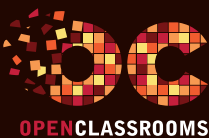


Éric Lalitte

APPRENEZ LE FONCTIONNEMENT DES RÉSEAUX

TCP/IP

4^e édition



● Éditions
EYROLLES

TCP/IP

4^e édition

Savez-vous réellement ce qui se passe lorsque vous vous connectez à un site web ? Découvrez dans cet ouvrage, conçu pour les débutants, les notions clés pour comprendre le fonctionnement d'Internet et des réseaux TCP/IP, ainsi que tout ce qui est nécessaire pour créer et administrer votre propre réseau local.

QU'ALLEZ-VOUS APPRENDRE ?

Comment communiquer sur un réseau local ?

- L'histoire d'Internet
- La création d'Internet, le modèle OSI
- Brancher les machines : la couche 1
- Faire communiquer les machines entre elles : la couche 2
- Le matériel de couche 2, le commutateur
- En pratique

Communiquer entre réseaux

- La couche 3 : relier des réseaux
- Découper une plage d'adresses
- Le routage
- Les autres protocoles

Communiquer entre applications

- Qu'est-ce qu'une application ?
- Rendre mes applications joignables sur le réseau
- La NAT et le port forwarding
- TP récapitulatif

Les services réseau

- Le service DHCP
- Le service DNS
- Le service web

Maîtriser ses applications et réseaux TCP/IP Nouveau

- Maîtriser le protocole IP
- Approfondir le protocole TCP et le suivi des connexions
- Mettre en œuvre une solution de messagerie complète

À PROPOS DE L'AUTEUR

Passionné par les réseaux informatiques et la pédagogie, c'est naturellement qu'Éric s'est tourné vers l'enseignement. Après 5 années de consulting en réseaux et sécurité, il intègre en 2004 l'école de ses rêves, IN'TECH, pour prendre en charge la filière Systèmes et Réseaux. Il en est le directeur depuis 2011. Ne trouvant pas d'ouvrages suffisamment représentatifs, à ses yeux, de la réalité d'Internet, il a décidé de mettre sur papier les cours qu'il délivre depuis plus d'une dizaine d'années.

L'ESPRIT D'OPENCLASSROOMS

Des cours ouverts, riches et vivants, conçus pour tous les niveaux et accessibles à tous gratuitement sur notre plate-forme d'e-éducation : www.openclassrooms.com. Vous y vivrez une véritable expérience communautaire de l'apprentissage, permettant à chacun d'apprendre avec le soutien et l'aide des autres étudiants sur les forums. Vous profiterez des cours disponibles partout, tout le temps.

APPRENEZ LE FONCTIONNEMENT DES RÉSEAUX

TCP/IP

DANS LA MÊME COLLECTION

M. NEBRA. – **Concevez votre site web avec PHP et MySQL.**

N° 67475, 3^e édition, 2017, 392 pages.

M. NEBRA. – **Réalisez votre site web avec HTML 5 et CSS 3.**

N° 67476, 2^e édition, 2017, 364 pages.

V. THUILLIER. – **Programmez en orienté objet en PHP.**

N° 14472, 2^e édition, 2017, 474 pages.

J. PARDANAUD, S. DE LA MARCK. – **Découvrez le langage JavaScript.**

N° 14399, 2017, 478 pages.

A. BACCO. – **Développez votre site web avec le framework Symfony3.**

N° 14403, 2016, 516 pages.

M. CHAVELLI. – **Découvrez le framework PHP Laravel.**

N° 14398, 2016, 326 pages.

R. DE VISSCHER. – **Découvrez le langage Swift.**

N° 14397, 2016, 128 pages.

M. LORANT, M. XHONNEUX. – **Développez votre site web avec le framework Django.**

N° 21626, 2015, 285 pages.

M. NEBRA, M. SCHALLER. – **Programmez avec le langage C++.**

N° 21622, 2015, 674 pages.

SUR LE MÊME THÈME

G. PUJOLLE. – **Les réseaux.**

N° 67535, 9^e édition, 2018, 800 pages.

Y. BOUGUEN, E. HARDOUIN, F-X. WOLFF. – **LTE et les réseaux 4G.**

N° 12990, 2012, 548 pages.

Retrouvez nos bundles (livres papier + e-book) et livres numériques sur
<http://izibook.eyrolles.com>

Éric Lalitte

APPRENEZ LE FONCTIONNEMENT DES RÉSEAUX

TCP/IP

4^e édition



● Éditions
EYROLLES

ÉDITIONS EYROLLES
61, bd Saint-Germain
75240 Paris Cedex 05
www.editions-eyrolles.com

En application de la loi du 11 mars 1957, il est interdit de reproduire intégralement ou partiellement le présent ouvrage, sur quelque support que ce soit, sans l'autorisation de l'Éditeur ou du Centre Français d'exploitation du droit de copie, 20, rue des Grands Augustins, 75006 Paris.

© OpenClassrooms, 2016
© Groupe Eyrolles, 2018
© Éditions Eyrolles, 2019. ISBN Eyrolles : 978-2-212-67776-8

Avant-propos

Savez-vous réellement ce qui se passe lorsque vous vous connectez à un site web ? Découvrez dans cet ouvrage les notions clés pour comprendre le fonctionnement d'Internet et des réseaux TCP/IP, ainsi que tout ce qui est nécessaire pour créer et administrer votre propre réseau local. Et même réparer ces pannes réseaux qui vous gâchent la vie et vous empêchent d'accéder à vos sites préférés !

