

# BitTorrent (protocole)

**BitTorrent** est un protocole de transfert de données poste à poste (P2P) à travers un réseau informatique. Le protocole a été conçu en avril 2001 et mis en place à l'été 2002 par le programmeur Bram Cohen, et est dorénavant maintenu par la société BitTorrent, Inc..

Le protocole BitTorrent part du constat suivant :

- Quand une information se trouve sur un serveur informatique unique, *plus* elle est demandée, *moins* elle est accessible (par saturation du serveur).
- Cette tendance est renversée si chaque client informatique ayant téléchargé l'information devient aussitôt *serveur* à son tour.
- Une façon de procéder est de découper l'information à partager en segments, et de distribuer des segments différents à des interlocuteurs différents afin qu'ils aient eux-mêmes quelque chose à échanger.

## Avantages

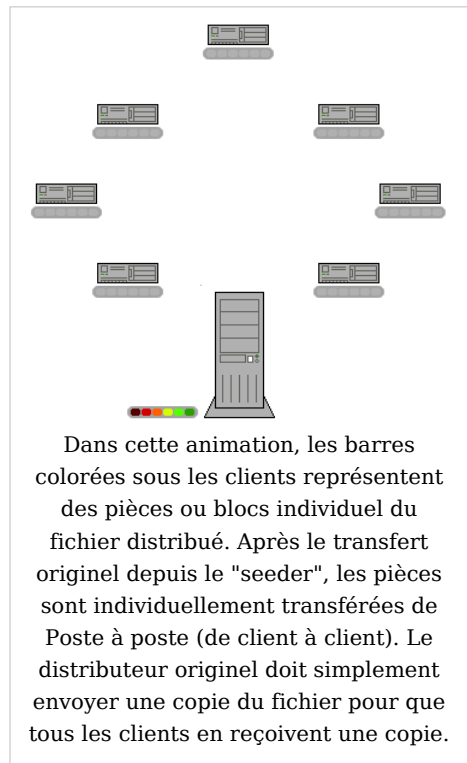
BitTorrent est une méthode pour distribuer largement de grandes quantités de données en répartissant la charge inhérente en matière de matériel, hébergement Internet et bande passante quand, dans le modèle classique, elle incombe au seul distributeur originel. Ce dernier n'a plus à servir chaque destinataire : les clients eux-mêmes servent les données déjà reçues aux nouveaux destinataires. Le coût et la charge de la distribution des données sont donc considérablement réduits ; le protocole procure en même temps une redondance contre les problèmes matériels et réduit la dépendance à l'égard du distributeur originel.

L'apparition de BitTorrent a par exemple permis la mise à disposition de distributions Linux complètes sur DVD, *y compris pour des versions alpha et bêta* en lieu et place des téléchargements de simples CDs.

Les techniques utilisées sont : le téléchargement poste à poste depuis différents « pairs » (*peer*) pour un même fichier (technique dite *multisourcing*) et le morcellement du fichier en blocs qui le permet. Les blocs peuvent arriver dans un ordre quelconque depuis des sources multiples, le fichier étant réputé téléchargé lorsque la totalité des blocs sera parvenue, quel que soit l'ordre d'arrivée de ceux-ci ou leurs provenances - qui n'ont de fait aucune importance<sup>[1]</sup>.

La validité des données est implicitement garantie : si le fichier est corrompu, c'est qu'il l'était à l'origine, ou qu'il l'a été sur l'ordinateur le téléchargeant (mémoire vive défectueuse, par exemple, mais en aucun cas durant le transfert de données). Les blocs corrompus sont invariablement rejetés.

L'efficacité du réseau est maximale lorsqu'il y a beaucoup d'utilisateurs, car tous ceux qui téléchargent partagent par construction ce qu'ils téléchargent. Il n'y a pas à attendre dans



une file virtuelle pour commencer : tout est immédiat dès lors, cela va de soi, qu'au moins une personne partage le fichier désiré.

Par rapport à d'autres systèmes P2P, ce système a l'avantage de créer une sorte de cercle vertueux lors du partage des fichiers. En effet, dès que des parties du fichier souhaité sont téléchargées, elles sont disponibles pour les autres utilisateurs. De plus un système de « récompense » permet de recevoir plus si l'on donne plus. Celui qui donne peu ou pas du tout recevra beaucoup moins d'autrui.

Il tire fortement parti de l'accroissement de la bande passante disponible en *upload*, c'est-à-dire en envoi de données, des connexions réseau.

## Inconvénients

Pour ceux dont la connexion au Web est calculée et facturée au volume de données, la consommation (*upload* et *download*) peut dans certains cas doubler ou tripler.

