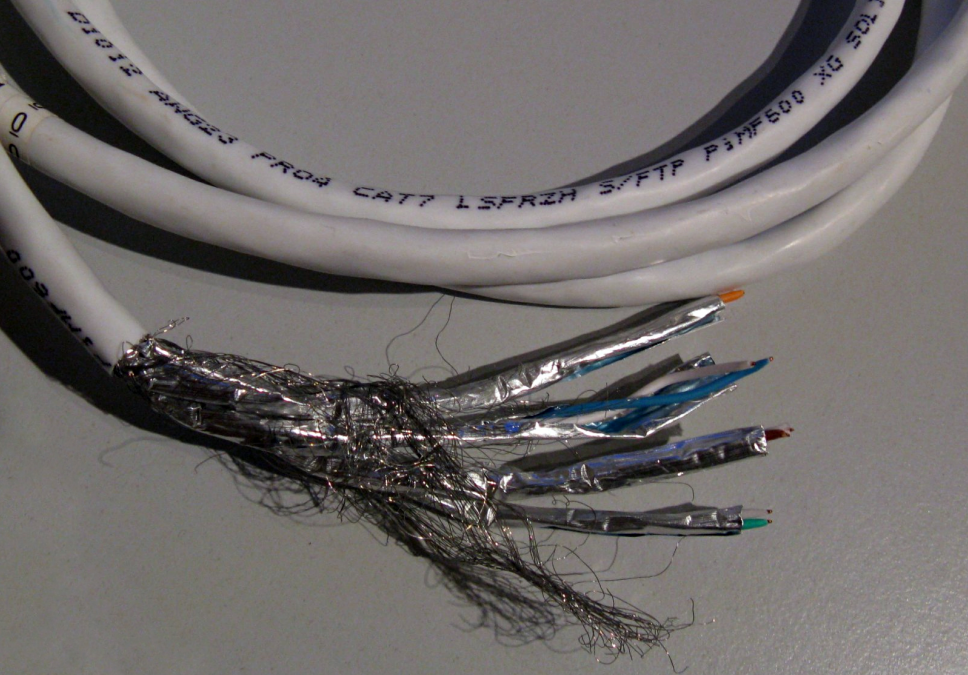
- ▶ Twinax (2 conducteurs dans un câble coaxial)
- ▶ Backplane (fond de panier : bus sur un circuit imprimé)
- ▶ Fibre optique
  - ▶ single-mode
  - ▶ multi-mode
  - ▶ EPON (Ethernet Passive Optical Network)
- ▶ Paire torsadée
  - ▶ connecteur RJ45 (8P8C en fait)
  - ▶ level 1, level 2, Cat3, Cat4, Cat5, Cat5e, Cat6, Cat6a (2009), Class F, Class Fa (2010), Category 8 (début 2016)