Vous n'y connaissez rien aux réseaux ? Pas de soucis, cet ouvrage s'adresse justement aux débutants en programmation, aux développeurs de sites, aux administrateurs système en devenir et aux étudiants en école d'informatique.

Structure de l'ouvrage

Le plan de ce livre a été conçu pour faciliter votre apprentissage des réseaux TCP/IP. Cinq parties vous sont ainsi proposées pour apprendre à communiquer sur un réseau local, communiquer entre réseaux ou entre applications et enfin pour en savoir plus sur les services réseau.

S'ajoutent à cela de nombreux exercices (corrigés rassurez-vous !) et des TP pour vous permettre de passer de la théorie à la pratique.

Comment lire ce livre ?

Suivez l'ordre des chapitres

Lisez ce livre comme on lit un roman. Il a été conçu pour cela. Contrairement à beaucoup de livres techniques où il est courant de lire en diagonale et de sauter certains

chapitres, il est ici fortement recommandé de suivre l'ordre du livre, à moins que vous ne soyez déjà, au moins un peu, expérimenté.

Pratiquez en même temps

Pratiquez régulièrement. N'attendez pas d'avoir fini de lire ce livre pour allumer votre ordinateur.

Table des matières

Première partie – Comment communiquer sur un réseau local ?	1
1 L’histoire d’Internet	3
Une histoire de mailles	3
Internet aujourd’hui	5
2 La création d’Internet, le modèle OSI	7
Comment communiquer ?	7
Le modèle OSI	8
<i>Cartes d’identité des couches du modèle OSI</i>	10
<i>Règles d’or du modèle OSI</i>	11
Chaque couche est indépendante	11
Chaque couche ne peut communiquer qu’avec une couche adjacente	12
Ce qu’il faut retenir	13
3 Brancher les machines : la couche 1	15
La couche 1, ses rôles.	15
Les matériels, câbles.	16
<i>Les câbles coaxiaux</i>	16
Le câble coaxial 10B5	17
Le câble coaxial 10B2	18
<i>La paire torsadée</i>	19
<i>La fibre optique</i>	25
Le nom scientifique	26
La fibre aujourd’hui	26

La topologie réseau	27
<i>Les trois topologies</i>	27
<i>Caractéristiques</i>	28
Caractéristiques du bus.	28
Caractéristiques de l'anneau	29
Caractéristiques de l'étoile.	29
<i>Quelle topologie utiliser ?</i>	30
Le CSMA/CD	30
Ce qu'il faut retenir	32
4 Faire communiquer les machines entre elles : la couche 2	33
La couche 2, ses rôles.	33
Un identifiant, l'adresse MAC.	34
<i>Notation de l'adresse MAC</i>	34
Un peu de calcul binaire	34
Comment calculer en binaire ?	35
<i>Et l'adresse MAC là-dedans ?</i>	39
Codage de l'adresse MAC.	40
Trucs et astuces !	41
Une adresse MAC spéciale	42
<i>Et maintenant ?</i>	42
Un protocole, Ethernet.	42
<i>Le langage de couche 2, c'est quoi ?</i>	42
À quoi sert un protocole ?	43
<i>Format d'une trame Ethernet</i>	43
Et ensuite ?	44
Qu'est-ce que le CRC ?	45
<i>La trame complète</i>	46
Quelle taille pour la trame ?	46
Ce qu'il faut retenir	47
5 Le matériel de couche 2, le commutateur	49
Le commutateur en détail	49
<i>Aiguiller les trames</i>	50
<i>Mettre à jour la table CAM</i>	51
<i>Le TTL de la table CAM</i>	53
<i>Questions complémentaires</i>	55
<i>Exemple réel de table CAM</i>	55
<i>Trucs et astuces (de vilains...)</i>	56
La révolution du commutateur.	56
<i>La commutation m'a tuer</i>	57
Le full duplex m'a tuer	58
Un gain gigantesque	60
Pour aller plus loin, les VLAN	60
<i>Qu'est-ce qu'un VLAN ?</i>	61

<i>Quel est l'intérêt des VLAN ?</i>	62
Ce qu'il faut retenir	63
6 En pratique	65
La couche 2 sur ma machine	65
<i>Sous Windows</i>	65
En ligne de commande	66
À l'aide de l'interface graphique	67
<i>Sous Linux</i>	70
Accès par l'interface graphique	70
Accès en ligne de commande	70
Exercice 1 : quand la boucle est bouclée	71
Exercice 2 : le simulateur de réseaux	73
<i>Installation du logiciel</i>	73
Premiers pas avec trois hubs	73
Passons au switch	75
Exercice 3 : écriture d'une trame	76
Ce qu'il faut retenir	77
Deuxième partie – Communiquer entre réseaux	79
7 La couche 3 : relier des réseaux	81
La couche 3, ses rôles.	81
Un identifiant, l'adresse IP	84
<i>Quelques questions préliminaires.</i>	84
<i>Deux adresses pour le prix d'une !</i>	84
Une adresse multifonction.	84
Le masque de sous-réseau.	85
Le masque de sous-réseau et les difficultés associées	86
<i>Calcul de la partie réseau et de la partie machine d'une adresse</i>	86
<i>La contiguïté des bits.</i>	87
<i>Calculer des plages d'adresses</i>	88
Calculer la première et la dernière adresse d'une plage	88
Nombre d'adresses dans un réseau.	89
Adresse de réseau, adresse de broadcast.	90
Retour sur nos questions.	90
Le masque mis en pratique	91
<i>Adresse de réseau, de machine ou de broadcast ?</i>	91
Premier exemple	91
Des exemples plus complexes	92
Trucs et astuces !	93
Des adresses particulières	93
<i>Les RFC</i>	93