La bande passante en *upload* peut être saturée si le logiciel utilisé pour télécharger sur le réseau BitTorrent n'est pas configuré correctement (en fonction des capacités de la connexion à Internet de l'utilisateur) et qu'aucune qualité de service appropriée n'est appliquée à la connexion : cela entraîne un ralentissement important de toutes les connexions à Internet en cours. Les téléchargements HTTP et FTP peuvent quasiment s'arrêter et la lecture de radios/tv Internet peut être saccadée voire impossible. Les logiciels de messagerie instantanée (live messenger, pidgin, irc...) ne sont pas affectés en raison du faible volume de données qu'ils ont besoin de transmettre vers et depuis Internet.

Pour éviter la saturation de la bande passante ascendante, il est recommandé de configurer le client de façon à ce qu'il n'utilise que 80 % de celle-ci. Exemples :

- 6 Ko/s maximum pour une connexion 56 K (bande passante en upload : 8 Ko/s) ;
- 12 Ko/s maximum pour une connexion RNIS 128 kb/s symétrique ou ADSL xxx/128 (bande passante 16 Ko/s) ;
- 51 Ko/s maximum pour une connexion ADSL xxxx/512 (bande passante 64 Ko/s) ;
- 102 Ko/s maximum pour une connexion ADSL xxxxx/1024 (bande passante 128 Ko/s).

Une personne qui partage peu recevra aussi beaucoup moins des autres utilisateurs. Il existe cependant des clients basés sur le moteur BitComet ne respectant pas totalement le protocole BitTorrent ; ces clients permettent de recevoir beaucoup de données tout en partageant peu (en faisant croire aux autres peers qu'ils ont déjà envoyé des données). Du fait de leur non-respect du protocole, ces clients ralentissent potentiellement le réseau BitTorrent.

## Nouveaux venus

Le protocole BitTorrent exploite le principe "un prêté pour un rendu", favorisant l'échange de données entre des machines qui ont déjà coopéré dans le passé. Ceci peut entraîner un démarrage difficile d'un nouveau venu lorsque toutes les autres machines ont déjà presque la totalité du fichier.

## Disponibilité

Le mode de fonctionnement observé de BitTorrent souffre d'un handicap majeur : au début de la mise en disponibilité d'un fichier, beaucoup de sources sont disponibles pour le télécharger, surtout s'il est populaire ou attendu depuis longtemps ; mais avec le temps, il devient de moins en moins partagé, et donc de moins en moins disponible au téléchargement, ce qui aboutit à la « mort » du torrent. Ainsi, il est rare qu'un torrent soit actif pendant plus de quelques mois, voire quelques semaines ou même quelques jours.

Pour remédier à cela, les clients proposent maintenant de laisser le torrent « ouvert », une fois téléchargé. Cela devient alors une source pure et remédie à cet inconvénient.

Une limite à ce raisonnement est la place disponible sur les disques durs et autres systèmes de stockage en ligne. En règle générale, on est « bon citoyen »<sup>[réf. nécessaire]</sup> quand on laisse le fichier en partage assez longtemps pour qu'il soit lui-même au moins autant téléchargé (taux de partage de 1 ou plus) ; dans le cas contraire, on est considéré comme une sangsue (*leech*).

## Utilisation

Il faut souvent utiliser un logiciel dédié pour télécharger les fichiers alors qu'un fichier accessible sur un site web ne nécessite rien de plus que le navigateur pour le rapatrier.

*Note : Le navigateur web Opera 9 inclut un client BitTorrent, les fichiers torrent étant traités de façon transparente. Certains plugins du navigateur Mozilla Firefox permettent également d'ajouter cette fonctionnalité au navigateur. Tout comme la version 1.80 du téléchargeur Flashget <sup>[2]</sup> qui prend aussi en charge ce type de fichier. Aussi, de nombreux logiciels p2p (Shareaza, LimeWire...) contiennent cette fonction.*

La première configuration peut être fastidieuse, si l'on ne possède pas quelques notions minimales de réseau informatique, adresse IP, pare-feu (firewall) et notion de port logiciel, par exemple. La plupart des logiciels clients récents permettent une configuration automatique en fonction des caractéristiques du réseau environnant, mais certains clients/modems requièrent une configuration spécifique. Par exemple, pour télécharger à une vitesse optimale en utilisant une Box, il faut en général rediriger manuellement (dans la configuration du mode routeur de la "Box") le port utilisé par le client BitTorrent vers l'IP (sur le réseau local) de l'ordinateur sur lequel tourne le client. Dans le cas d'un client utilisant un port au hasard dans une plage prédéfinie (comme BitTornado qui utilise par défaut un port au hasard parmi les ports 10000 à 60000), il faut rediriger la plage entière vers l'ordinateur faisant tourner le client. Cela peut poser problème lorsqu'un autre ordinateur sur le même réseau local utilise un port compris dans cette plage.

Le protocole marque aussi récemment sa flexibilité et son potentiel en se développant sur des supports inattendus tel que la PSP ou encore en améliorant ses performances avec des plugin tel que Ono.

