

Préface

Bienvenue dans la sixième édition de ce livre ! Chaque édition marque le passage à une nouvelle phase dans la façon d'utiliser des réseaux d'ordinateurs. À l'époque de la première édition, en 1980, les réseaux n'étaient qu'une simple curiosité pour les chercheurs. Lorsque la deuxième édition est sortie, en 1988, les universités et les grandes entreprises les avaient adoptés. La troisième édition a vu le jour en 1996. Les réseaux informatiques, notamment Internet, étaient devenus entre-temps une réalité quotidienne pour des millions de personnes. En 2003, la quatrième édition a témoigné de l'apparition des réseaux sans fil et de l'informatique mobile pour accéder au Web et à Internet. La cinquième édition, en 2011, a fait état de l'apparition des réseaux de distribution de contenu (notamment de vidéos avec les CDN ainsi que les réseaux poste à poste) et des téléphones mobiles. La sixième édition, quant à elle, coïncide avec la recherche de performances de plus en plus élevées, les réseaux de téléphonie cellulaire 5G, l'Ethernet à 100 Gbit/s et le Wi-Fi 802.11ax offrant des vitesses jusqu'à 11 Gbit/s.

Nouveautés de la sixième édition

La nouveauté fondamentale de cette édition est le renforcement de son équipe. Nous accueillons en effet comme troisième coauteur le professeur Nick Feamster, diplômé de MIT et professeur titulaire à l'université de Chicago.

Le chapitre 8, consacré à la sécurité, a été revu en profondeur par le professeur Herbert Bos de l'Université libre d'Amsterdam. Auparavant cantonné à la cryptographie, le contenu s'intéresse dorénavant à la sécurité des réseaux de façon plus globale. Nous remercions chaleureusement le professeur Bos pour avoir restructuré le chapitre afin de présenter les problématiques de piratage, les attaques DoS et autres sujets faisant quasi quotidiennement la une des actualités. Le chapitre s'attache, notamment, aux points faibles des réseaux, aux solutions visant à les corriger, à la façon dont les pirates répondent aux mesures de protection, aux actions de défense. De façon à accorder suffisamment d'espace à ces nouveaux sujets relatifs à la sécurité, la partie concernant la cryptographie a été légèrement allégée.

Le livre regorge de modifications et d'enrichissements dans tous les chapitres, afin de rester en phase avec le monde des réseaux informatiques en perpétuelle évolution. Passons en revue les principales évolutions chapitre par chapitre.

- Le **chapitre 1** conserve son rôle d'introduction générale, mais son contenu a été mis à jour, principalement en matière d'architectures de téléphonie cellulaire moderne

– en particulier, de la 4G et de la 5G. La description des réglementations applicables sur Internet a été enrichie, notamment à propos de la neutralité du Net.