<i>La RFC 1918</i>	93
Ce qu'il faut retenir	95
8 Découper une plage d'adresses	97
Découper avec la méthode de base	97
<i>Une écriture pour les fainéants</i>	98
<i>Un premier découpage</i>	98
Vérifier le nombre d'adresses	98
Calcul des masques	99
Choisir des plages d'adresses	99
<i>La version compliquée du découpage</i>	101
<i>Les cas difficiles</i>	102
Découper avec la méthode magique	103
<i>Le nombre magique</i>	103
<i>Que faire avec le nombre magique ?</i>	103
<i>La méthode magique améliorée</i>	104
<i>Un exemple concret de découpage</i>	105
Étape 1 : calculer la plage d'origine	105
Étape 2 : calculer des masques	105
Étape 3 : calculer des plages	106
Résultat	106
<i>Quand ça se complique</i>	106
<i>Exercices</i>	108
Premier exemple	108
Second exemple... le même que le premier !	109
À vous de jouer	110
Ce qu'il faut retenir	110
9 Le routage	111
Le protocole, IP	111
<i>Le datagramme</i>	113
<i>L'encapsulation</i>	113
<i>Exemple</i>	115
<i>Revenons à notre protocole IP</i>	117
Le routage en détail	117
<i>Le routeur</i>	118
Exemple	119
La table de routage	120
La route par défaut	122
Exercice	122
Mettre en pratique le routage	131
<i>Installation</i>	131
Linux vs Windows	131
L'architecture	131
<i>Étape 1 : notre machine</i>	132
Sous Windows	132

Sous Linux	137
Étape 2 : mettre en place notre architecture	139
Un premier réseau simple	139
Créer des machines virtuelles	140
Réalisation du TP	145
Configuration du routeur	147
Étape 3 : pour ceux qui le souhaitent	152
Création des machines	152
Écriture des tables de routage	152
Configuration	152
Tests	153
Ce qu'il faut retenir	153

10 Les autres protocoles 155

Le protocole ARP	155
<i>Pourquoi encore un protocole ?</i>	155
Le protocole ARP en détail	156
La table ARP	157
Déroulement complet d'une requête ARP	158
Récapitulons tout cela !	159
<i>Détail de la communication</i>	159
Étape 1 : la machine locale	159
Étape 2 : le switch	160
Étape 3 : le routeur	160
Étape 4 : le retour du switch	161
Étape 5 : réception par la machine 192.168.1.2	161
En pratique : écouter le voisin	161
<i>Le principe</i>	162
<i>Mise en œuvre</i>	163
Installer Scapy	164
Un petit script d'automatisation	165
À l'attaque !	165
Améliorer l'attaque	168
Conséquences et objectifs de l'attaque	168
Améliorer encore l'attaque	169
Une autre amélioration de l'attaque	170
Le protocole ICMP	170
<i>Encore un protocole pour la couche 3 !</i>	170
Pourquoi un protocole supplémentaire ?	170
Fonctionnement du protocole	171
Messages automatiques	171
Exemple	172
Messages pour déboguer le réseau	174
<i>Exercice</i>	175
Ce qu'il faut retenir	175

Troisième partie – Communiquer entre applications	177
11 Qu'est-ce qu'une application ?	179
Le serveur	179
<i>Le serveur écoute</i>	180
<i>Conclusion</i>	181
Le client	181
12 Rendre mes applications joignables sur le réseau	183
La couche 4, ses rôles	183
Un identifiant : le port	184
<i>Définition</i>	184
<i>Exemple de port en écoute</i>	185
<i>Quelles adresses pour les ports ?</i>	187
Beaucoup de ports !	187
Liste des ports	187
Deux protocoles, TCP et UDP	189
<i>Deux protocoles pour le prix d'un !</i>	189
<i>UDP, la simplicité</i>	190
Le datagramme UDP	190
Les applications qui utilisent UDP	191
<i>TCP, tout envoi sera acquitté !</i>	192
Avant de communiquer, on assure la communication	192
Les drapeaux	192
Établir la connexion	193
Continuer la connexion	194
Fin de la connexion	195
Le segment TCP	196
Étude d'une connexion TCP complète	197
<i>Wireshark, l'explorateur du réseau</i>	197
Présentation de l'outil	197
Présentation de la fenêtre Wireshark	198
<i>Étude complète d'une connexion</i>	200
Installation de Wireshark	200
Lancement de la connexion et du sniffer	200
Étude des paquets	202
<i>Conclusion</i>	205
Ce qu'il faut retenir	206
13 La NAT et le port forwarding	207
Pourquoi la NAT ?	207
<i>Un peu d'histoire</i>	207
Les problèmes	207
La pénurie d'adresses	207
<i>L'accès à Internet via les adresses IP privées</i>	212

Fonctionnement de la NAT	213
<i>Principe</i>	213
Un peu de vocabulaire	213
Fonctionnement de la NAT dynamique	213
Utilisation des ports de la couche 4	215
La box entre en jeu	216
<i>Récapitulatif</i>	217
Des problèmes, encore des problèmes	217
Accéder à Internet c'est bien, mais pouvoir être joint c'est mieux !	218
<i>Le port forwarding</i>	220
Principe	220
Une solution sécurisée !	221
La limite du port forwarding	223
<i>Un exercice pas si facile !</i>	223
Énoncé	223
Ce qu'il faut retenir	227