## Vocabulaire

**Availability / disponibilité** : (aussi appelé « distributed copies ») La quantité de copies complètes du fichier disponibles. Un *peer* qui se connecte avec une fraction de fichier ajoute cette fraction à la disponibilité (si aucun autre ne possède déjà cette partie du fichier). Chaque *seed* ajoute 1,0 à ce nombre, étant donné qu'il possède la totalité du fichier. Ainsi, un *peer* avec 65,3 % d'un fichier téléchargé augmente la disponibilité de 0,653. Si deux *peers* ont téléchargé chacun la même moitié d'un fichier et qu'ils sont rejoints par un *seeder* (sемеur), la disponibilité s'élève à 1,5.

**Leecher** : Une « sangsue » (*leech* en anglais) est un client souhaitant télécharger le fichier, mais ne le possédant pas en totalité. Ce terme a également un sens péjoratif pour qualifier ceux qui téléchargent sans envoyer en contrepartie de fichier sur le réseau. Lors de la première apparition d'un torrent, il n'y a que peu de sources (*seeds*) et beaucoup de sangsues (*leech*).

**Peers** : Clients pouvant transmettre une partie de l'archive. (Il ne possède pas l'entièreté de celle-ci).

**Scrape** : Le client Bittorrent (voir clients utilisant le réseau BitTorrent) débute par un *scrape*, ce qui consiste à demander au tracker des informations sur le nombre total de sources (*seeds*) et de sangsues (*leech*). Ce nombre sera généralement affiché entre parenthèses.

**Seed** : Une *semence* (*seed* en anglais) est un client partageant un fichier complet.

**Share Ratio** : Proportion entre le nombre de données envoyées, partagées (*upload*) et le nombre de données reçues (*download*). Dans un monde utopique, tout un chacun utilisant ce service devrait avoir un ratio de 1:1, ce qui indique qu'il y a eu autant de données envoyées que reçues. De cette façon les téléchargements sont rapides et efficaces pour tous.

**Superseed** : *Seed* qui tente de minimiser la quantité de données qu'il envoie jusqu'à ce qu'un leecher obtienne la totalité des fichiers du torrent et devienne ainsi un seeder supplémentaire. Cette fonction ne devrait être utilisée que lorsque qu'il n'y a qu'un seul seeder, ou très peu d'entre eux, disponibles pour un torrent, et que ces seeders disposent de capacités d'*upload* relativement limitées. L'opération consiste à ne déclarer posséder aucune partie de l'archive. Lorsque les clients se connectent, le super-seeder les informe qu'il dispose d'une nouvelle partie que personne ne possède. Il transmet la partie en question et ne transmettra aucune nouvelle partie de l'archive tant qu'il n'aura pas reçu confirmation que la pièce a été transmise à nouveau. De cette manière, les clients en mode *superseed* n'envoient que les morceaux qui n'ont encore jamais été envoyés, et s'assurent de leur bonne diffusion par, et parmi, les leechers.

**Swarm** : Tous les *peers* (y compris les *seeds*) qui partagent un même torrent sont appelés un *essaim*. Par exemple, six *peers* et deux *seeds* forment un essaim de huit unités.

**Torrent** : Selon le contexte, un *torrent* peut signifier soit un fichier de métadonnées .torrent, soit tout fichier décrit par lui. Le fichier torrent contient des métadonnées relatives aux fichiers qu'il rend téléchargeables, y compris leurs noms, tailles et sommes de contrôle de toutes pièces du torrent. Il contient également l'adresse IP d'un *tracker* qui coordonne la communication entre les *peers* du *swarm* (essaim).

**Tracker** : Un traqueur est un serveur qui sait en permanence quels *seeds* et quels *peers* se trouvent dans le *swarm* (l'essaim). Les clients lui envoient régulièrement des informations.

En échange, ils reçoivent des informations sur d'autres clients auxquels ils peuvent se connecter. Le traqueur n'est pas directement impliqué dans le transfert de données et ne possède pas de copie du fichier. Les quelques secondes par heure où un client se connecte au traqueur sont en principe les seules où il puisse se faire identifier (mais par quelques dizaines d'autres clients seulement).

**Web Seeding** : Utiliser un serveur web comme *seed*. À l'aide de scripts php, d'une modification du torrent on peut permettre à un serveur web de seeder un torrent. Cette fonctionnalité a été intégrée dans les clients Mainline, Azureus, et Bit-tornado.

## Copyright

Bien que le protocole BitTorrent ait été open source jusqu'à la sortie de la version 6 du client officiel, il subsiste des problèmes liés au copyright. Certains organismes de surveillance des droits d'auteur s'intéressent de près aux sites fournissant les trackers car ceux-ci sont souvent des moyens de distribution de fichiers sous copyright (musiques, films, etc).