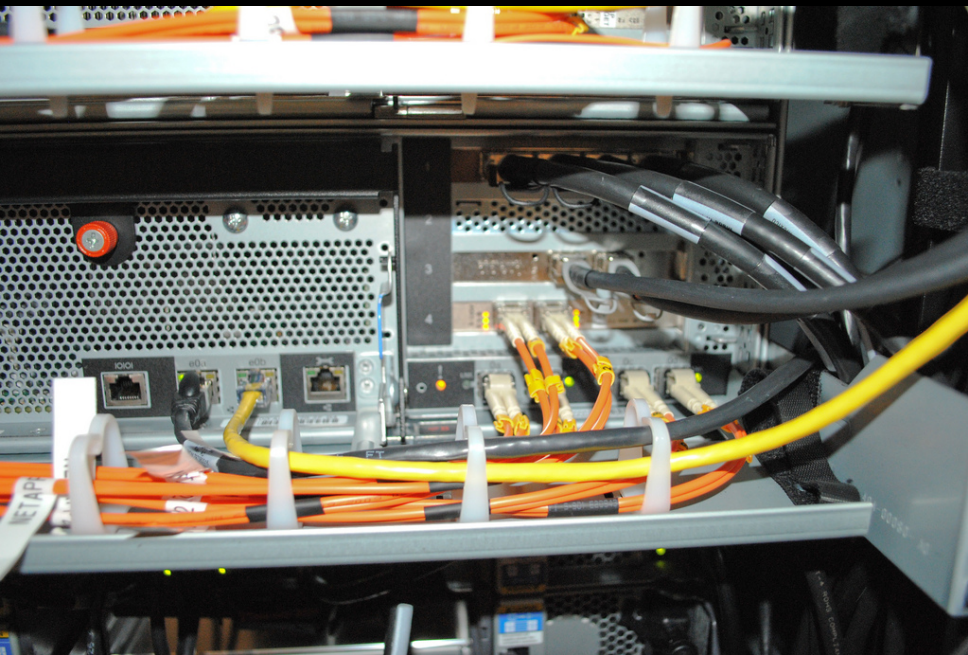
# Types de câbles

- ▶ Twinax (2 conducteurs dans un câble coaxial)
- ▶ Backplane (fond de panier : bus sur un circuit imprimé)
- ▶ Fibre optique
  - ▶ single-mode
  - ▶ multi-mode
  - ▶ EPON (Ethernet Passive Optical Network)
- ▶ Paire torsadée
  - ▶ connecteur RJ45 (8P8C en fait)
  - ▶ level 1, level 2, Cat3, Cat4, Cat5, Cat5e, Cat6, Cat6a (2009), Class F, Class Fa (2010), Category 8 (début 2016)









# Faits marquants pour les paires torsadées

- ▶ 1999 Cat5 pour 1 Gb/s sur 100 m
- ▶ 2006 Cat6 pour 10 Gb/s sur 37-55 m
- ▶ 2008 Cat6a pour 10 Gb/s sur 100 m
- ▶ 2013 Category 8 pour 40 Gb/s sur 30 m



# Évolution des débits

- ▶ 100 Gb/s Ethernet (débuté en 2007, standardisé en 2011 pour le twinax et en 2013 pour la fibre optique)
- ▶ 400 Gb/s Ethernet (débuté en 2013, standardisation prévue en 2017)