14 TP récapitulatif **229**

Énoncé de l'exercice et comment le résoudre	229
<i>Comment procéder ?</i>	230
Au départ, notre machine	230
Envoyer la trame sur le réseau	231
Réceptionner la trame par la machine destinataire et réponse	231
Au cœur de notre machine	231
<i>De l'application au réseau</i>	231
En couche 7	232
En couche 4	232
En couche 3	233
En couche 2	234
Sur le réseau	235
<i>Un long voyage réseau</i>	235
Première rencontre sur le réseau	235
En route pour le routeur	236
Réception par la machine destinataire	239
<i>Réception des informations</i>	239
Réception de la trame en couche 2	239
Réception du datagramme en couche 3	239
Réception du segment en couche 4	240
Ce qu'il faut retenir	241

Quatrième partie – Les services réseau **243**

15 Le service DHCP **245**

Principe du DHCP	245
<i>Le DHCP expliqué</i>	245

Un protocole pour distribuer des adresses IP	246
Mettre en place un serveur DHCP	247
<i>Installation et configuration</i>	248
<i>Test de la solution</i>	249
Ce qu'il faut retenir	250
16 Le service DNS	251
Présentation du DNS.	251
<i>Un arbre avec des branches</i>	252
Une arborescence ordonnée	252
Trucs et astuces !	253
<i>La résolution, comment ça marche ?</i>	253
<i>La gestion internationale des noms de domaines.</i>	255
Configurer Bind	255
<i>Préparation.</i>	256
<i>Installation de Bind9</i>	256
<i>Configuration du serveur maître</i>	257
Déclarer les zones	257
Configurer la zone du serveur maître	257
<i>Configurer le serveur esclave</i>	261
<i>Résolution inverse</i>	262
<i>Vérification.</i>	263
Exercice	264
Ce qu'il faut retenir	264
17 Le service web	265
Description du service.	265
<i>Principe du Web</i>	265
Le protocole HTTP	266
Les différents serveurs web	266
Mise en place et configuration	267
<i>Installer Apache</i>	267
<i>Configurer Apache2</i>	268
Pour aller plus loin	275
<i>Bidouillons gaiement !</i>	275
index.tutu	276
Ajouter des fichiers d'index à Apache2	276
Ajouter des types à Apache2	277
<i>Utiliser des Virtualhosts (hôtes virtuels).</i>	278
Configurer le DNS	279
Configurer les virtualhosts	280
<i>Un répertoire venu d'ailleurs.</i>	282
Un lien plus que familial	282
Une page pour tous !	283
Ce qu'il faut retenir	285

Cinquième partie – Maîtriser ses applications et réseaux TCP/IP 287

18 Maîtriser le protocole IP	289
Détailler l'en-tête IP	289
<i>Le format de l'en-tête</i>	289
<i>Détail des champs de l'en-tête</i>	291
Première ligne	291
Deuxième ligne	294
Troisième ligne	294
Quatrième et cinquième lignes	294
Sixième ligne	294
Fragmenter les paquets	295
<i>Découper des fragments</i>	296
<i>Identification et assemblage des fragments</i>	298
<i>Premier exercice de fragmentation</i>	301
<i>Deuxième exercice, plus complexe</i>	305
Exercice d'entraînement	309
Ce qu'il faut en retenir	310
Pour aller plus loin	310
<i>Correction de l'exercice</i>	310
S'initier au scan de ports	313
<i>Qu'est-ce qu'un scan de ports ?</i>	313
<i>Comment voir les ports ouverts sur ma machine ?</i>	313
<i>Que sont les états des connexions ?</i>	316
<i>À quoi sert un scan de ports ?</i>	316
<i>Comment fonctionne un scan de ports ?</i>	317
Fonctionnement d'une connexion en UDP	317
Fonctionnement d'une connexion en TCP	319
Lancer le scan de ports	320
<i>Pourquoi faire un scan de ports ?</i>	321
Tester ses propres systèmes	322
Tester les systèmes des autres	322
Pour aller plus loin : fonctionnalités avancées	322
Scanner une machine avec la technique idle port scan	323
<i>La technique idle port scan</i>	323
<i>Comment est-ce possible ?</i>	323
<i>La théorie du scan de port</i>	323
<i>L'IPID</i>	324
<i>Le déroulement du scan complet</i>	325
<i>Limitations</i>	326
<i>La mise en pratique</i>	326
Étape 1 : trouver un voisin	326
Réalisation de l'idle port scan	328
<i>Conclusion</i>	330
19 Approfondir le protocole TCP et le suivi des connexions	331
L'en-tête TCP	331