La Motion Pictures Agency of America (MPAA) en particulier, a intenté de multiples procès envers divers sites référençant des fichiers .torrent en raison du grand nombre de fichiers illégalement distribués ainsi. Une des plus récentes affaires concerne le site ThePirateBay.org, poursuivi par la police suédoise et le MPAA (début de l'affaire 31 mai 2006 ; verdict de première instance au 17 avril 2009: administrateurs et financier du site coupables, 1 an de prison ferme et 30 millions de couronnes suédoises, soit 2,7 millions d'euros de dommages et intérêt -- les condamnés font appel).

Télécharger un fichier vidéo, image ou audio sous une licence propriétaire est un délit et plus encore, le distribuer à grande échelle pourrait être passible d'amendes (voir DADVSI). Mais les fichiers .torrent ne sont pas à proprement parler ces fichiers sous copyright, ils ne sont qu'un moyen de les télécharger. Ainsi, en principe, les sites rassemblant des trackers ne sont pas "hors-la-loi".

La légalité de la détention de fichiers .torrent permettant le téléchargement de fichiers sous copyright reste encore assez floue, le MPAA et les autres organismes de protection de droits d'auteur ayant attaqué en justice des sites aussi divers que des hébergeurs de fichiers ou des moteurs de recherches pour torrents n'en hébergeant pas (TorrentSpy 27 février 2006).

La législation dépend du pays où l'on se trouve, par exemple :

- en Suisse, il est illégal de mettre à disposition un contenu sans l'accord de l'ayant droit, mais pas de le télécharger (un usager ne peut en effet pas savoir si un contenu est licite avant de le connaître).
- en France, mise à disposition et téléchargement sont illégaux sauf accord de l'ayant droit, mais la charge de la preuve est tout sauf évidente : le nom d'un fichier et sa taille ne prouvent juridiquement rien sur le contenu de celui-ci.

BitTorrent 6 est associé à un changement majeur de licence : jusque là, le programme et le protocole associés étaient open source. La licence d'utilisation a été modifiée, et le protocole ne verra plus son code publié, bien qu'il soit possible d'obtenir un SDK afin de continuer le développement de logiciels tiers.

## Liste des clients les plus populaires

BitTorrent étant un protocole libre, de nombreux programmes alternatifs ont pu être développés. Parmi les plus populaires, on peut citer :

- ABC, sous Linux et Windows
- Azureus développé en Java (Vuze), sous Linux, Mac OS X et Windows
- BitComet, Windows
- BitSpirit, client pour Windows
- BitTornado, sous Linux et Windows
- Bits on Wheel pour Mac OS X.
- BitTorrent : client minimal, pour les environnements GNU/Linux, Mac OS X ou Windows
- Creatorrent client ultraléger pour créer un torrent en mode console, Linux
- Deluge, client BitTorrent crypté sous GNU/Linux, Mac OS X et Windows
- FlashGet, Gestionnaire de téléchargement gérant aussi les Torrents Windows
- FrostWire, Windows, Linux, Mac OS X
- KTorrent, client pour l'environnement KDE, GNU/Linux
- LimeWire, Windows, Linux, Mac OS X
- MLDonkey, client multi-protocole, sous Linux, Mac OS X et Windows
- MonoTorrent, client ultraléger et multiplate-forme (mono)
- µTorrent (microtorrent), client ultraléger, mais qui n'est plus open-source Mac OS X et Windows
- Opera (suite internet) depuis sa version 9 pour Mac OS X, GNU/Linux et Windows
- rtorrent, client ultraléger mais tout à fait complet, en mode console sous Unix
- Shareaza, sous Windows
- Transmission pour GNU/Linux, Mac OS X et BeOS
- Xtorrent pour Mac OS X.

Le client officiel, rapidement concurrencé par les logiciels ci-dessus, porte le même nom que le protocole lui-même, BitTorrent.

Début décembre 2006, BitTorrent, Inc., la société créée par Bram Cohen, l'inventeur du BitTorrent, et Ashwin Navin, ancien de Yahoo!, annonce l'acquisition du logiciel propriétaire µTorrent. Ce logiciel remplace alors l'ancien client libre BitTorrent en tant que « *client officiel* ».

## BitTorrent Entertainment Network

BitTorrent ouvre le 26 février 2007 une plate-forme de téléchargement payante : BitTorrent Entertainment Network<sup>[3]</sup>. Si les prix pratiqués sont relativement peu élevés (3,99 \$ pour un film récent) par rapport à d'autres plate-formes de ce type, BitTorrent Entertainment Network souffre en revanche du fait de proposer ses films uniquement pour la location, et protégés par des DRM<sup>[4]</sup>. Les studios ayant signé un accord de diffusion sont pour l'instant :

- 20th Century Fox
  - Comedy Central
  - Lions Gate Film
  - MTV
  - Paramount
  - Spike
-