- Le **chapitre 2** a été mis à jour pour accueillir une présentation des médias physiques dans les réseaux d'accès, principalement la fibre optique et DOCSIS. Les dernières évolutions en matière d'architecture de réseaux cellulaires viennent enrichir la présente édition et la section concernant les réseaux satellitaires a été, elle aussi, sensiblement mise à jour. Les technologies émergentes telles que la virtualisation ont été ajoutées, ainsi que les opérateurs de réseaux virtuels MVNO et les techniques de subdivision de cellules réseaux. L'aspect réglementaire a été revu pour accueillir la problématique des réseaux sans fil, par exemple la bonne utilisation du spectre de fréquences.
- Dans le **chapitre 3**, nous avons choisi de présenter DOCSIS comme exemple de protocole. La section sur les codes de correction d'erreurs conserve bien sûr toute sa place.
- Le **chapitre 4** a été actualisé avec de nouvelles descriptions des réseaux Ethernet à 40 Gbit/s et à 100 Gbit/s, ainsi que des réseaux sans fil 802.11ac, ad et ax. Une explication de la sous-couche MAC des réseaux de télévision par câble a été ajoutée dans le cadre de DOCSIS. En revanche, la présentation de 802.16 a été supprimée, puisqu'il semble que cette technologie soit en train de perdre son combat face aux technologies cellulaires 4G et 5G. La section sur l'identification par radiofréquence (RFID) a également été supprimée pour laisser la place à d'autres descriptions, d'autant que ce sujet n'était pas directement concerné par les réseaux.
- Le **chapitre 5** a été actualisé de sorte à reformuler les discussions concernant la gestion des congestions. Les parties concernant la gestion du trafic ont elles aussi été amendées. Le chapitre s'enrichit grâce à une nouvelle section dédiée aux réseaux définis par logiciel SDN, au rang desquels OpenFlow et les équipements programmables tels que Tofino. Des applications émergentes de la technologie SDN sont présentées, en particulier la télémétrie réseau en ligne. La section concernant IPv6 a également été actualisée.
- Le **chapitre 6** a été revu afin d'intégrer de nouveaux éléments concernant les protocoles de transport moderne que sont TCP Cubic, QUIC et BBR. La section consacrée à la mesure des performances a été revue pour se concentrer sur la mesure des débits réseaux. Elle s'attache en particulier aux défis que pose la mesure des performances des réseaux d'accès, compte tenu des débits croissants proposés par les FAI. Le chapitre accueille également une présentation de la mesure de la qualité de l'expérience utilisateur, qui est un domaine nouveau dans la mesure des performances.
- Le **chapitre 7** a été revu de fond en comble. Ainsi, plus de 60 pages de l'ancienne édition ont été supprimées. La section concernant le DNS a été entièrement refondue pour présenter les développements les plus récents en la matière, notamment la tendance forte à crypter les échanges DNS dans un souci d'améliorer la confidentialité. Nous présentons des protocoles récents tels que le DNS sur HTTPS (DoH) ainsi que d'autres techniques de maintien de la sécurité DNS. La section

concernant le Web a été mise à jour pour tenir compte de la tendance au cryptage Web. La problématique de protection de la vie privée et le pistage, qui sont devenus des sujets majeurs, n'ont pas été oubliés. Le chapitre fait la part belle à une toute nouvelle section consacrée à la confidentialité sur le Web, à une discussion des technologies de distribution de contenus modernes (les réseaux CDN) et des enrichissements dans la présentation des réseaux poste à poste. La section finale présentant le futur d'Internet a évidemment été actualisée pour tenir compte de l'irruption des services d'infonuage, ou cloud.

- Le **chapitre 8** a été profondément retravaillé. Dans les éditions précédentes, il se concentrait sur la cryptographie comme mesure de protection des informations. La cryptographie n'est qu'un aspect parmi d'autres ; la lecture des incidents de sécurité réels montre que ce n'est pas au niveau du chiffrement que se situent les problèmes. Nous avons en conséquence ajouté du contenu à propos des principes de sécurité, des principales techniques d'attaque, des moyens de défense et des différentes mesures de sécurisation des systèmes. C'est pourquoi nous avons supprimé la présentation de certaines techniques de chiffrement désormais obsolètes et ajouté une description des versions les plus récentes des protocoles et standards.
- L'ouvrage se termine par une **bibliographie** qui répertorie les livres disponibles en français consacrés aux réseaux informatiques.

Plusieurs dizaines d'exercices, fortement actualisés, clôturent chacun des chapitres.

Documents et fichiers complémentaires

Le site francophone de Pearson comporte une page dédiée à la sixième édition de ce livre. Vous y trouverez les éléments suivants :

- un fichier PDF contenant une bibliographie de plusieurs dizaines de pages en langue anglaise ;
- un fichier archive contenant le code source des exemples de protocole du chapitre 3 ;
- les réponses aux exercices de fin de chapitres.

Pour obtenir ces éléments, visitez la page dédiée à l'ouvrage :

<https://www.pearson.fr/fr/book/?gcoi=27440100501550>

Vous pouvez également consulter la page suivante qui correspond à la version anglaise du livre :

www.pearsonhighered.com/tanenbaum

Les auteurs ont mis en place un site Web proposant d'autres ressources :

www.computernetworksbook.com

Liste d'acronymes

Un livre consacré à l'informatique est naturellement truffé d'acronymes. Le présent ouvrage ne fait pas exception. Lorsque vous en aurez terminé la lecture, la liste suivante ne devrait plus vous sembler obscure :