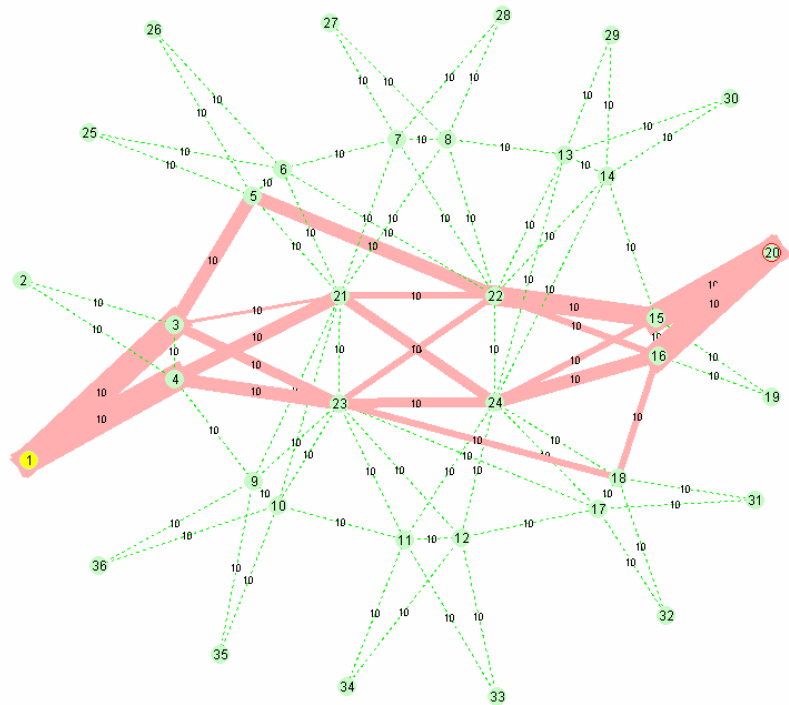
# Distances maximales

- ▶ Twinax
  - ▶ 15 m en 10 Gb/s (10GBASE-CX4)
  - ▶ 7 m en 100 Gb/s (100GBASE-CR10)
- ▶ Paire torsadée : 100 m (sauf pour le 40 Gb/s)
- ▶ Fibre optique
  - ▶ 40 km en 100 Mb/s (100BASE-BX)
  - ▶  $\approx$  70 km en 1 Gb/s (1000BASE-ZX)
  - ▶ 80 km en 10 Gb/s (10GBASE-ZR)
  - ▶ 40 km en 100 Gb/s (100GBASE-ER4)

# Routage

## *Shortest Path Bridging (IEEE 802.1aq)*

- ▶ Évolution d'Ethernet parmi les plus significatives depuis son introduction.
- ▶ Standardisé en 2012.
- ▶ Permet d'exploiter l'ensemble des liens d'un réseau maillé (topologie *mesh*) grâce au protocole de routage IS-IS (similaire à OSPF pour le niveau 2).
- ▶ Augmente le nombre maximum de VLANs de 4096 à 16 millions.



# Convergence

- ▶ Les réseaux semblent converger vers de l'Ethernet pour le niveau 2 (faible coût et performance raisonnable) : Ethernet in the first mile (EFM).
- ▶ Certains MAN utilisent Ethernet de bout en bout.

# Plan

Ethernet

IP

TCP

HTTP

# Épuisement des adresses IPv4

## IANA

L'organisation globale qui attribue des blocs d'adresses aux Registres Internet Régionaux (RIR) : APNIC, RIPE NCC, ARIN, LACNIC et l'AfriNIC.

## Adresses disponibles

- ▶ L'IANA n'a plus d'adresse depuis le 31 janvier 2011.
- ▶ L'APNIC a atteint la pénurie le 15 avril 2011.
- ▶ RIPE NCC a atteint la pénurie le 14 septembre 2012.
- ▶ LACNIC a atteint la pénurie le 10 juin 2014.
- ▶ L'ARIN a atteint la pénurie en juillet 2015.

## Pas complètement en pénurie

Pour RIPE NCC et l'APNIC, les adresses actuellement allouées le sont dans le dernier bloc /8.



<u>Registry</u>	<u>Region Covered</u>
AFRINIC	Africa Region
APNIC	Asia/Pacific Region
ARIN	North America Region
LACNIC	Latin America and some Caribbean Islands
RIPE NCC	Europe, the Middle East, and Central Asia



# Épuisement des adresses IPv4

## IANA

L'organisation globale qui attribue des blocs d'adresses aux Registres Internet Régionaux (RIR) : APNIC, RIPE NCC, ARIN, LACNIC et l'AfriNIC.