- Warner Bros

## Sources

- [1] On reconnaît au passage une similitude de philosophie avec TCP/IP
- [2] <http://www.pc-infopratique.com/telecharger-276-flashget.html>
- [3] *BitTorrent marchand : nos premières impressions* ([http://www.ratiatum.com/news4463\\_BitTorrent\\_marchand\\_nos\\_premieres\\_impressions.html](http://www.ratiatum.com/news4463_BitTorrent_marchand_nos_premieres_impressions.html)) Ratiatum, 26 février 2007
- [4] *BitTorrent ouvre sa plate-forme payante lundi* ([http://www.ratiatum.com/breve4446\\_BitTorrent\\_ouvre\\_sa\\_plate-forme\\_payante\\_lundi.html](http://www.ratiatum.com/breve4446_BitTorrent_ouvre_sa_plate-forme_payante_lundi.html)) Ratiatum, 24 février 2007

## Voir aussi

### Articles connexes

- P2P
- eXeem, autre logiciel utilisant les fichiers Torrent
- metalink, standard convenant aussi à BitTorrent
- Mininova, site permettant l'échange de fichiers torrents.
- The Pirate Bay, site permettant l'échange de fichiers torrents.
- Torrent 411, site permettant l'échange de fichier torrents, mais sur un principe de partage et de ratio.

### Liens externes

- (en) Site officiel (<http://www.bittorrent.com/>)
- (en) Catégorie BitTorrent ([http://www.dmoz.org/Computers/Software/Internet/Clients/File\\_Sharing/BitTorrent/](http://www.dmoz.org/Computers/Software/Internet/Clients/File_Sharing/BitTorrent/)) de l'annuaire dmoz
- (en) Comparaison des logiciels BitTorrent
- (en) Spécification officielle du protocole ([http://www.bittorrent.org/beps/bep\\_0003.html](http://www.bittorrent.org/beps/bep_0003.html))

# Source des articles et contributeurs

**BitTorrent (protocole)** *Source:* <http://fr.wikipedia.org/w/index.php?oldid=41490206> *Contributeurs:* 16@r, Abrahami, Aiolizator, Archibald, Arm@nd, Arno., Ayadho, AzertyFab, Barthelemy, Bashr, Benoît Fabre, Carbone14, Celeri, Cestlogique, Chaps the idol, Chealer, Chico75, Christian Lasure, Coyau, Céréales Killer, Cœur, Darkoneko, David Berardan, David Latapie, Diligent, Dirac, DocteurCosmos, Domsau2, Duloup, Enolynn, Epicourien, Euterpia, Fafnir, Fluti, FoeNyx, Foux, Francois Trazzi, François-Dominique, FvdP, Gadjou, Gedzo, Ggogeta, Goa103, Greudin, Grimlock, Hashar, Herve s, HybridTheory2, Il Palazzo-sama, Inisheer, JB, Jcabillot, JeanJaybee, Jeangagnon, Jef-Infojef, Jeffdelonge, Jepel, Jikoo, Kai Fr, Kiemax, Koko90, Korg, Koyuki, Kozaki, Kto, Laurent Nguyen, Lavabo bidet, Liquid 2003, Litlok, Loveless, Luchduck, Mamelouk, Man-x69, Manu1400, Manu1960, Marc Mongenet, Mardi soir, Mathchoustone, Maximini1010, Medium69, Melkor73, Michaël George, Mig, Mirgolth, Mro, Naddy, NeMeSiS, NeqO, Neustradamus, NoX33, Nodulation, Nokami, Nyco, Nykozofit, Okki, Olrick, Ooya, Orthogaffe, Oz, Padawane, Parcemihi, Phe, PieRRoMaN, Piglop, Pippobuono, Piston, Ptaff, Raizin, Rems4, Reuillois, Sbrunner, Sebjarod, Shawn, Sheeplata, Sherbrooke, Solensean, Spone, Spooky, Strangeways, Strutty, Stéphane33, Sub, Sébastien, Tintamarre, Tornad, Torrentler, Treanna, Vacnor, Vinz1789, Vspaceg, W'rkncacnter, W7a, Witoki, Xfigpower, Yggdras, Z653z, Zetud, 268 modifications anonymes

# Source des images, licences et contributeurs

**Image:Torrentcomp small.gif** *Source:* [http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:Torrentcomp\\_small.gif](http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:Torrentcomp_small.gif) *Licence:* GNU Free Documentation License *Contributeurs:* Holek, Joolz, Mdd, Wikiadd, Ypacarai, 1 modifications anonymes

---

---

## Licence

---

Version 1.2, November 2002

Copyright (C) 2000,2001,2002 Free Software Foundation, Inc.  
51 Franklin St, Fifth Floor, Boston, MA 02110-1301 USA  
Everyone is permitted to copy and distribute verbatim copies  
of this license document, but changing it is not allowed.