Effectuer le suivi des connexions TCP	334
<i>Établissement d'une connexion TCP</i>	335
<i>Rétablissement de la vérité (la vraie)</i>	337
<i>Suivi d'une connexion TCP</i>	338
<i>Fermeture de la connexion TCP</i>	340
<i>Conclusion</i>	341
S'exercer au suivi de connexion	341
<i>Exercice 1 : suivi de connexion un peu plus complexe</i>	341
<i>Exercice 2 : étude d'une trace Wireshark</i>	342
<i>Correction des exercices</i>	343
Exercice 1	343
Exercice 2	345
Mettre en place le suivi des connexions TCP et la sécurité avec le blind spoofing	346
<i>L'attaque de Noël</i>	347
<i>L'attaque, en théorie</i>	347
La faille de l'ISN et le non-respect de la RFC	350
Comment connaître le compteur du serveur ?	351
Faites-moi taire cette machine !	351
Principe du SYN flood	352
Revenons à notre attaque	352
<i>Déroulement complet de l'attaque</i>	352
Étape 1 – Flood sur la machine A	352
Étape 2 – Récupération de l'ISN du serveur à un instant <i>t</i>	353
Étape 3 – Envoi d'un faux segment SYN au serveur en se faisant passer pour la machine A	355
Étape 4 – Envoi d'un segment ACK de réponse avec le bon numéro d'acquittement	356
Étape 5 – Validation de la connexion par le serveur	356
<i>Conclusion</i>	357

20 Mettre en œuvre une solution de messagerie complète 359

S'initier à la messagerie	359
<i>Principes de fonctionnement</i>	359
L'envoi et la réception des e-mails hors connexion	360
Récupération de l'e-mail par l'utilisateur final	361
Maîtriser le protocole SMTP	363
<i>Mettre en œuvre le serveur SMTP</i>	363
Principes	363
Installation	363
Configurer Postfix	365
Un premier envoi d'e-mail	368
Mise en place de boîtes de réception virtuelles	372
Une remarque intéressante en passant	378
<i>Installer une base de données SQL</i>	379
Installation et configuration des paquets	379
Création de la base et des tables	380
Notre premier test, enfin !	388

<i>Utilisation complète du protocole SMTP</i>	389
Envoi à une adresse extérieure	389
Le protocole SMTP aujourd'hui	393
Blocage du SMTP	393
Les listes noires	395
<i>En résumé</i>	396
Maîtriser le protocole IMAP	396
<i>Mettre en œuvre le serveur IMAP</i>	397
Principes	397
Installation	397
Configuration du service	398
Une dernière vérification	402
Mettre en place une solution de messagerie	403
<i>Installer le serveur web</i>	403
<i>Installer le webmail</i>	406
Récupération des outils nécessaires et installation de RainLoop	406
Création d'un virtualhost dédié pour notre webmail	407
<i>Configurer le webmail</i>	409
Changement du mot de passe du compte administrateur	410
Configuration pas à pas	410
<i>Connexion au webmail</i>	412
<i>Conclusion</i>	414
En pratique : administrer notre solution de messagerie	414
<i>Comment fonctionne une interface d'administration ?</i>	415
<i>Ajouter des utilisateurs</i>	415
Une page pour relancer nos services	423
<i>Quelques mises en garde</i>	428

Index

Première partie

Comment communiquer sur un réseau local ?

Dans cette partie nous allons aborder l'histoire d'Internet. Nous verrons aussi les différents éléments qui composent le réseau et comment les machines arrivent à communiquer ensemble.

1

L'histoire d'Internet

Nous voilà prêts à plonger dans le fonctionnement d'Internet ! Mais avant toute chose, essayons de comprendre pourquoi et comment nous en sommes arrivés là.

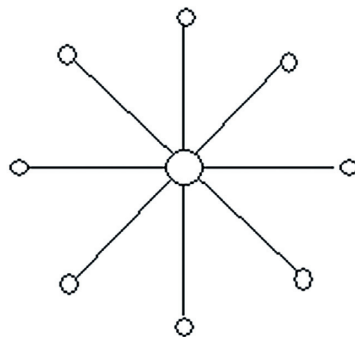
Je vous propose dans ce chapitre une petite histoire d'Internet...

Une histoire de mailles

Internet a été créé au départ pour une raison bien particulière.

Dans les années 1950, les communications s'établissaient « point à point », c'est-à-dire qu'on ne pouvait communiquer qu'avec une seule machine à la fois. Les chercheurs qui devaient communiquer avec plusieurs autres chercheurs lors de réunions, se sont alors rendu compte qu'il serait intéressant de pouvoir le faire en temps réel, plutôt que de passer d'un interlocuteur à l'autre successivement.

Ils ont donc cherché à créer un nouveau moyen de communication qui ne serait plus centralisé, **mais maillé**.



Réseau de communication centralisé

Ainsi, toute information pourrait passer par différents points, et que si certains points disparaissaient, cela n'empêcherait pas l'information de circuler. Observez donc la figure suivante : vous pouvez voir qu'avec un réseau de communication maillé, si un point de communication n'est plus en état de fonctionner, l'information peut passer par un chemin différent.



Schéma d'un réseau maillé

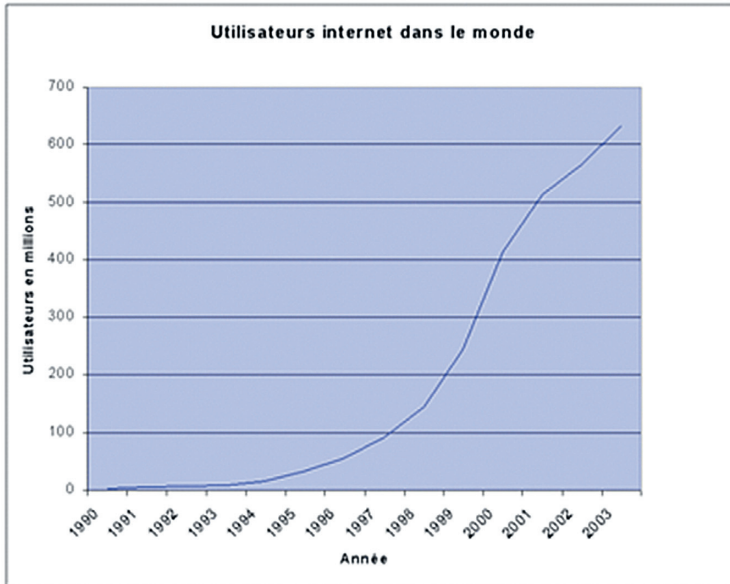
Maintenant que l'idée est posée, il reste à la mettre en œuvre !