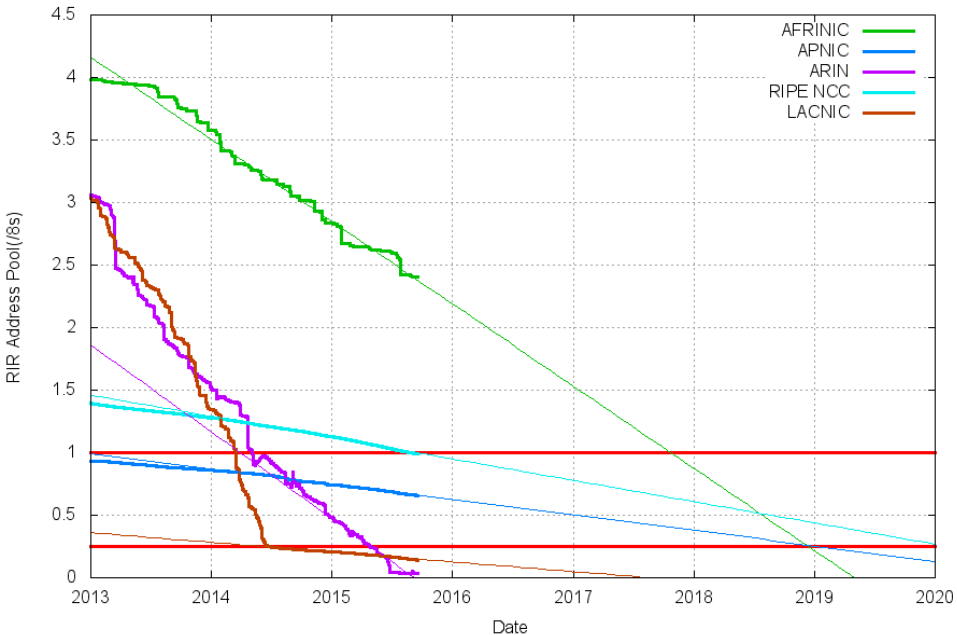
## Adresses disponibles

- ▶ L'IANA n'a plus d'adresse depuis le 31 janvier 2011.
- ▶ L'APNIC a atteint la pénurie le 15 avril 2011.
- ▶ RIPE NCC a atteint la pénurie le 14 septembre 2012.
- ▶ LACNIC a atteint la pénurie le 10 juin 2014.
- ▶ L'ARIN a atteint la pénurie en juillet 2015.

## Pas complètement en pénurie

Pour RIPE NCC et l'APNIC, les adresses actuellement allouées le sont dans le dernier bloc /8.

# RIR IPv4 Address Run-Down Model



# Épuisement des adresses IPv4

## IANA

L'organisation globale qui attribue des blocs d'adresses aux Registres Internet Régionaux (RIR) : APNIC, RIPE NCC, ARIN, LACNIC et l'AfriNIC.

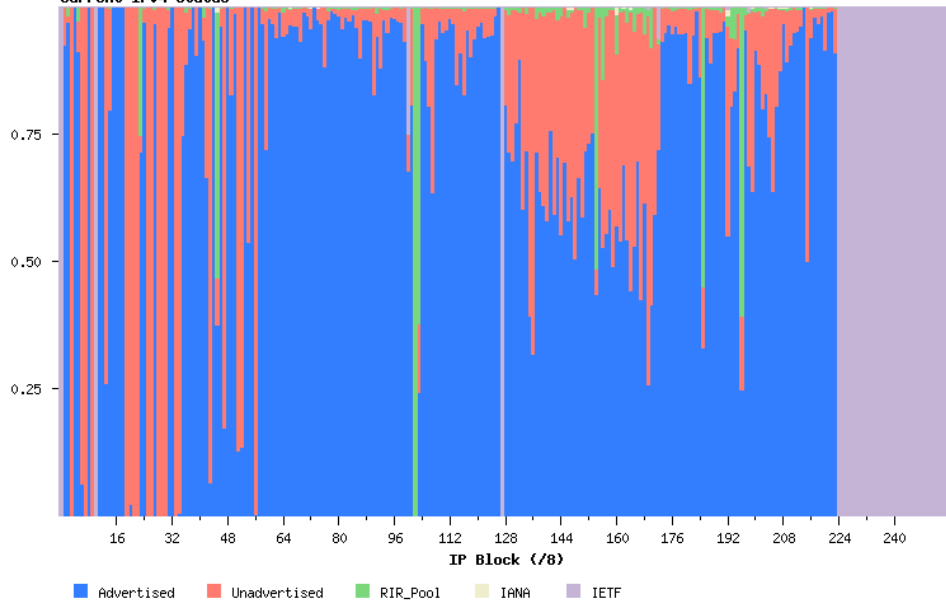
## Adresses disponibles

- ▶ L'IANA n'a plus d'adresse depuis le 31 janvier 2011.
- ▶ L'APNIC a atteint la pénurie le 15 avril 2011.
- ▶ RIPE NCC a atteint la pénurie le 14 septembre 2012.
- ▶ LACNIC a atteint la pénurie le 10 juin 2014.
- ▶ L'ARIN a atteint la pénurie en juillet 2015.

## Pas complètement en pénurie

Pour RIPE NCC et l'APNIC, les adresses actuellement allouées le sont dans le dernier bloc /8.