### 0. PREAMBLE

The purpose of this License is to make a manual, textbook, or other functional and useful document "free" in the sense of freedom: to assure everyone the effective freedom to copy and redistribute it, with or without modifying it, either commercially or noncommercially. Secondly, this License preserves for the author and publisher a way to get credit for their work, while not being considered responsible for modifications made by others. This License is a kind of "copyleft", which means that derivative works of the document must themselves be free in the same sense. It complements the GNU General Public License, which is a copyleft license designed for free software. We have designed this License in order to use it for manuals for free software, because free software needs free documentation: a free program should come with manuals providing the same freedoms that the software does. But this License is not limited to software manuals; it can be used for any textual work, regardless of subject matter or whether it is published as a printed book. We recommend this License principally for works whose purpose is instruction or reference.

### 1. APPLICABILITY AND DEFINITIONS

This License applies to any manual or other work, in any medium, that contains a notice placed by the copyright holder saying it can be distributed under the terms of this License. Such a notice grants a world-wide, royalty-free license, unlimited in duration, to use that work under the conditions stated herein. The "Document", below, refers to any such manual or work. Any member of the public is a licensee, and is addressed as "you". You accept the license if you copy, modify or distribute the work in a way requiring permission under copyright law.

A "Modified Version" of the Document means any work containing the Document or a portion of it, either copied verbatim, or with modifications and/or translated into another language.

A "Secondary Section" is a named appendix or a front-matter section of the Document that deals exclusively with the relationship of the publishers or authors of the Document to the Document's overall subject (or to related matters) and contains nothing that could fall directly within that overall subject. (Thus, if the Document is in part a textbook of mathematics, a Secondary Section may not explain any mathematics.) The relationship could be a matter of historical connection with the subject or with related matters, or of legal, commercial, philosophical, ethical or political position regarding them.

The "Invariant Sections" are certain Secondary Sections whose titles are designated, as being those of Invariant Sections, in the notice that says that the Document is released under this License. If a section does not fit the above definition of Secondary then it is not allowed to be designated as Invariant. The Document may contain zero Invariant Sections. If the Document does not identify any Invariant Sections then there are none.

The "Cover Texts" are certain short passages of text that are listed, as Front-Cover Texts or Back-Cover Texts, in the notice that says that the Document is released under this License. A Front-Cover Text may be at most 5 words, and a Back-Cover Text may be at most 25 words.

A "Transparent" copy of the Document means a machine-readable copy, represented in a format whose specification is available to the general public, that is suitable for revising the document straightforwardly with generic text editors or (for images composed of pixels) generic paint programs or (for drawings) some widely available drawing editor, and that is suitable for input to text formatters or for automatic translation to a variety of formats suitable for input to text formatters. A copy made in an otherwise Transparent file format whose markup, or absence of markup, has been arranged to thwart or discourage subsequent modification by readers is not Transparent. An image format is not Transparent if used for any substantial amount of text. A copy that is not "Transparent" is called "Opaque".

Examples of suitable formats for Transparent copies include plain ASCII without markup, Texinfo input format, LaTeX input format, SGML or XML using a publicly available DTD, and standard-conforming simple HTML, PostScript or PDF designed for human modification. Examples of transparent image formats include PNG, XCF and JPG. Opaque formats include proprietary formats that can be read and edited only by proprietary word processors, SGML or XML for which the DTD and/or processing tools are not generally available, and the machine-generated HTML, PostScript or PDF produced by some word processors for output purposes only.

The "Title Page" means, for a printed book, the title page itself, plus such following pages as are needed to hold, legibly, the material this License requires to appear in the title page. For works in formats which do not have any title page as such, "Title Page" means the text near the most prominent appearance of the work's title, preceding the beginning of the body of the text.

A section "Entitled XYZ" means a named subunit of the Document whose title either is precisely XYZ or contains XYZ in parentheses following text that translates XYZ in another language. (Here XYZ stands for a specific section name mentioned below, such as "Acknowledgements", "Dedications", "Endorsements", or "History".) To "Preserve the Title" of such a section when you modify the Document means that it remains a section "Entitled XYZ" according to this definition.

The Document may include Warranty Disclaimers next to the notice which states that this License applies to the Document. These Warranty Disclaimers are considered to be included by reference in this License, but only as regards disclaiming warranties: any other implication that these Warranty Disclaimers may have is void and has no effect on the meaning of this License.

### 2. VERBATIM COPYING

You may copy and distribute the Document in any medium, either commercially or noncommercially, provided that this License, the copyright notices, and the license notice saying this License applies to the Document are reproduced in all copies, and that you add no other conditions whatsoever to those of this License. You may not use technical measures to obstruct or control the reading or further copying of the copies you make or distribute. However, you may accept compensation in exchange for copies. If you distribute a large enough number of copies you must also follow the conditions in section 3.

You may also lend copies, under the same conditions stated above, and you may publicly display copies.