Les chercheurs vont travailler dessus et notamment mettre en place un réseau pour l'armée. C'est seulement au **début des années 1960** que l'on voit apparaître des textes décrivant les prémices de ce que sera par la suite Internet.

À la **fin des années 1960**, l'Arpanet, l'ancêtre d'Internet, ne comportait que quatre machines ! Les protocoles utilisés alors ne permettaient pas d'atteindre les buts fixés, à savoir de faire dialoguer des machines provenant de plusieurs réseaux en utilisant différentes technologies de communication.

C'est alors que les chercheurs se sont orientés vers la création d'autres protocoles de communication, et notamment TCP/IP. Internet a continué de croître au fil des années, mais c'est **en 1990** qu'une révolution va permettre sa croissance réelle : le langage HTML et le protocole d'échange HTTP, qui ont permis la création de pages web.

Tout va s'accélérer alors avec la création des premiers navigateurs capables d'afficher des images, et la libération de l'utilisation des noms de domaine. La figure suivante montre la progression phénoménale d'Internet dans les **années 1990-2000**.



Évolution des utilisateurs d'Internet
(source : Wikipédia)

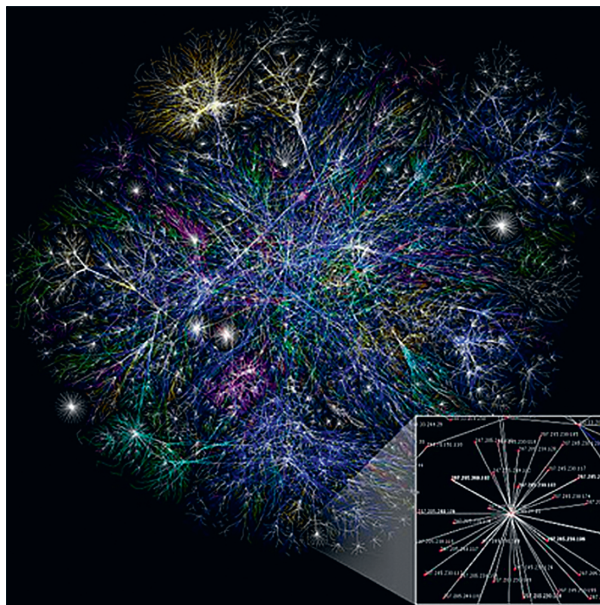
Internet aujourd'hui

Aujourd'hui, Internet c'est **3,4 milliards** d'internautes et **200 millions** de serveurs. Parmi ces internautes, nous pouvons observer des disparités à travers le monde :



- 42 % des internautes viennent d'Asie ;
- le pays le plus internetisé est... la Corée du Sud ;
- les internautes français représentent 1,6 % du total des internautes ;
- 78 % des Américains ont Internet contre 10 % des Africains ;
- une personne sur trois dans le monde a accès à Internet ;
- le nombre d'internautes entre 2000 et 2010 a été multiplié par 4,5 ;
- la croissance d'Internet en Afrique est de 2 360 % entre 2000 et 2010 !

Je ne vais pas continuer à vous abreuver de chiffres, bien que certains soient étonnants. Voyons plutôt le graphique présenté en figure suivante, il représente les connexions entre machines d'Internet. Prenez votre loupe !



Connexions entre machines d'Internet
(source : Wikipédia)

Cependant, n'oublions pas notre objectif premier : **comprendre le fonctionnement d'Internet**. Donc fini de rêvasser, passons aux choses sérieuses !

Maintenant que nous connaissons une partie de l'histoire d'Internet, il est grand temps de nous plonger dans son fonctionnement, notamment en étudiant sa création.

2

La création d'Internet, le modèle OSI

Nous sommes près de 1,8 milliards d'internautes aujourd'hui. Internet est une gigantesque toile d'araignée.

Comment est-ce possible de faire communiquer autant de machines ?

Comment ne pas s'y perdre dans ce dédale d'informations ?

Nous allons étudier cela de plus près, en essayant tout d'abord de comprendre comment Internet a été créé et quelles sont les normes mises en œuvre pour orchestrer ce bal d'informations.

Comment communiquer ?

Imaginez que vous puissiez communiquer à chaque instant, quand vous le voulez, avec n'importe qui dans le monde ! C'est ce que nous propose Internet.

Il n'est déjà pas facile de s'exprimer lorsque nous sommes un petit groupe de 10 personnes, difficile lorsque nous sommes 100 et quasiment impossible quand nous sommes 1 000. Internet propose donc de relever le défi de pouvoir communiquer tous ensemble, en même temps, quand nous le souhaitons. Pour arriver à cette prouesse, il a bien entendu fallu créer un système de communication complexe permettant aux machines d'échanger entre elles.



Comment ce modèle de communication a-t-il pu être créé ?

Pour répondre à cette question, le plus simple est de partir de nos acquis en termes de communication.

Commençons par un petit inventaire des moyens de communication à notre disposition :

- la parole ;
- le téléphone ;
- le courrier ;
- le pigeon voyageur ;) ;
- etc.