Current IPv4 Status



## Effet indirect : 512k day

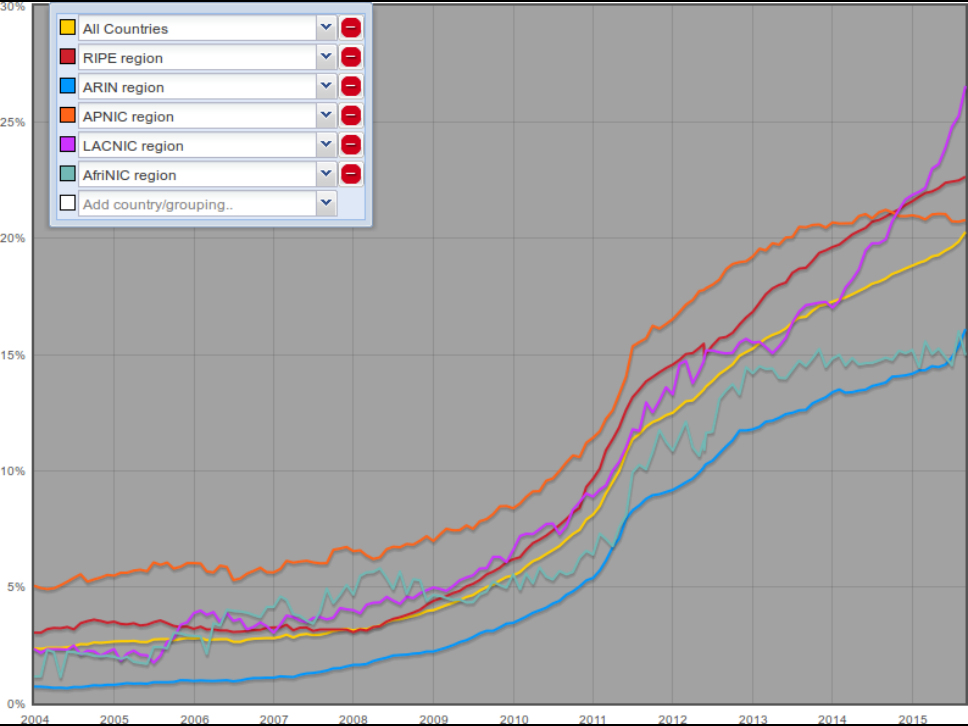
- ▶ Le 12 août 2014, plusieurs routeurs Cisco ont atteint leur limite mémoire.
- ▶ Déconnexion de plusieurs centres de données.
- ▶ Multiplication des sous-réseaux pour optimiser l'utilisation des adresses.
- ▶ Les tables de routage ne pouvaient plus stocker l'ensemble des routes.

## Solution : NAT + RFC1918

- ▶ Network Address Translation.
- ▶ Convertit une adresse publique et un port TCP/UDP en une adresse privé (une adresse par port).
- ▶ Limité par les pare-feux qui filtrent les ports.
- ▶ Fournit une sécurité relative : rejette toutes les requêtes par défaut.
- ▶ Une solution temporaire à l'origine.