### 3. COPYING IN QUANTITY

If you publish printed copies (or copies in media that commonly have printed covers) of the Document, numbering more than 100, and the Document's license notice requires Cover Texts, you must enclose the copies in covers that carry, clearly and legibly, all these Cover Texts: Front-Cover Texts on the front cover, and Back-Cover Texts on the back cover. Both covers must also clearly and legibly identify you as the publisher of these copies. The front cover must present the full title with all words of the title equally prominent and visible. You may add other material on the covers in addition. Copying with changes limited to the covers, as long as they preserve the title of the Document and satisfy these conditions, can be treated as verbatim copying in other respects.

If the required texts for either cover are too voluminous to fit legibly, you should put the first ones listed (as many as fit reasonably) on the actual cover, and continue the rest onto adjacent pages.

If you publish or distribute Opaque copies of the Document numbering more than 100, you must either include a machine-readable Transparent copy along with each Opaque copy, or state in or with each Opaque copy a computer-network location from which the general network-using public has access to download using public-standard network protocols a complete Transparent copy of the Document, free of added material. If you use the latter option, you must take reasonably prudent steps, when you begin distribution of Opaque copies in quantity, to ensure that this Transparent copy will remain thus accessible at the stated location until at least one year after the last time you distribute an Opaque copy (directly or through your agents or retailers) of that edition to the public.

It is requested, but not required, that you contact the authors of the Document well before redistributing any large number of copies, to give them a chance to provide you with an updated version of the Document.

### 4. MODIFICATIONS

You may copy and distribute a Modified Version of the Document under the conditions of sections 2 and 3 above, provided that you release the Modified Version under precisely this License, with the Modified Version filling the role of the Document, thus licensing distribution and modification of the Modified Version to whoever possesses a copy of it. In addition, you must do these things in the Modified Version:

1. Use in the Title Page (and on the covers, if any) a title distinct from that of the Document, and from those of previous versions (which should, if there were any, be listed in the History section of the Document). You may use the same title as a previous version if the original publisher of that version gives permission.
  2. List on the Title Page, as authors, one or more persons or entities responsible for authorship of the modifications in the Modified Version, together with at least five of the principal authors of the Document (all of its principal authors, if it has fewer than five), unless they release you from this requirement.
  3. State on the Title page the name of the publisher of the Modified Version, as the publisher.
  4. Preserve all the copyright notices of the Document.
  5. Add an appropriate copyright notice for your modifications adjacent to the other copyright notices.
-

6. Include, immediately after the copyright notices, a license notice giving the public permission to use the Modified Version under the terms of this License, in the form shown in the Addendum below.
7. Preserve in that license notice the full lists of Invariant Sections and required Cover Texts given in the Document's license notice.
8. Include an unaltered copy of this License.
9. Preserve the section Entitled "History", Preserve its Title, and add to it an item stating at least the title, year, new authors, and publisher of the Modified Version as given on the Title Page. If there is no section Entitled "History" in the Document, create one stating the title, year, authors, and publisher of the Document as given on its Title Page, then add an item describing the Modified Version as stated in the previous sentence.
10. Preserve the network location, if any, given in the Document for public access to a Transparent copy of the Document, and likewise the network locations given in the Document for previous versions it was based on. These may be placed in the "History" section. You may omit a network location for a work that was published at least four years before the Document itself, or if the original publisher of the version it refers to gives permission.
11. For any section Entitled "Acknowledgements" or "Dedications", Preserve the Title of the section, and preserve in the section all the substance and tone of each of the contributor acknowledgements and/or dedications given therein.
12. Preserve all the Invariant Sections of the Document, unaltered in their text and in their titles. Section numbers or the equivalent are not considered part of the section titles.
13. Delete any section Entitled "Endorsements". Such a section may not be included in the Modified Version.
14. Do not retitle any existing section to be Entitled "Endorsements" or to conflict in title with any Invariant Section.
15. Preserve any Warranty Disclaimers.

If the Modified Version includes new front-matter sections or appendices that qualify as Secondary Sections and contain no material copied from the Document, you may at your option designate some or all of these sections as invariant. To do this, add their titles to the list of Invariant Sections in the Modified Version's license notice. These titles must be distinct from any other section titles.

You may add a section Entitled "Endorsements", provided it contains nothing but endorsements of your Modified Version by various parties--for example, statements of peer review or that the text has been approved by an organization as the authoritative definition of a standard.

You may add a passage of up to five words as a Front-Cover Text, and a passage of up to 25 words as a Back-Cover Text, to the end of the list of Cover Texts in the Modified Version. Only one passage of Front-Cover Text and one of Back-Cover Text may be added by (or through arrangements made by) any one entity. If the Document already includes a cover text for the same cover, previously added by you or by arrangement made by the same entity you are acting on behalf of, you may not add another; but you may replace the old one, on explicit permission from the previous publisher that added the old one.