Essayons maintenant de comprendre quels sont les éléments qui composent ces moyens de communication.

Pour la parole, nous avons besoin :

- d'un émetteur ;
- d'un récepteur ;
- d'un support de transmission (l'air).

Pour le téléphone, c'est un peu pareil sauf que nous avons besoin d'un élément complémentaire qui est l'intermédiaire entre la parole et l'électronique. En effet, on transforme la parole en signaux électriques, lesquels arrivent côté récepteur et sont de nouveau transformés en paroles. Nous voyons qu'il y a une *encapsulation* de l'information.

Nous retrouvons ce système d'encapsulation dans le courrier, pour lequel nous avons besoin :

- d'un émetteur ;
- d'un récepteur ;
- d'un support de transmission (la lettre) ;
- d'un contenant (l'enveloppe) ;
- d'un intermédiaire (La Poste).

Ainsi, nous commençons à comprendre ce dont nous avons besoin pour communiquer.



Est-ce que tout ceci peut s'appliquer aux ordinateurs ? Comment allons-nous faire pour parler tous en même temps ? Comment communiquer avec l'autre bout du monde instantanément ?

Nous allons voir par la suite comment les chercheurs ont fait pour passer des principes de communication humains à des principes de communication pour ordinateurs.

Ils ont ainsi regroupé l'ensemble de leurs recherches et de leurs résultats dans une norme que devront respecter les personnes se connectant à Internet.

Il s'agit du **modèle OSI** !

Le modèle OSI

Le modèle OSI est né en 1984. Les plus observateurs d'entre vous auront remarqué que celui-ci est apparu après la naissance d'Internet !

La raison est simple : le modèle OSI est né quand nous avons commencé à avoir une certaine expérience des communications entre ordinateurs. Il tient donc compte des

communications existantes, mais aussi des communications futures et de leurs évolutions potentielles.

Son objectif est de normaliser les communications pour garantir un maximum d'évolutivité et d'interopérabilité entre les ordinateurs.



Tout cela est fort sympathique, mais qu'est-ce que le modèle OSI ?

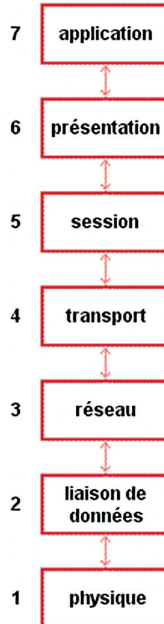
Le modèle OSI est une norme qui préconise comment les ordinateurs devraient communiquer entre eux.

Ainsi, si vous voulez faire communiquer votre grille-pain avec votre lave-vaisselle, il faudra vous appuyer sur le modèle OSI, ou du moins vous en inspirer le plus possible. Cela impliquera notamment le respect de la communication par couches.



En quoi consistent ces couches ?

Le modèle OSI est un modèle en couches. Cela signifie qu'il est découpé en plusieurs morceaux appelés « couches », chacune ayant un rôle défini (figure suivante).



Le modèle OSI

Nous voyons ici que le modèle OSI a sept couches. Chacune possède un nom différent.



Pourquoi 7 couches ?

Comme indiqué précédemment, pour mettre en place une communication, il faut mettre en œuvre un certain nombre d'éléments, comme l'émetteur, le récepteur, le langage, etc. Les chercheurs ont réfléchi au nombre d'éléments principaux qu'il faudrait mettre en place pour communiquer et ils en ont mis **7** en évidence !

Chaque couche du modèle OSI va donc avoir un rôle particulier, une tâche à accomplir. L'ensemble de ces tâches permettra de communiquer d'un ordinateur à un autre.

Examinons ces couches un peu plus en détail...

Cartes d'identité des couches du modèle OSI

La **couche 1** ou « couche physique » :

- Nom : physique.
- Rôle : offrir un support de transmission pour la communication.
- Rôle secondaire : RAS.
- Matériel associé : le *hub*, ou concentrateur.

La **couche 2** ou « couche liaison » :

- Nom : liaison de données.
- Rôle : connecter les machines entre elles sur un *réseau local*.
- Rôle secondaire : détecter les erreurs de transmission.
- Matériel associé : le *switch*, ou commutateur.

La **couche 3** ou « couche réseau » :

- Nom : réseau.
- Rôle : interconnecter les réseaux entre eux.
- Rôle secondaire : fragmenter les paquets.
- Matériel associé : le routeur.

La **couche 4** ou « couche transport » :

- Nom : transport.
- Rôle : gérer les connexions applicatives.
- Rôle secondaire : garantir la connexion.
- Matériel associé : RAS.

La **couche 5** ou « couche session » : on s'en fiche !

Oui, vous avez bien lu ! Au-delà de la couche 4, les couches sont sans intérêt ! ou presque...

La raison est simple : le modèle OSI est un modèle théorique. Le modèle sur lequel s'appuie Internet aujourd'hui est le modèle TCP/IP. Or, ce modèle n'utilise pas les couches 5 et 6, donc... on s'en fiche !

Vient ensuite la couche 7, pour laquelle tout ce qui précède est mis en place. Elle correspond au grand manitou, au patron, à **l'application** !

La **couche 7** ou « couche application » :

- Nom : application.
- Rôle : RAS.
- Rôle secondaire : RAS.
- Matériel associé : le proxy.



Si la couche 7 n'a pas de rôle, pourquoi existe-t-elle ?

Elle est là pour représenter les applications pour lesquelles nous allons mettre en œuvre des communications.