## Solution : IPv6

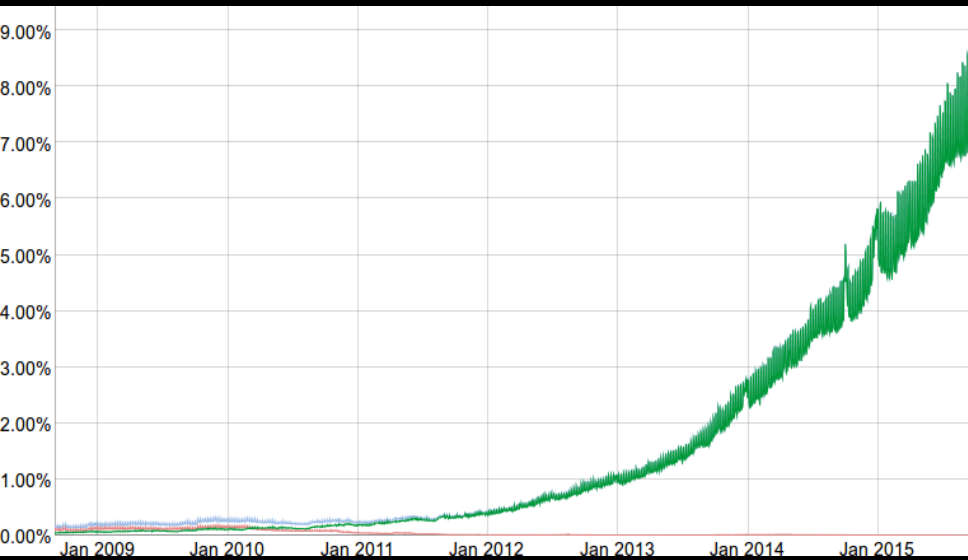
- ▶ Proposé en 1998.
- ▶ Les trois premiers bits sont toujours 001 (2000::/3). Il reste donc 7 tentatives au cas où les pratiques d'allocation se révèlent désastreuses.
- ▶ Progression constante mais encore faible.
- ▶ Événements marquants :
  - ▶ “World IPv6 Day”, le 8 juin 2011 (test)
  - ▶ “World IPv6 Launch Day”, le 6 juin 2012
- ▶ Mesurable de plusieurs façons :
  - ▶ coeur de réseau (Autonomous System)
  - ▶ utilisateur (client)
  - ▶ contenu (site Web)
  - ▶ préfixes alloués par les RIR (adresses de réseau)
  - ▶ offres d'emploi





## Solution : IPv6

- ▶ Proposé en 1998.
- ▶ Les trois premiers bits sont toujours 001 (2000::/3). Il reste donc 7 tentatives au cas où les pratiques d'allocation se révèlent désastreuses.
- ▶ Progression constante mais encore faible.
- ▶ Événements marquants :
  - ▶ “World IPv6 Day”, le 8 juin 2011 (test)
  - ▶ “World IPv6 Launch Day”, le 6 juin 2012
- ▶ Mesurable de plusieurs façons :
  - ▶ coeur de réseau (Autonomous System)
  - ▶ utilisateur (client)
  - ▶ contenu (site Web)
  - ▶ préfixes alloués par les RIR (adresses de réseau)
  - ▶ offres d'emploi