AES, AMI, ARP, ARQ, ASK, BGP, BSC, CCK, CDM, CDN, CRL,
DCF, DES, DIS, DMT, DMZ, DNS, EAP, ECN, EDE, EPC, FDD,
FDM, FEC, FSK, GEO, GSM, HFC, HLR, HLS, HSS, IAB, IDS,
IGP, IKE, IPS, ISM, ISO, ISP, ITU, IXC, IXP, KDC, LAN,
LCP, LEC, LEO, LER, LLD, LSR, LTE, MAN, MEO, MFJ, MGW,
MIC, MME, MPD, MSC, MSS, MTU, NAP, NAT, NAV, NCP, NFC,
NIC, NID, NRZ, ONF, OSI, PAR, PCF, PCM, PCS, PGP, PHP,
PIM, PKI, PON, POP, PPP, PSK, RAS, RCP, RED, RIP, RMT,
RNC, RPC, RPR, RTO, RTP, SCO, SDH, SDN, SIP, SLA, SNR,
SPE, SSL, TCG, TCM, TCP, TDM, TLS, TPM, UDP, URL, USB,
UTP, UWB, VLR, VPN, W3C, WAF, WAN, WDM, WEP, WFQ et WPA.

Pas de panique ! Chacun de ces acronymes fait l'objet d'une impression en caractères gras lors de sa première mention dans l'ouvrage. Nous vous suggérons, pour vous amuser, de parcourir cette liste une première fois avant de vous atteler à la lecture de ce livre. Comptez le nombre d'acronymes qui vous sont familiers. Une fois la lecture du livre entièrement terminée, passez à nouveau cette liste en revue et comptez une nouvelle fois le nombre d'acronymes qui n'auront désormais plus de secret pour vous.

Remerciements

Nombreux sont ceux qui nous ont aidés à mener à bien cette sixième édition. Nous remercions en particulier Phyllis Davis (St. Louis Community College), Farah Kandah (University of Tennessee, Chattanooga), Jason Livingood (Comcast), Louise Moser (University of California, Santa Barbara), Jennifer Rexford (Princeton), Paul Schmitt (Princeton), Doug Sicker (CMU), Wenye Wang (North Carolina State University) et Greg White (Cable Labs). Plusieurs étudiants du professeur Tanenbaum ont apporté leur contribution à la réalisation de ce manuscrit, parmi lesquels : Ece Doganer, Yael Goede, Bruno Hoevelaken, Elena Ibi, Oskar Klonowski, Johanna Sängner, Theresa Schantz, Karlis Svilans, Mascha van der Marel, Anthony Wilkes. Un grand nombre d'exercices de fin de chapitres ont été conçus par Jesse Donkervliet (Vrije Universiteit).

Chez Pearson, Tracy Johnson, notre éditrice, nous a comme toujours apporté une aide précieuse. Sans ses conseils, sa motivation et sa résolution, cette édition ne serait peut-être pas. Merci à toi, Tracy. Nous apprécions vraiment ton aide.

Je tiens à remercier plus particulièrement quelques personnes. Suzanne a vécu cette aventure pour la 23^e fois et continue à faire montre de patience et d'amour. Barbara et Marvin savent maintenant distinguer un bon livre technique d'un moins bon et ne cessent de représenter une source d'inspiration pour en créer de meilleurs. Daniel et Matilde sont de merveilleux nouveaux membres de notre famille. Aron, Nathan, Olivia et Mirte ne vont sans doute pas lire la présente édition, mais ils m'inspirent et me donnent confiance dans l'avenir.

Andrew S. Tanenbaum

Marshini, Mila et Kira : mon réseau favori est celui que nous avons construit ensemble. Merci pour votre soutien et votre amour.

Nick Feamster

Katrin et Lucy m'ont soutenu sans relâche et ont veillé à ce que je garde toujours le sourire. Merci.

David J. Wetherall

Remerciements pour la version française

Je tiens d'abord à remercier Caroline pour la confiance qu'elle a placée en moi dans ce vaste chantier de mise à jour de presque un millier de pages.

Un grand merci à la gracieuse équipe d'édition, Laurianne et Fabienne, et aux relectrices, Mireille et Valérie. Rien ne me motive plus que de partager l'enthousiasme de faire et de bien faire.

Olivier Engler