Ce n'est donc pas cette couche en elle-même que nous allons étudier, mais les couches qui lui rendent service et acheminent les informations, soit les couches 1 à 4.

Ces couches 1 à 4 sont appelées les « couches réseau ». Ce sont elles qui ont la responsabilité d'acheminer les informations d'une machine à une autre, pour les applications qui le demandent.

Avant d'examiner plus en détail les couches, nous allons préciser le cadre d'utilisation du modèle OSI.

Règles d'or du modèle OSI

Le modèle OSI étant une norme, il doit indiquer, aux personnes voulant mettre en place des réseaux, comment travailler. Plus exactement, cela permet aux constructeurs de matériels de réseau de savoir comment fabriquer leurs matériels, et donc de garantir la compatibilité entre eux.

Si chacun respecte la norme, ça fonctionne !

Nous avons vu que chaque couche a un rôle qu'il faudra respecter. Ainsi, la couche 2 ne s'occupera jamais de la communication entre réseaux. De même, la couche 3 ne s'occupera pas de la communication sur un réseau local, etc.

Le modèle OSI ajoute deux règles plus générales entre les couches :

- chaque couche est indépendante ;
- chaque couche ne peut communiquer qu'avec une couche adjacente.

Chaque couche est indépendante

L'impact de cette règle sera que les informations utilisées par une couche ne pourront pas être utilisées par une autre couche.

Par exemple, pour ceux qui connaissent déjà un peu le réseau, l'adresse IP qui est une adresse de couche 3 ne pourra pas être utilisée par une autre couche, sous peine de ne pas respecter le modèle OSI.

Cela va permettre de garantir l'évolution des communications dans le temps.

En utilisant Internet aujourd'hui, sans le savoir, vous utilisez le protocole IPv4 pour la couche 3. Demain, nous allons passer au protocole IPv6 pour des raisons que nous expliciterons avec la couche 3.

Si jamais nous utilisons des adresses IPv4 dans une autre couche, le jour où nous changerons le protocole de couche 3 qui utilise les adresses IPv4, nous devons aussi changer le ou les protocoles qui utilisent cette adresse.



Rendre les couches indépendantes garantit leur interchangeabilité.

Cela veut dire qu'on pourra changer un protocole associé à une couche sans avoir besoin de changer toutes les couches du modèle OSI.

C'est un peu comme si vous aviez une commode avec des tiroirs. Vous pouvez remplacer un tiroir cassé sans avoir à changer toute la commode !

Chaque couche ne peut communiquer qu'avec une couche adjacente

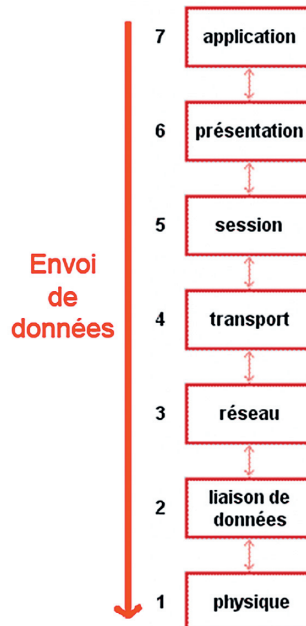
Pour comprendre cette règle, vous allez devoir comprendre comment les machines se servent du modèle OSI pour communiquer.

Vous êtes devant votre ordinateur et votre navigateur préféré. Vous entrez l'adresse d'un site dans la barre d'adresse, et le site apparaît aussitôt.

Sans le savoir, vous avez utilisé le modèle OSI !

En gros, l'application (le navigateur) de couche 7 s'est adressée aux couches réseau pour que celles-ci transmettent l'information à l'application demandée sur la machine demandée (le serveur web sur la machine google.com, par exemple).

Lors d'un envoi, nous parcourons donc les couches du modèle OSI de haut en bas, de la couche 7 à la couche 1.



Envoi dans le modèle OSI

Ainsi, grâce à la seconde règle du modèle OSI, **nous garantissons que lors de l'envoi d'informations, toutes les couches du modèle OSI vont être parcourues.**

Ceci est garanti, car nous partons de la couche 7, et la règle nous dit qu'une couche ne peut communiquer qu'avec une couche adjacente. La couche 7 ne pourra donc communiquer qu'avec la couche située directement sous elle, à savoir la couche 6.

En fait, c'est presque vrai, car comme vous le savez maintenant, le modèle OSI n'est qu'un modèle théorique, et la couche 7 s'adresse directement aux couches réseau pour communiquer, soit directement à la couche 4, qui s'adresse à la couche 3, qui s'adresse à la couche 2...



Nous pouvons ainsi garantir que tous les rôles associés à chaque couche, et donc nécessaires à la communication, vont être remplis !

Ce qu'il faut retenir

- Le modèle OSI est une norme précisant comment les machines doivent communiquer entre elles.
- C'est un modèle théorique, le modèle réellement utilisé étant le modèle TCP/IP.
- Le modèle OSI possède 7 couches.
- Chaque couche a un rôle particulier.
- Les couches 1 à 4 sont les couches réseau.
- Les couches réseau offrent le service de communication à la couche applicative.
- Chaque couche est indépendante des autres.
- Chaque couche ne peut communiquer qu'avec une couche adjacente.
- Lors de l'envoi de données, on parcourt le modèle OSI de haut en bas, en traversant toutes les couches.
- Deux règles d'or sont associées à ce modèle, elles permettent de garantir sa bonne utilisation.