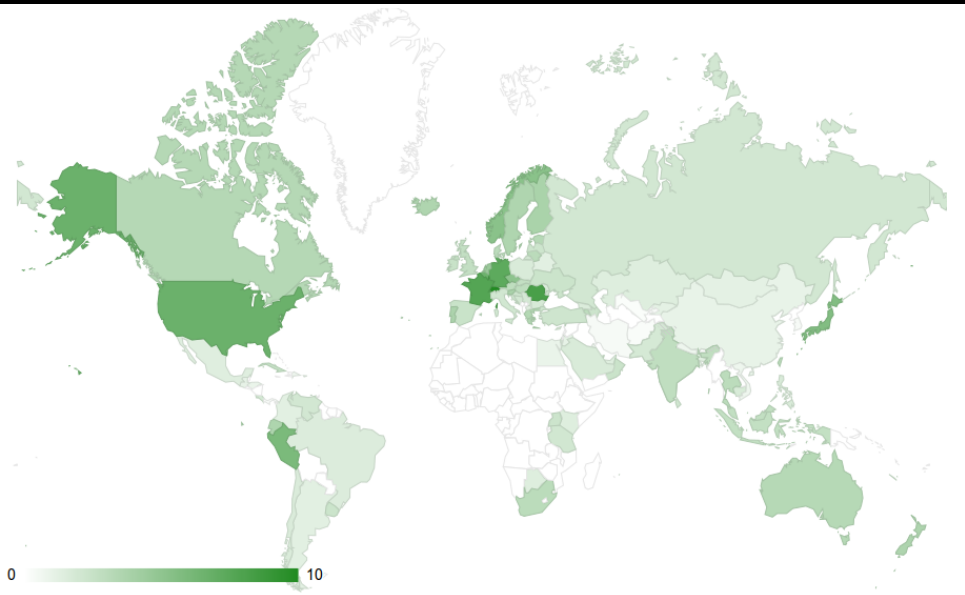


## Solution : IPv6

- ▶ Proposé en 1998.
- ▶ Les trois premiers bits sont toujours 001 (2000::/3). Il reste donc 7 tentatives au cas où les pratiques d'allocation se révèlent désastreuses.
- ▶ Progression constante mais encore faible.
- ▶ Événements marquants :
  - ▶ “World IPv6 Day”, le 8 juin 2011 (test)
  - ▶ “World IPv6 Launch Day”, le 6 juin 2012
- ▶ Mesurable de plusieurs façons :
  - ▶ coeur de réseau (Autonomous System)
  - ▶ utilisateur (client)
  - ▶ contenu (site Web)
  - ▶ préfixes alloués par les RIR (adresses de réseau)
  - ▶ offres d'emploi

## Solution : IPv6

- ▶ Proposé en 1998.
- ▶ Les trois premiers bits sont toujours 001 (2000::/3). Il reste donc 7 tentatives au cas où les pratiques d'allocation se révèlent désastreuses.
- ▶ Progression constante mais encore faible.
- ▶ Événements marquants :
  - ▶ “World IPv6 Day”, le 8 juin 2011 (test)
  - ▶ “World IPv6 Launch Day”, le 6 juin 2012
- ▶ Mesurable de plusieurs façons :
  - ▶ coeur de réseau (Autonomous System)
  - ▶ utilisateur (client)
  - ▶ contenu (site Web)
  - ▶ préfixes alloués par les RIR (adresses de réseau)
  - ▶ offres d'emploi



# Plan

Ethernet

IP

TCP

HTTP

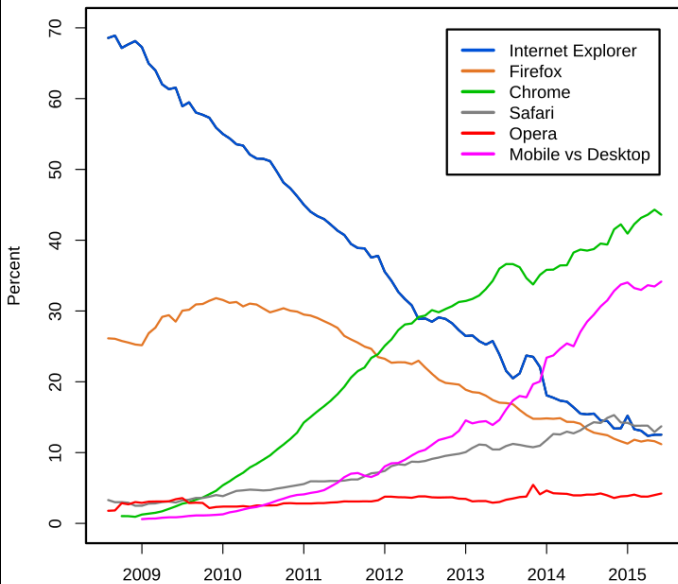
# Importance de Google

- ▶ Classement des sites les plus populaires :
  1. [google.com](http://google.com)
  2. [facebook.com](http://facebook.com)
  3. [youtube.com](http://youtube.com)
- ▶ Chrome : navigateur le plus utilisé depuis 2012.

## Stratégie de Google

- ▶ Parmi les mieux placés (présence massive du côté serveur et client) pour tester et déployer de nouvelles technologies à large échelle.
- ▶ Centrer sur la réactivité des applications Web.

## Usage share of web browsers



Year  
Source: StatCounter



# Importance de Google

- ▶ Classement des sites les plus populaires :
  1. [google.com](http://google.com)
  2. [facebook.com](http://facebook.com)
  3. [youtube.com](http://youtube.com)
- ▶ Chrome : navigateur le plus utilisé depuis 2012.