The author(s) and publisher(s) of the Document do not by this License give permission to use their names for publicity for or to assert or imply endorsement of any Modified Version.

## 5. COMBINING DOCUMENTS

You may combine the Document with other documents released under this License, under the terms defined in section 4 above for modified versions, provided that you include in the combination all of the Invariant Sections of all of the original documents, unmodified, and list them all as Invariant Sections of your combined work in its license notice, and that you preserve all their Warranty Disclaimers.

The combined work need only contain one copy of this License, and multiple identical Invariant Sections may be replaced with a single copy. If there are multiple Invariant Sections with the same name but different contents, make the title of each section unique by adding at the end of it, in parentheses, the name of the original author or publisher of that section if known, or else a unique number. Make the same adjustment to the section titles in the list of Invariant Sections in the license notice of the combined work.

In the combination, you must combine any sections Entitled "History" in the various original documents, forming one section Entitled "History"; likewise combine any sections Entitled "Acknowledgements", and any sections Entitled "Dedications". You must delete all sections Entitled "Endorsements."

## 6. COLLECTIONS OF DOCUMENTS

You may make a collection consisting of the Document and other documents released under this License, and replace the individual copies of this License in the various documents with a single copy that is included in the collection, provided that you follow the rules of this License for verbatim copying of each of the documents in all other respects.

You may extract a single document from such a collection, and distribute it individually under this License, provided you insert a copy of this License into the extracted document, and follow this License in all other respects regarding verbatim copying of that document.

## 7. AGGREGATION WITH INDEPENDENT WORKS

A compilation of the Document or its derivatives with other separate and independent documents or works, in or on a volume of a storage or distribution medium, is called an "aggregate" if the copyright resulting from the compilation is not used to limit the legal rights of the compilation's users beyond what the individual works permit. When the Document is included in an aggregate, this License does not apply to the other works in the aggregate which are not themselves derivative works of the Document.

If the Cover Text requirement of section 3 is applicable to these copies of the Document, then if the Document is less than one half of the entire aggregate, the Document's Cover Texts may be placed on covers that bracket the Document within the aggregate, or the electronic equivalent of covers if the Document is in electronic form. Otherwise they must appear on printed covers that bracket the whole aggregate.

## 8. TRANSLATION

Translation is considered a kind of modification, so you may distribute translations of the Document under the terms of section 4. Replacing Invariant Sections with translations requires special permission from their copyright holders, but you may include translations of some or all Invariant Sections in addition to the original versions of these Invariant Sections. You may include a translation of this License, and all the license notices in the Document, and any Warranty Disclaimers, provided that you also include the original English version of this License and the original versions of those notices and disclaimers. In case of a disagreement between the translation and the original version of this License or a notice or disclaimer, the original version will prevail.

If a section in the Document is Entitled "Acknowledgements", "Dedications", or "History", the requirement (section 4) to Preserve its Title (section 1) will typically require changing the actual title.

## 9. TERMINATION

You may not copy, modify, sublicense, or distribute the Document except as expressly provided for under this License. Any other attempt to copy, modify, sublicense or distribute the Document is void, and will automatically terminate your rights under this License. However, parties who have received copies, or rights, from you under this License will not have their licenses terminated so long as such parties remain in full compliance.

## 10. FUTURE REVISIONS OF THIS LICENSE

The Free Software Foundation may publish new, revised versions of the GNU Free Documentation License from time to time. Such new versions will be similar in spirit to the present version, but may differ in detail to address new problems or concerns. See <http://www.gnu.org/copyleft/>.

Each version of the License is given a distinguishing version number. If the Document specifies that a particular numbered version of this License "or any later version" applies to it, you have the option of following the terms and conditions either of that specified version or of any later version that has been published (not as a draft) by the Free Software Foundation. If the Document does not specify a version number of this License, you may choose any version ever published (not as a draft) by the Free Software Foundation.

## How to use this License for your documents

To use this License in a document you have written, include a copy of the License in the document and put the following copyright and license notices just after the title page:

Copyright (c) YEAR YOUR NAME.

Permission is granted to copy, distribute and/or modify this document

under the terms of the GNU Free Documentation License, Version 1.2

or any later version published by the Free Software Foundation;

with no Invariant Sections, no Front-Cover Texts, and no Back-Cover Texts.

A copy of the license is included in the section entitled "GNU

Free Documentation License".

If you have Invariant Sections, Front-Cover Texts and Back-Cover Texts, replace the "with...Texts." line with this:

with the Invariant Sections being LIST THEIR TITLES, with the

Front-Cover Texts being LIST, and with the Back-Cover Texts being LIST.

If you have Invariant Sections without Cover Texts, or some other combination of the three, merge those two alternatives to suit the situation.

If your document contains nontrivial examples of program code, we recommend releasing these examples in parallel under your choice of free software license, such as the GNU General Public License, to permit their use in free software.