## Stratégie de Google

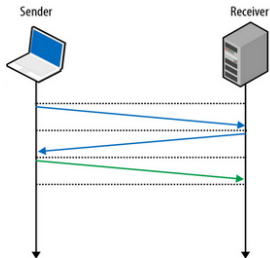
- ▶ Parmi les mieux placés (présence massive du côté serveur et client) pour tester et déployer de nouvelles technologies à large échelle.
- ▶ Centrer sur la réactivité des applications Web.

# QUIC

- ▶ Évolution de TCP pour réduire la latence (proposé par Google).
- ▶ Construit au dessus d'UDP avec une sécurité du niveau de TLS/SSL.
- ▶ Implémenté dans Chrome (depuis de 20 août 2013).
- ▶ Utilisé dans la moitié des connections entre Chrome et Google.

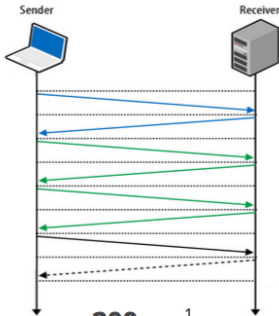
# Zero RTT Connection Establishment

## TCP



100 ms

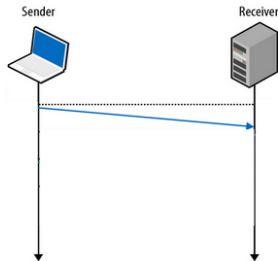
## TCP + TLS



200 ms<sup>1</sup>  
300 ms<sup>2</sup>

1. Repeat connection
2. Never talked to server before

## QUIC (equivalent to TCP + TLS)



0 ms<sup>1</sup>  
100 ms<sup>2</sup>

# Plan

Ethernet

IP

TCP

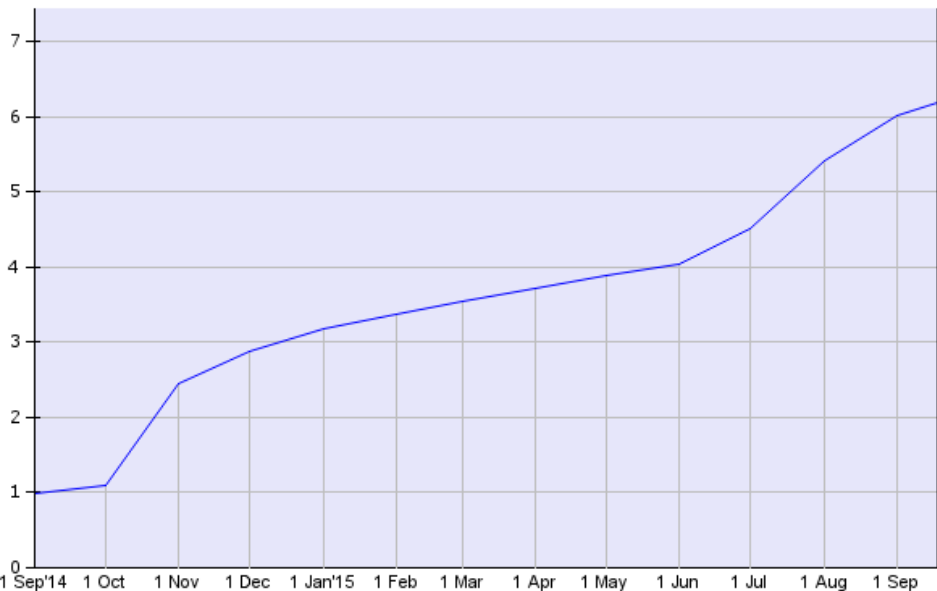
HTTP

# HTTP/2

- ▶ Standardisé en février 2015.
- ▶ Basé sur SPDY (proposé en 2009), une technologie portée par Google.
- ▶ L'objectif est de réduire le temps de chargement (compression de l'en-tête notamment).
- ▶ Adoption significative depuis 2015.

# Timeline





Usage of SPDY for websites, 18 Sep 2015, W3Techs.com